

*Výsledky v rámci objednávky statutárního města Ostrava  
HS7772413*

## Identifikace sloučenin způsobujících zápach v Hrabové



*Foto: Mgr. Ing. Daniel Novák, Ph.D.*

**Řešitel:**

*prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.*

**Spolupracovali:**

*Ing. Jana Růžičková, Ph.D.; Dr. Ing. Dalibor Matýsek; prof. Ing. Konstantin Raclavský, CSc.;  
Ing. Marek Kucbel, Ph.D.; Ing. Barbora Švédová, Ph.D.; Ing. Michal Šafář, Ph.D.; Mgr. Hana Brťková;  
Ing. Pavel Kantor Ph.D.; Ing. Silvia Bieleuszová*

**Ostrava**

**Únor 2025**

## OBSAH

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Průmyslová zóna Ostrava-Hrabová: přehled firem, výrobní činnost a environmentální dopady.....</b>	<b>2</b>
2.1 Přehled hlavních podniků v průmyslové zóně .....	3
<b>3 Plnění smlouvy .....</b>	<b>5</b>
<b>4 Metody analýzy .....</b>	<b>10</b>
4.1 Odběr vzorků – pasivní vzorkování .....	10
4.2 Analýzy plynné fáze VOC/SVOC .....	10
4.3 Mobilní technika fotoionizační detektor IGER XT a olfaktometer .....	10
4.4 Data o povětrnostních podmínkách .....	11
4.5 Vytvoření mapových podkladů .....	11
4.6 Informace občanů - Hlášení zápachových epizod .....	11
4.7 Zápachové epizody v oblasti průmyslové zóny Hrabová .....	12
4.8 Meteorologické podmínky během pasivního vzorkování .....	13
<b>5 Měření těkavých organických látek pomocí senzorové techniky .....</b>	<b>14</b>
5.1 Těkavé organické látky (VOC) .....	15
5.2 Výsledky měření .....	15
5.3 Přijatelné úrovně VOC v ovzduší pro lidské zdraví .....	18
<b>6 Změny koncentrace voc v souvislosti s výškou nad povrchem .....</b>	<b>19</b>
6.1 Vliv proudění na koncentraci VOC ve výškovém profilu .....	22
6.2 Distribuce VOC v uličních kaňonech .....	22
6.3 Měření koncentrace VOC ve výškovém profilu – Ostrava Hrabová .....	23
6.4 Koncentrace VOC pro měření v období bez zápachu .....	26
6.5 Příčiny zápachu – identifikace výskytu sloučenin v bez zápachové epizodě .....	32
6.5.1 Možné zdroje zápachu z termického zpracování brzdových destiček .....	34
6.5.2 Sloučeniny na bázi thiofenu a benzothiasolu .....	34
6.6 Zhodnocení výsledků .....	40
<b>7 Aktivní odběry VOC .....</b>	<b>41</b>
7.1 Unikátní sloučeniny pro polyuretane .....	41
7.2 Fenol-formaldehydové a expoxidové pryskyřice .....	46
7.3 Epoxy-barvy .....	47
7.4 Chlorované sloučeniny .....	48
7.5 Akryláty .....	49
7.6 Polyestery .....	49
7.7 Polypropylen .....	50

7.8	Polyethylen .....	52
7.9	Sloučeniny indikující nylonová vlákna.....	53
<b>8</b>	<b>Aktivní odběry VOC – neselektivní sloučeniny.....</b>	<b>54</b>
8.1	Aditiva .....	54
8.2	Neselektivní sloučeniny s původem ve více zdrojích .....	59
8.3	Zhodnocení .....	61
<b>9</b>	<b>Zhodnocení výskytu polymerů a aditiv v roce 2022 a 2024.....</b>	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>Identifikace VOC s využitím pasivních vzorkovačů .....</b>	<b>67</b>
10.1	Sloučeniny způsobující zápach – pasivní vzorkování .....	70
10.2	Identifikace původu organických sloučenin z výsledků získaných z pasivních vzorkovačů .....	74
10.3	Zhodnocení.....	83
<b>11</b>	<b>Využití termovizní kamery ke sledování úniků VOC .....</b>	<b>84</b>
11.1	Termovize pro detekci plynů .....	84
11.2	Záznam z použití termokamery Testo 868s v průmyslové zóně Ostrava Hrabová .....	85
<b>12</b>	<b>Olfaktometrické měření.....</b>	<b>94</b>
12.1.1	Metody měření a legislativa .....	95
12.2	Metody .....	96
12.3	Definice pachové jednotky .....	96
12.4	Legislativa .....	97
12.5	Výsledky.....	98
12.6	Možné zdroje zápachu.....	100
12.6.1	Možné zdroje zápachu při pálení brzdového obložení.....	100
12.6.2	Možné zdroje zápachu při pálení laku brzdového obložení .....	101
12.6.3	Možné zdroje zápachu při pálení kokosových vláken .....	102
<b>13</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>103</b>
<b>14</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>105</b>
	<b>Příloha 1 Brzdová destička BREMBO – otěr .....</b>	<b>115</b>
	<b>Příloha 2 Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu .....</b>	<b>117</b>
	<b>Příloha 3 Skupina sloučenin identifikované v rámci analýz z pasivních vzorkovačů .....</b>	<b>122</b>

## 1 Úvod

Tato zpráva vznikla na základě rostoucího počtu stížností obyvatel městských částí Ostrava-Hrabová, Hrabůvka, Dubina a dalších přilehlých oblastí na nepříjemný zápach pocházející z průmyslové zóny Ostrava-Hrabová. Obyvatelé si dlouhodobě stěžují na chemický, spálený nebo kovový zápach, který má negativní dopad na kvalitu života a může představovat zdravotní riziko, zejména pro citlivé skupiny obyvatel, jako jsou děti, senioři nebo lidé s respiračními onemocněními. Přestože se v minulosti uskutečnilo několik měření, jednoznačný původ těchto zápachových epizod nebyl dosud plně objasněn.

Zápach ve venkovním ovzduší je způsoben přítomností těkavých organických látek (VOC) a dalších znečišťujících látek, které se snadno odpařují a šíří atmosférou. V průmyslových oblastech vzniká zápach nejčastěji v důsledku chemických procesů, spalování organických materiálů, používání rozpouštědel nebo termického zpracování plastů a kovů. Subjektivní vnímání zápachu se může lišit mezi jednotlivci, nicméně opakovaný a intenzivní výskyt může způsobovat nevolnost, podráždění dýchacích cest, bolesti hlavy, stres a zhoršení celkové pohody obyvatel. Regulace zápachového znečištění je ve srovnání s jinými formami znečištění složitější, neboť v legislativě často chybí jasné limity a objektivní metody hodnocení obtěžování zápachem.

Cílem této zprávy bylo identifikovat zdroje emisí, kvantifikovat koncentrace VOC v různých částech průmyslové zóny a jejich rozptyl v okolních oblastech. Výzkum se zaměřil na klíčové průmyslové činnosti v oblasti, které jsou podezřívány z významného podílu na emisích VOC a pachových látek.

Měření byla prováděna pomocí různých analytických metod, včetně pasivního i aktivního odběru vzorků ovzduší, mobilního analyzátoru VOC, termovizní kamery pro sledování úniků škodlivin a olfaktometrických analýz. Součástí výzkumu bylo také porovnání naměřených hodnot s meteorologickými podmínkami a analýza hlášení zápachových epizod od místních obyvatel.

Zpráva shrnuje zjištěné koncentrace VOC, jejich rozložení v prostoru a čase, vliv směru větru na šíření zápachu a identifikuje klíčové zdroje emisí. Výsledky této analýzy přispějí k lepšímu pochopení zdrojů znečištění, umožní objektivní posouzení vlivu průmyslové činnosti na kvalitu ovzduší a mohou sloužit jako podklad pro opatření vedoucí ke snížení zápachového znečištění v této oblasti.

*V textu je většinou u chemických sloučenin použito anglické názvosloví, u řady z nich není znám český ekvivalent.*



## 2 PRŮMYSLOVÁ ZÓNA OSTRAVA-HRABOVÁ: PŘEHLED FIREM, VÝROBNÍ ČINNOST A ENVIRONMENTÁLNÍ DOPADY

Průmyslová zóna Ostrava-Hrabová o rozloze přibližně 115 ha se nachází na jižním okraji města Ostravy a patří mezi nejvýznamnější průmyslové oblasti v Moravskoslezském kraji. V zóně působí významné výrobní i logistické společnosti, které se specializují zejména na automobilový průmysl, strojírenství a povrchové úpravy kovů. Průmyslový park je napojen na hlavní dopravní tepny, včetně rychlostní komunikace Ostrava–Frýdek-Místek (D56), a nabízí efektivní spojení do Polska, Slovenska a Rakouska. Průmyslová zóna Ostrava-Hrabová se nachází v těsné blízkosti obytných oblastí:

- **Východní strana** – nejbližší bytová zástavba cca 200 m
- **Sever a severozápad** – obytná zóna ve vzdálenosti 300–350 m
- **Západní strana** – obytné domy umístěné ve vzdálenosti 300–600 m
- **Jižní strana** – obytná zástavba ve vzdálenosti 600 m.

Lokalita Ostrava-Hrabová je **meteorologicky náchylná** ke zhoršeným rozptylovým podmínkám. Převažující **jihozápadní větry (35,6 % času)** a **severovýchodní větry (29,9 % času)** ovlivňují šíření škodlivin do obytných oblastí (ODOUR 2018b).

Právě tato blízkost **výrobních podniků** k obytným oblastem způsobuje problémy s **kvalitou ovzduší**. Nejvýznamnějšími faktory ovlivňujícími **pachové imise** jsou:

- **Použití rozpouštědlových lepidel, laků a čisticích prostředků**
- **Tepelné zpracování plastů a kovů (spálené plasty, oleje, fenoly)**
- **Galvanické procesy a svařování kovových dílů (ODOUR 2018b).**

Blízkost obytných oblastí však přináší i environmentální výzvy, především v podobě emisí těkavých organických látek (VOC) a pachových látek. Tyto látky pocházejí zejména z výroby automobilových komponentů, povrchových úprav kovů a chemických procesů. Obyvatelé si často stěžují na zápach spálených plastů, chemických výparů a spáleného oleje.

V **tab. 1** je uveden přehled emisí VOC (*volatile organic compound*) nebo TOC (*total organic carbon*), které byly získány pro rok 2016 ze studie firmy ODOUR (2018a) a novější data pochází z databáze Českého hydrometeorologického ústavu (CHMI) (CHMI 2024). Z **tab. 1** vyplývá, že v roce 2023 v průmyslové zóně Hrabová byl největším znečišťovatelem z pohledu emisí VOC ITT Holdings Czech Republic.

**Tabulka 1** Emise VOC (t/rok) (CHMI 2024; ODOUR 2018a).

Společnost	VOC			TOC		HCI	
	2016	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Grupo Antolin Ostrava	10,8	2,33	2,44				
ITT Holdings Czech Republic	6,2			20,679			
Brembo Czech	1,35	5,51	7,40				
HP-Pelzer Ostrava	3,2			0,295	0,436		
Sungwoo Hitech	1,8						
Feve (Rossignol Galvanik)	0,5	0,250				0,388	0,484

**Vysvětlivky:** TOC představuje širší pojem zahrnující veškerý organický uhlík v ovzduší, zatímco VOC jsou specifickou kategorií těchto sloučenin, která se zaměřuje na ty, které jsou těkavé a snadno se odpařují.

## 2.1 Přehled hlavních podniků v průmyslové zóně

### ITT Holdings Czech Republic s.r.o.

ITT Holdings Czech Republic vyrábí brzdové destičky a tlumiče pro automobilový a železniční průmysl. Provozuje dvě hlavní divize: FRICTION – výroba brzdových destiček a KONI – výroba tlumičů pérování (ODOUR, 2018). ITT není koncovým dodavatelem, dodává své destičky např. výrobcům brzdných třmenů, do autorizovaných servisů a jako náhradní díl pod značkou ATE. Ve všech modelech aut těchto automobilek jsou brzdové destičky vyrobené v ITT: Mercedes Benz GLC/GLS/GLA/E/S, Alfa Romeo Stelvio; BMW, Škoda Octavia; Audi e-tron; Range Rover, Jaguar F-PACE; ŠKODA Evoque, ŠKODA Fabia; Hyundai, VW Amarok/ Renault Clio, Ford Puma, Fiat Multipla; Ford Mustang Mach-E; Toyota Yaris; Maserati Levante, AF Giulia; Volvo V60 (ODOUR 2018b).

Výrobní proces zahrnuje pískování, nanášení lepidla, lisování, tepelné zpracování a povrchovou úpravu. Při aplikaci lepidel, která obsahují až 55 % VOC (ethanol, toluen, fenol, formaldehyd), vznikají pachové emise odpovídající spáleným plastům a gumě. Při teplotním vytvrzování brzdových destiček dochází k uvolňování fenolů a formaldehydů, což je hlavním zdrojem zápachu. Popis technologie uvádí Paciorková et al. 2011. Společnost instalovala systém neutralizace zápachu na molekulární bázi (s parfémem višní), který však zatím neeliminuje problém zcela (ODOUR 2018b).

### Brembo Czech s.r.o.

Firma je významným výrobcem hliníkových brzdových třmenů pro luxusní automobily. Hlavní technologické procesy zahrnují slévání hliníku, obrábění, eloxování a montáž. Významné emise VOC pocházejí z nátěrových hmot, rozpouštědel a čisticích prostředků, které se uvolňují při eloxování a lakování. Výsledný zápach je charakterizován jako spálený motorový olej (ODOUR 2018b).

Emise jsou čištěny před výstupem do ovzduší na 3 hlavních stávajících filtrech; kromě těchto hlavních filtrů je provozováno ještě několik dalších:

- Ecoinstal (výdech 101)
- Euroimpianti (výdech 121) - obsahuje technologii studené plazmy
- Cipres (výdech 141) - obsahuje technologii studené plazmy. Modul studené plazmy je zařízení k omezování emisí znečišťujících látek, které využívá nízkoteplotní plazmu k čištění odpadních plynů za okolního tlaku a teploty. Pomocí plazmatu dochází k rozkladu látek s pachovým vjemem na jednodušší sloučeniny.

Byla provedena kontrola funkčnosti instalovaných zařízení, **tab. 2**. Ve vzorcích emisí se vyskytovaly především aldehydy a ketony, deriváty pentylu, pineny a xyleny. Některé nalezené látky je cítit již v jednotkách mikrogramů. Například acetaldehyd, kterého bylo naměřenou výdechu z komínu za filtrem Cipres cca 16 mg/m<sup>3</sup>, má čichový práh 0,0027 mg/m<sup>3</sup> (Tížková a Kofroň 2020; Paciorková et al. 2011).

**Tabulka 2** Naměřené emise pachových látek do ovzduší v okolí Brembo Czech.

Popis vzorku	Jednotka	Filtr Ecoinstal	Filtr Euroimpianti	Filtr Cipres
Koncentrace pachových látek COD	(ouE/m <sup>3</sup> )	46	203	171
Pachový tok	(ouE/s)	1 518	3 015	2 285

### Grupo Antolin Ostrava s.r.o.

Společnost Grupo Antolin Ostrava je součástí španělské skupiny Grupo Antolin. Společnost se zaměřuje na výrobu interiérových plastových a čalouněných dílů pro automobily, včetně střešních panelů a dveřních výplní. Technologie zahrnuje lisování skelných vláken, nanášení lepidel a tepelnou stabilizaci

při teplotách 120–125 °C. VOC emise pocházejí zejména z rozpouštědlových lepidel (ethylacetát, izopropylalkohol, aceton) a vytvrzování plastů. Zápach je označován jako chemický, lepidlový s tóny zahříváných plastů. Firma provozuje uhlíkové filtry, které snižují VOC emise, ale nelze je zcela eliminovat (*ODOUR 2018b*).

#### **HP - Pelzer s.r.o. Ostrava**

Výrobní závod HP-Pelzer se specializuje na akustické a tepelné izolace do automobilů, jako jsou kobercové výplně a izolační panely. Technologie zahrnuje tvarování plastů, laminování a pěnování polyuretanem. VOC emise pocházejí z tavných lepidel a vypěňování PUR pěny, přičemž dochází k uvolňování aldehydů, ketonů a mastných kyselin, které způsobují zápach podobný spáleným plastům s mírně sladkým tónem. Odsávací systémy vedou emisní vzdušinu nad střechu objektu, čímž dochází k jejímu rozptýlu do okolí (*ODOUR 2018b*).

#### **Sungwoo Hitech s.r.o.**

Tento závod vyrábí plechové karosářské díly pro automobilový průmysl. Výrobní procesy zahrnují lisování za studena a bodové či obloukové svařování. VOC emise vznikají zejména při nanášení adhezivních materiálů a svařování kovových součástí, což vede k emisím oxidů železa a dalších kovů. Zápach je charakterizován jako technický, kovový s mírně nasládlými tóny, které jsou patrné zejména při otevřených vratech haly (*ODOUR 2018b*).

#### **Feve s.r.o. – Rossignol Galvanik CZ, s.r.o.**

Firma se specializuje na galvanické zinkování a průmyslové odmašťování kovových součástek. Technologie zahrnuje moření v kyselinách (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), elektrolytické pokovování a pasivaci chromem. VOC emise pocházejí zejména z chemických výparů z galvanických lázní, přičemž jsou do ovzduší uvolňovány chlor, amoniak a další anorganické látky. Zápach je kyselý, chemický s kovovými tóny a může interagovat s emisemi z ostatních podniků, čímž mění výslednou charakteristiku zápachu v oblasti (*ODOUR 2018b*).

Dalším významným zdrojem potenciálního znečištění v širším okolí je **Lenzing Biocel Paskov**, producent buničiny, jehož emise mohou ovlivňovat kvalitu ovzduší i v Ostravě-Hrabové.

### 3 PLNĚNÍ SMLOUVY

#### Cíl:

Cílem je identifikace původu sloučenin způsobujících zápach v oblasti Ostrava-Hrabová včetně vyloučení nebo potvrzení zdroje sloučenin s obsahem organicky vázané síry Lenzing Biocel Paskov. Po odběru budou vzorky analyzovány v laboratoři prostřednictvím TD-GC/MS. Identifikace a kvantifikace zápachových sloučenin bude provedena pomocí standardů organických sloučenin. Vyhodnocení s identifikací původu organických sloučenin bude provedeno pomocí literárních zdrojů.

#### Metody:

- A. Venkovní ovzduší - organické sloučeniny ve fázi par budou vzorkovány pomocí odběru aktivního vzduchu (AAS) s odběrným čerpadlem ACTI-VOC PLUS (Markes International Ltd, UK) na sorpční trubici s náplní TenaxTA/Carbograph 1TD (Carboxen 1003). Aktivní odběr 1-2 hodiny. Naměřená data budou porovnatelná s dřívějšími výsledky (z roku 2022/2023). Současné využití 3 odběrových zařízení ACTI-VOC (pro sledování distribuce pachových částic s ohledem na podmínky proudění větru). Celkem vzorkovacích 8 kampaní + 2 kampaně v případě problémů s interpretací.
- B. Využití 5 radiálních difuzivních vzorkovačů pro pasivní vzorkování (Radielo, firmy MARKES International Ltd, UK), které umožňují odběry v rozsahu 6 hodin až 7 dní! Kontinuálně po dobu měsíce (opakování v letním a podzimním období, 4 vzorkovací kampaně – léto a 4 na podzim).
- C. Využití mobilního analyzátoru MultiRAE pro sledování VOC v prostoru průmyslové zóny a bližším okolí. Vytvoření mapy plošné distribuce VOC v prostoru a bližším okolí (do 2 km); celkem 3 mapy.
- D. Využití FlyingLab (zařízení umožňující sledování VOC pomocí senzorů) ze vzduchu, včetně odběru organických sloučenin na sorpční trubici. Odhad 12 odběrů.
- E. Využití inteligent portable olfactometer (Scendroid, Canada) SM100 v kooperaci s European Science and Research Institute, Zvolen.
- F. Využití termovizní kamery ke sledování úniků VOC.

Po odběru budou vzorky analyzovány v laboratoři prostřednictvím TD-GC/MS. Identifikace a kvantifikace zápachových sloučenin bude provedena pomocí standardů organických sloučenin. Vyhodnocení s identifikací původu organických sloučenin bude provedeno pomocí literárních zdrojů.

#### Podpůrné metody:

- Využití termovizní kamery ke sledování úniků plynů z budov a prostorové zpracování změn teplotního gradientu v okolí (2-3 vzorkovací kampaně při různých teplotách).
- Sledování meteorologických parametrů během měření, případně on-line po celou dobu trvání projektu.
- Vzorkování pomocí pasivních vzorkovačů v ploše a na trase mezi Paskovem a Hrabovou pro vyloučení nebo potvrzení původu organických sloučenin s obsahem síry. Opakování kampaň (2-3) měření při použití 5 pasivních vzorkovačů.

#### Výběr míst pro vzorkování:

Areál průmyslové zóny, širší okolí pro instalaci vzorkovačů Radielo (bude dohodnuto).

#### Forma výsledků:

Zpráva s protokoly.

### A. Venkovní ovzduší vzorkované s čerpadlem ACTI-VOC, firmy MARKES

Aktivní vzorkování plynné fáze ovzduší bylo provedeno na sorpční trubice Markes (Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen 1003) prostřednictvím ACTI VOC pump v zápachových epizodách, viz **tab. 3**. Paralelně se podařilo odebrat 2 vzorky, a to 23.09.2024 a 19.10.2024. Jedno odběrové místo bylo v průmyslové zóně před vrátnicí Brembo Czech, s.r.o. a druhé v obytné zástavbě v Ostravě-Hrabůvce. Vrátnice Brembo Czech, s.r.o. byla vybrána z důvodu lokalizace nejvyšší intenzity zápachu v průmyslové zóně. Odběr plynné fáze venkovního ovzduší byl prováděn po dobu nepříjemného zápachu, nejméně však 30 min. Pro identifikaci koncentrace sloučenin v období bez zápachu byly z důvodu určení hodnoty geochemického pozadí organických sloučenin v plynné fázi ovzduší odebrány dne 28.01.2025 dva vzorky.

**Tabulka 3** Venkovní ovzduší vzorkované s čerpadlem ACTI-VOC, firmy MARKES.

Podmínky odběru	Odběrové místo	Datum odběru	Počet vzorků
Zápachová epizoda	Brembo Czech, s.r.o.	23.09., 19.10., 22.10. 2024	3
Období bez zápachu	Brembo Czech, s.r.o.	28.01.2025	2
Zápachová epizoda – obytná zóny	Hrabůvka	15.8.,23.8.,9.9.,10.9.,12.9, 23.9., 30.9., 19.10., 6.11.2024	9
Celkový počet analyzovaných vzorků		14, plánováno: 10	

### B. Pasivní vzorkování

Plán rozmístění vzorkovacích míst s cílem následné vytvoření map plošných koncentrací vybraných polutantů. Celkem bylo vybráno 6 odběrových míst pro instalaci pasivních vzorkovačů (sorpční trubice Markes (Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen 1003; Tenax TA/SulfiCarb), které byly umístěny v terénu ve výšce do 2 m. Vzorkování probíhalo samovolnou difúzí. Pasivní vzorkování bylo prováděno po dobu sedmi dní v těchto termínech: 26.9.-7.10.24, 7.-14.10.24, 14.-21.10.24, 21.-29.10.24, 29.-5.11.24, 5.-12.11.24 na stanovištích 1 - Mitrovická 756, 2 - Krmelínská 470, 3 - Na rovince 914, 4 - Na rovince 879, 5 - Bažanová 1069, 6 - Místecká A a dále na speciálních vzorkovačích s vyšší citlivostí záchytu sloučenin s obsahem síry na lokalitách 7 - Místecká B, 8 - Hrabovská 408/13, 9 - Polní 984, 10 – Kirilovova 913.



**Obr. 1** Mapa plánovaných odběrových míst, ukázka umístění pasivního vzorkovače pro lokalitu Mitrovická.



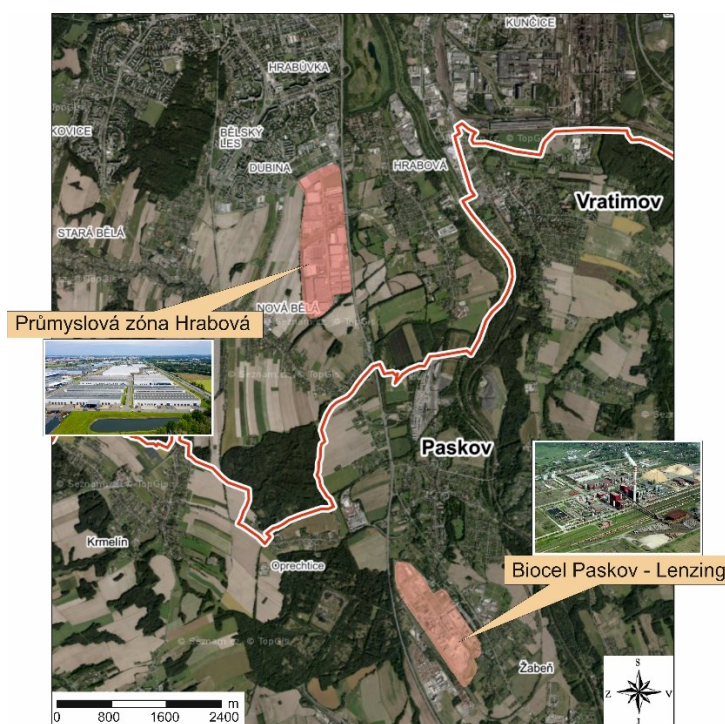
Po vyhodnocení analýz se ukázalo, že výsledky získané z pasivních vzorkovačů s vyšší citlivostí na záchyt sloučenin se sírou jsou nepoužitelné, a proto byly dále vyhodnoceny pouze odběry na sorpční trubičky Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen 1003, lokality 1 - 6. Sorpční trubičky s vyšší citlivostí na záchyt organicky vázané síry měly být použity pro identifikaci vlivu imisní zátěže Biocelu Paskov-Lenzing (obr. 2a).

**Plánováno: 20 odběrů**

**Skutečnost: 36 odběrů**

### C. Využití mobilního analyzátoru pro sledování VOC

Odběry pasivním vzorkovačem Tiger XT proběhly v pěti vzorkovacích kampaních, které odpovídaly instalaci pasivních vzorkovačů, a to: 14.10., 21.10., 29.10., 5.11. a 12.11.2024 na 9 lokalitách, jejich pozice je dokumentována na **obr. 2b**. Celkem bylo vytvořeno 6 mapových podkladů, 3 byly původně plánovány.



**Obr. 2a** Pozice lokality – průmyslová zóna Hrabová a Lenzing – Biocel Paskov, a.s.



**Obr. 2b** Umístění vzorkovacích míst v okolí průmyslové zóny Hrabová.

### D. Využití FlyingLab - sledování VOC pomocí senzorů

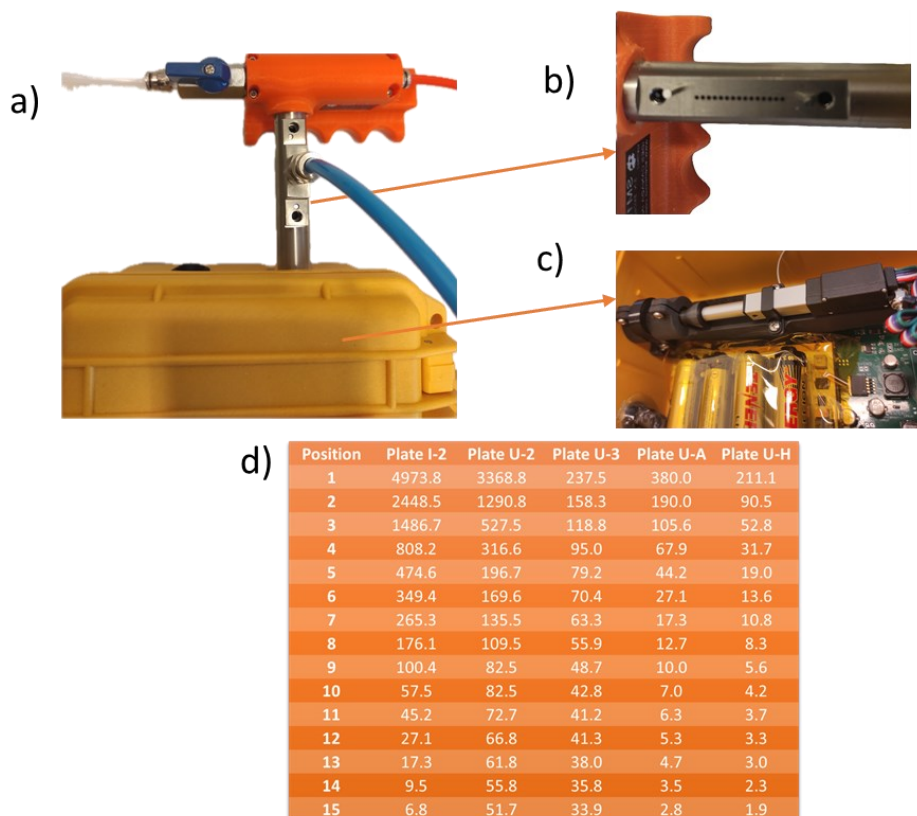
Výškový odběr VOC ve výšce 0, 20 a 40 m nad povrchem byl proveden 9.01.2025 ve třech výškových zónách s časovým odstupem 1 hodina. Celkem bylo odebráno 9 vzorků – aktivní odběr s využitím sorpčních trubiček MARKES. Vzhledem k výsledkům senzorického měření VOC v nízkých výškách, kdy se neprokázala statisticky významná variabilita koncentrace VOC bylo měření senzory nahrazeno aktivním odběrem vzorků. Měření UAV nemohlo být realizováno z důvodu blízkosti průmyslové zóny v leteckém prostoru třídy D, který spadá pod řízený okresek letiště Mošnov (LKMT CTR). Tento prostor podléhá regulaci Úřadu pro civilní letectví (ÚCL) a Řízení letového provozu ČR (ŘLP ČR, s.p.), přičemž jakékoliv lety UAV v této oblasti vyžadují speciální povolení a koordinaci s příslušnými úřady. Zejména pak při jednání se zástupci dotčených společností a CTParku dne 12. 9. 2024 v 8:30 pod záštitou MMO v zasedací místnosti CTP, Na Rovince 879, nebylo uděleno povolení k přeletům nad jednotlivými provozy, s výjimkou společnosti SW Hitech. Průměrné hodnoty z jednotlivých výšek a z celkového

odběru sloužily k určení koncentrace organických sloučenin v období bez zápachu (požadová koncentrace) pro období bez výskytu zápachu.

#### E. Využití inteligent portable olfactometer (Scendroid, Canada) SM100

Mobilní olfaktometr byl využit pro měření v laboratoři, kde byl sledován zápach a jeho intenzita při ohřevu otěru z brzdových destiček (Brembo Czech, s.r.o.) a dále při zahřívání výrobků používaných v interiérech vozidel, které dodávají HP-Pelzer, s.r.o. nebo Grupo Antolin Ostrava, s.r.o.

Polní olfaktometr SM 100i (*Scendroid*). Je určen k měření koncentrace zápachu z okolního vzduchu, sáčků na vzorky nebo přímo ze zásobníků. K měření koncentrací zápachu nasává okolní vzduch (nebo zapáchající vzduch uložený v sáčku na vzorky) sacím otvorem. Vzorky se ředí v sestupném trendu od vyššího ředění k nižšímu ředění pomocí proudu čerstvého vzduchu přiváděného z láhve se vzduchem a prochází přes filtr s aktivním uhlím. Nádrž je vybavena regulátorem tlaku upravujícím průtok na 20 l/min dle normy *EN 13725 (2022)*. Panelista čichá proud zředěného vzduchu z teflonové masky, zatímco se reguluje úroveň ředění pomocí automatického systému pro změnu ředícího poměru z mobilního zařízení až k detekci zápachu. Počínaje vysokým poměrem ředění se poměr ředění snižuje, dokud panelista nezjistí zápach, měření se zastaví, načte se číslo indikátoru ředění a převede se na koncentraci zápachu pomocí interpretační tabulky nastavené výrobcem. SM 100i poskytuje 15 úrovní ředění, které závisí na instalovaných ředících deskách, poskytuje různé rozsahy ředění od 3,5 do 10 357 ou/m<sup>3</sup>. Různé ředící destičky mají různé průměry otvorů, které poskytují různé poměry ředění (IDES Inc., 2016). **Obr. 3** znázorňuje sací port, ředící desku nainstalovanou pod sacím portem, regulátor ředění a úrovně ředění na něm a interpretační tabulku v SM 100i.



**Obr. 3** Funkce SM 100i (IDES Inc., 2016): a) sací port; b) ředící deska; c) automatický regulátor úrovně ředění; d) interpretační tabulka.

## F. Využití termovizní kamery ke sledování úniků VOC

Ke sledování úniků z budov nacházejících se v průmyslové zóně Ostrava Hrabová byla využita termokamera *Termokamera testo 868s*, viz **obr. 4**. Pomocí této termokamery lze detekovat úniky tepla, přehřáté spoje, teplotní mosty nebo defekty plášťů budov. IR rozlišení  $160 \times 120$  pixelů; s technologií SuperResolution až  $320 \times 240$  pixelů a velkým teplotním měřicím rozsahem od  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+650\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pomocí indikátoru IFOV a funkcí testo  $\varepsilon$ -Assist a testo ScaleAssist jsou eliminovány chyby měření a zároveň je snadno dosaženo optimálního nastavení emisivity ( $\varepsilon$ ), odražené zdánlivé teploty (RTC) pro termografii budov i správného barevného schématu (*Testo 2025*).



**Obr. 4** Mapa zobrazující rozmístění vzorkovacích bodů pro jednotlivé budovy a jejich části, ze kterých byly pořízeny „termosnímky“ (vlevo), Termokamera testo 868s (vpravo) (Testo 2025).

## G. Další postupy neuváděné ve smlouvě

- Pro identifikaci sloučenin, které způsobují zápach byl zakoupen vzorek brzdových destiček vyráběných firmou Brembo Czech, s.r.o. Vzorek je dále označován „Brembo“. Otěr ze vzorku destiček byl spálen na TGA (Metler Toledo) při  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , uvolněné VOC, SVOC byly zachyceny na trubici Markes a následně analyzovány TD-GC/MS. Celkem byly provedeny 4 opakování. Dále byla provedena elementární analýza vzorku otěru z brzdových destiček a fázová analýza metodou RTG-difrakce a SEM s analyzátozem EDAX, která byla využita pro identifikaci materiálů používaných k výrobě brzdových destiček. Výsledky jsou v **příloze 1**.
- Dále byly pro analýzu uvolňovaných sloučenin při termickém zpracování dalších materiálů získány tkaniny používané v obložení kufru, stropu a dveří automobilů (I20, I30, Ascent). Vzorky tkanin byly zahřáty na TGA v oxidační atmosféře do  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Uvolněné VOC, SVOC byly zachyceny na trubici Markes, a následně analyzovány prostřednictvím TD-GC/MS.



## 4 METODY ANALÝZY

### 4.1 Odběr vzorků – pasivní vzorkování

Pasivní (difúzní) odběr vzorků vzduchu na sorpční médium je založen na principu prvního Fickova zákona difúze, který umožňuje zaměření na definované prostředí vzorkování. Při tomto procesu analyty migrují k povrchu sorpčního lože rychlostí, která závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech analyzovaných látek a okolních podmínkách prostředí. Vzorkování bylo provedeno v souladu s Metodou 325 US EPA („*Passive Air Sampling for Refinery Fenceline Monitoring*“), která stanovuje standardizovaný protokol pro pasivní odběr vzorků ovzduší zaměřený na benzen a další těkavé organické látky (VOC). Tato metoda využívá sorpční trubičky, na jejichž povrch se během dvoutýdenního expozičního období adsorbují přítomné znečišťující látky. Následná analýza vzorků probíhá pomocí termické desorpce ve spojení s plynovou chromatografií (TD-GC) a hmotnostní spektrometrií (MS) nebo alternativními detekčními technikami. Přestože je primárním cílem benzen, metoda umožňuje detekci i dalších nebezpečných látek znečišťujících ovzduší, čímž poskytuje komplexní přehled o emisích v monitorovaném prostředí (Markes 2025).

### 4.2 Analýzy plynné fáze VOC/SVOC

Vzorky VOC byly analyzovány prostřednictvím TD-GC/MS (Gerstel, Muelheim an der Ruhr). Desorpce byla uskutečněna v teplotním rozsahu 50 °C (1 min) až 300 °C (5 min), rychlost růstu teploty 60 °C/min. Desorbované organické sloučeniny byly uvedeny do chlazeného CIS inletu (10 °C), kde byly zahřívány rychlostí 10 °C/S do 250 °C, a poté injektovány na nepolární kolonu HP5 ms (60 m × 250 µm × 0,25 µm). Separace probíhal v teplotním programu od 40 °C (10 min) až 300 °C (10 min) s rychlostí růstu 15 °C/min. Identifikace a kvantifikace organických sloučenin byla provedena pomocí standardů SVOC (EPA 625 SVOC) and VOC: EPA VOC Mix1, EPA VOC Mix 2, EPA VOC Mix 8 (Merck).

### 4.3 Mobilní technika fotoionizační detektor IGER XT a olfaktometer

Detekce těkavých organických látek na stopové úrovni vyžaduje vysoce citlivé a přesné metody. K jejich detekci a monitorování se často používají techniky, jako jsou fotoionizační detektory (PID) (Spinelle et al. 2017). Pro měření byl použit přenosný fotoionizační detektor (TIGER XT, ION Science Ltd.), který je schopen detekovat široké rozpětí VOC od 1 ppb do 20 000 ppm na základě integrované 10,6 eV lampy, viz **obr. 5**. Vzorkování na dané lokalitě probíhalo vždy po dobu 5 minut a byla zaznamenána průměrná hodnota pro daný měřicí interval.



**Obr. 5** Přístroj TIGER pro měření koncentrace VOC.

Výsledky získané z přístroje Tiger jsou uváděné v ppm. Koncentrace ppm vyjadřuje „díly na milion-počet prvků v miliónu“ a jedná se o objemovou koncentraci. Pro lepší orientaci byl v tabulkách proveden rovněž přepočet na hmotnostní koncentraci (mg/m<sup>3</sup>). Přepočet objemových koncentrací na hmotnostní se provádí za standardních podmínek. Konverzní faktor pro přepočet ppm na mg/m<sup>3</sup> je založen na molekulové hmotnosti dané plynné látky a je ovlivněn také atmosférickou teplotou

a tlakem. Přepočet byl proveden pro standardní podmínky vzduchu tj. za teploty 25 °C a při atmosférickém tlaku 101,325 kPa podle **rovnice 1**:

$$\text{Koncentrace (mg / m}^3\text{)} = 0.0409 \times \text{koncentrace (ppm)} \times \text{molekulová hmotnost látky} \quad (1)$$

Kde: 0.0409 je konverzní faktor pro standardní podmínky vzduchu

Molekulová hmotnost VOC = 78,952 g/mol

#### 4.4 Data o povětrnostních podmínkách

Meteorologická data v průmyslové zóně Hrabová byla měřena meteorologickou stanicí EFWS 2900 (Eurochron) provozovanou VŠB-TUO, CENET. Data pro větrné růžice byla zaznamenávána každou hodinu, přičemž celková roční větrná růžice byla sestavena z dat poskytnutých z profesionální stanice Ostrava-Výškovice s četností 1 hodina. Pro validaci byla použita meteorologická stanice VantagePro2+ (DAVIS) provozovaná FBI VŠB-TUO v Ostravě-Výškovicích, která sleduje rychlost a směr větru, teplotu, vlhkost, UV záření, solární radiaci a srážky.

#### 4.5 Vytvoření mapových podkladů

Podkladem pro mapové výstupy je ortofoto mapa území města Ostravy a blízkého okolí s měřítkem uvedeným u jednotlivých map. Ortofoto mapa byla převzata z katastru ČÚZK a autory byla upravena. Pro konstrukci mapy izolinií byl použit program Surfer, verze 2022 (Golden Software, Inc.). Vstupní data byla podrobena exploratorní analýze dat. K testování normality datových souborů byl použit Kolmogorov-Smirnovův test a Shapiro-Wilkův test na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Mapy byly konstruovány pomocí krigování (logaritmický model semivariogramu, bez driftu). Nejvhodnější model byl vybrán na základě výsledků křížové validace.

#### 4.6 Informace občanů - Hlášení zápachových epizod

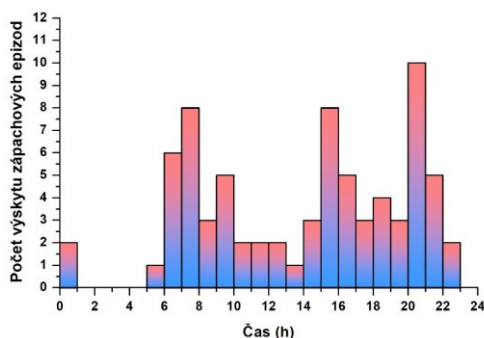
V období od 7.9. 2024 do 31.12. 2024 byla analyzována data o výskytu zápachových epizod v městských částech Hrabůvka, Hrabová, Stará Běla, Nová Běla, Dubina, Výškovice a Ostrava Jih. Ve spolupráci s městským obvodem Ostrava-Hrabová, pod záštitou pana místostarosty Ing. Radomíra Orkáče, byl vytvořen online formulář pro hlášení zápachových epizod zaznamenaných občany. Formulář je dostupný na adrese: <https://www.hrabova.info/zapach>. Další informace lze nalézt na stránce: <https://www.hrabova.info/2024/09/08/hrabova-online-evidence-vyskytu-zapachu-z-prumyslove-zony/>.

Po zveřejnění informace v TV (září 2024) ze strany MMO o probíhajícím sledování zápachu jsme dostali vysvětlující informace od občanů. „Zápachové epizody vznikají během „ekologické recyklace“ hliníkových brzdových třmenů, či celých bloků polonáprav. Výrobek se vyrábí ze slitiny Al tavením při teplotě okolo 750 °C. Po roztavení v peci dojde k odlití do forem a posléze putuje výrobek na lakovnu a montáž. Jelikož se jedná o brzdové třmeny a polonápravy na velmi drahá vozidla, například Porsche, BMW, Mercedes, je kladen velký důraz na pohledovou stranu tohoto třmenu, která je viditelná a je na ní právě logo daného vozu. V případě nějakého vrypu, nečistot či nesprávného odstínu laku je možné tento výrobek znovu recyklovat roztavením doplnit příměsí Ti, Sr, Si a výrobek tak odlít znovu. Podle předepsané a schválené provozní technologie by se lakovaný výrobek měl zbavit laku formou tryskání suchým ledem či pískem. Podle informací „utajeného zdroje“ je to krok, který firma obchází a tyto výrobky putují rovnou do pece. Tato nepovolená recyklace probíhá vždy během noci. Taktéž štiplavý zápach se line pozdě po půlnoci. Recyklace lakovaných hliníkových výrobků, probíhá nahodile, vždy však pozdě v noci, či časné ráno nejpozději však kolem třetí ráno. Během této recyklace se obvykle nepoužívá filtrace. I občané se uvědomují, že zápach je sice nepříjemný a obtěžující, ale že důležitější je uvolnění nebezpečných látek do ovzduší, které vznikají hořením barev a laků.“

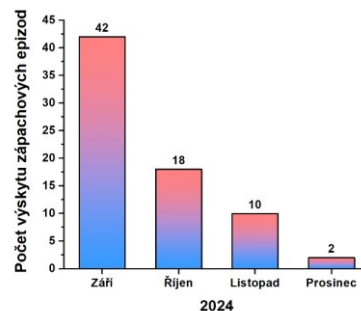
#### 4.7 Zápachové epizody v oblasti průmyslové zóny Hrabová

V období od 7.9. do 31.12. bylo zaznamenáno celkem 72 zápachových epizod z 21 různých lokalit. Hlášení byla podána občany, kteří zaznamenali výskyt zápachu v různých lokalitách a časových intervalech, jak je znázorněno na **obr. 6**. Nejvíce zápachových epizod celkem 28 z 10 různých lokalit bylo hlášeno z městského obvodu Hrabová. V městském obvodu Dubina bylo zaznamenáno 21 případů zápachu ze 4 lokalit. V městské části Hrabůvka bylo zaznamenáno 14 epizod na 4 lokalitách. Pro Novou Bělou bylo zjištěno 8 zápachových epizod na 2 lokalitách a ve Staré Bělé byl zaznamenán jeden případ. Intenzita zápachových epizod vykazovala postupný klesající trend. Nejvyšší počet hlášených epizod byl zaznamenán v září (42 případů), zatímco nejnižší výskyt byl evidován v prosinci (2 případy), **obr. 7**. Výsledky ukazují, že k zápachovým epizodám docházelo nejčastěji ve večerních hodinách, přičemž nejvýraznější výskyt byl kolem 20. až 21. hod (10 případů) a v 8 případech mezi 7. až 8. hodinou ranní a 15 až 16 h odpolední.

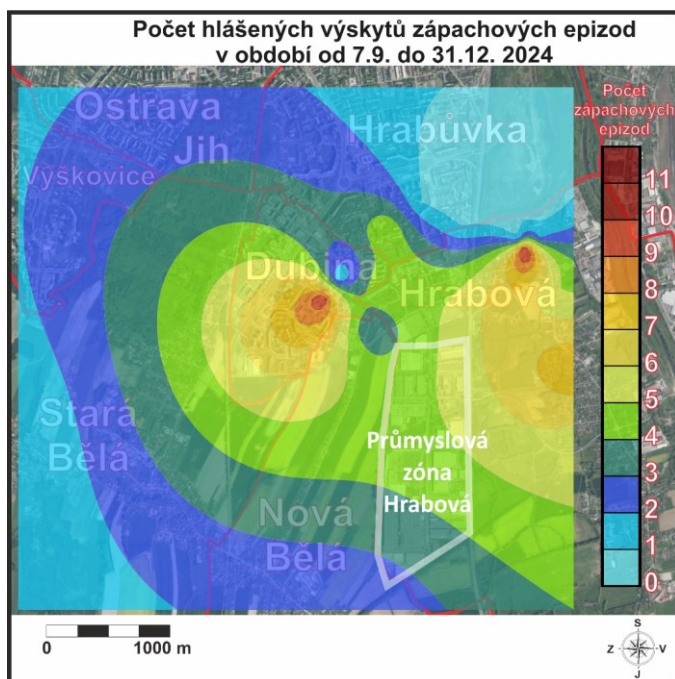
Mapa na **obr. 8** ukazuje gradient intenzity zápachu od červené (nejvyšší výskyt) až po modrou (nejnižší výskyt). Nejvíce zápachových epizod bylo hlášeno pro městské obvody Dubina a Hrabová. Na Dubině byl zápach zaznamenán celkem až 10krát, zatímco v Hrabůvce dokonce 11krát. Intenzita zápachu směrem na jih (Nová Bělá a Stará Bělá) od průmyslové zóny postupně klesá.



**Obr. 6** Četnost začátku výskytu zápachových epizod v závislosti na čase.



**Obr. 7** Četnost výskytu zápachových epizod pro sledované měsíce v roce 2024.



**Obr. 8** Mapa rozložení počtu hlášených zápachových oblastí v blízkosti průmyslové zóny Hrabová.

V návaznosti na hlášení zápachových epizod občany, bylo pro pasivní odběr provedeno porovnání, viz **tab. 4**. Během pasivního odběru, který probíhal od 26. září do 12. listopadu 2024, bylo celkem zaznamenáno 33 zápachových epizod hlášených občany. Nejvíce epizod, celkem 14, bylo hlášeno během prvního odběru (26.9. – 7.10. 2024). Druhý odběr (7.10. – 14.10. 2024) zaznamenal 4 epizody, třetí odběr (14.10. – 21.10. 2024) 3 epizody a čtvrtý odběr (21.10. – 29.10. 2024) 5 epizod. Stejný počet epizod, tedy 5, byl hlášen i během pátého odběru (29.10. – 5.11. 2024). Poslední, šestý odběr (5.11. – 12.11. 2024), zaznamenal 2 epizody. Celkově lze pozorovat trend snižujícího se počtu hlášených epizod v průběhu pasivního odběru, kdy nejvíce případů bylo zaznamenáno na začátku měření.

#### 4.8 Meteorologické podmínky během pasivního vzorkování

Průměrné hodnoty vybraných meteorologických parametrů zaznamenané během pasivního odběru v oblasti Ostrava-Jih jsou uvedeny v **tab. 5**. Na **obr. 9** jsou znázorněny větrné růžice pro jednotlivé epizody pasivního odběru. Během druhého odběru (7. 10. – 14. 10.) a třetího odběru (14. 10. – 21. 10.) převládalo proudění větru z jižního směru. Naopak během třetího odběru (21. 10. – 29. 10.) a čtvrtého odběru (29. 10. – 5. 11.) dominovalo proudění z jihozápadního směru, což nejlépe odpovídá celoročnímu průměru za rok 2024. U ostatních odběrů nelze jednoznačně určit převládající směr větru.

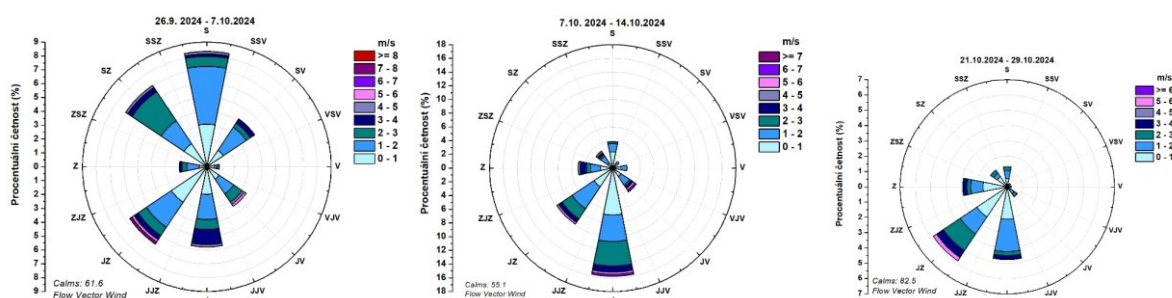
**Tabulka 4** Počet hlášených zápachových epizod během pasivního odběru vzorku.

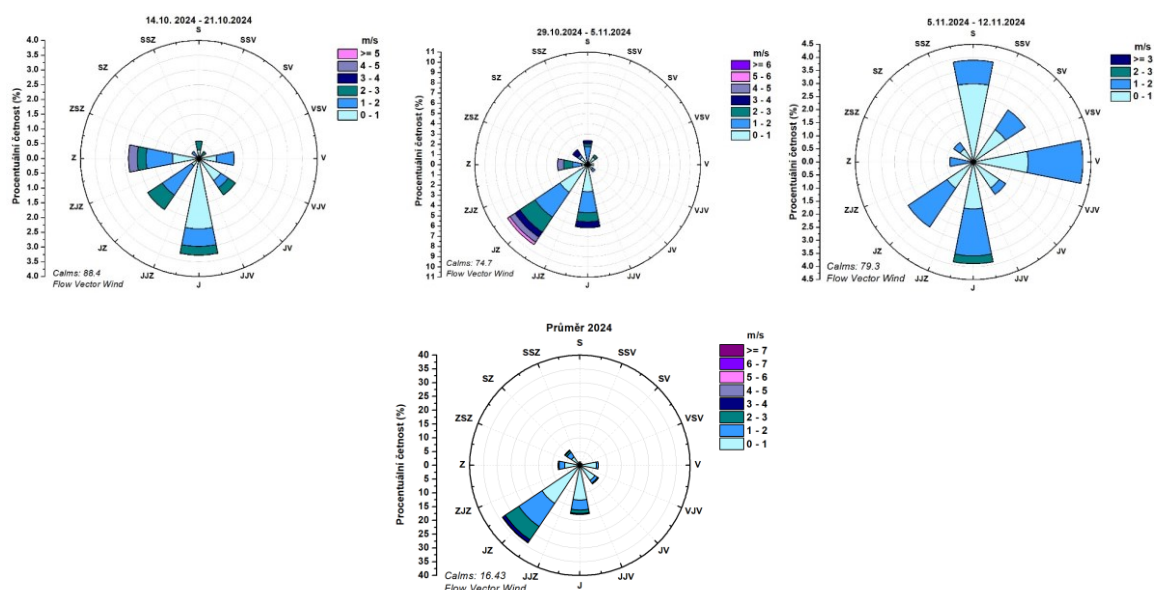
Pasivní Odběr	čtvrtek	pátek	sobota	neděle	pondělí	úterý	středa	čtvrtek	pátek	sobota	neděle	pondělí	úterý
26.9. 2024 - 7.10.2024	3x	2x	1x		3x	4x	1x						
7.10. 2024 - 14.10.2024					1x	1x	1x	1x			1x		
14.10. 2024 - 21.10.2024					1x	1x	1x	1x	1x	1x			
21.10. 2024 - 29.10.2024						1x	1x	1x	2x	2x			
29.10. 2024 - 5.11.2024							1x	2x	1x	1x	1x		
5.11. 2024 - 12.11.2024								1x				1x	

**Tabulka 5** Průměrné hodnoty vybraných meteorologických parametrů zjištěných během měření v roce 2024.

2024	1. odběr 26.9.-7.10.	2. odběr 7.10. - 14.10.	3. odběr 14.10. - 21.10.	4. odběr 21.10. - 29.10.	5. odběr 29.10. - 5.11.	6. odběr 5.11. - 12.11.
Teplota (°C)	11,3	12,8	8,9	11,3	8,3	3,5
Rychlost větru (m/s)	2,2	2,5	0,5	0,9	1,5	0,7
Vlhkost (%)	82,16	77,28	73,49	80,92	85,00	87,56
Tlak (hPa)	1010,9	1007,0	1022,3	1024,8	1024,9	1028,9

V období od 7. září do 31. prosince 2024 bylo zaznamenáno celkem 72 zápachových epizod z 21 různých lokalit. Výsledky ukazují výraznější výskyt zápachových epizod v městských obvodech Hrabová (28 epizod) a Dubina (21 epizod), přičemž intenzita zápachu směrem na jih od průmyslové zóny Hrabová postupně klesá. Intenzita výskytu zápachu vykazovala klesající trend, s nejvyšším počtem epizod v září (58 %) a nejnižším v prosinci (2,8 %). Nejčastěji docházelo k výskytu zápachu ve večerních hodinách, zejména kolem 20. až 21. hodiny.





**Obr. 9** Větrné růžice pro jednotlivé vzorkovací kampaně pasivního odběru a roční průměr pro rok 2024.

## 5 MĚŘENÍ TĚKAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK POMOCÍ SENZOROVÉ TECHNIKY

Lidský nos dokáže rozpoznat až bilion různých pachů, ale ne všechny jsou příjemné. Dlouhodobé vystavení nepříjemným či intenzivním pachům může mít negativní dopady, které často nezohledňují žádné normy ani předpisy a občané tak zůstávají bezbranní (Arias *et al.* 2021). Zápach vzniká interakcí různých těkavých chemických látek, jako jsou sloučeniny síry (např. sulfidy, merkaptany), sloučeniny dusíku (např. amoniak, aminy) a těkavé organické sloučeniny (např. estery, kyseliny, aldehydy, ketony, alkoholy) (Conti *et al.* 2020).

Pachové látky produkované průmyslovými závody mohou mít negativní dopad na kvalitu ovzduší a zdraví lidí žijících v jejich okolí. Identifikace zdrojů těchto látek a minimalizace rizik jejich uvolňování do okolí jsou klíčovými faktory pro zlepšení životních podmínek v průmyslových oblastech. Navzdory běžnému přesvědčení, že pachové látky představují pouze nepříjemnost, narůstá množství důkazů, které naznačují, že dlouhodobé vystavení těmto látkám může mít významné zdravotní důsledky (Pinthong *et al.* 2022; Guadalupe-Fernandez *et al.* 2021). Mezi ně patří bolesti hlavy, podráždění očí a krku, nevolnost, nespavost, úzkost, stres či dýchací potíže (Houghton *et al.* 2019). V Evropě je po hluku zápach druhou nejčastěji hlášenou environmentální stížností občanů. Avšak jeho regulace a řízení mají stále zásadní mezery. Znečištění zápachem je celosvětově nedostatečně zohledněno v předpisech týkajících se životního prostředí. A co víc, pachy jsou sotva regulovány, a pokud jsou regulovány, předpisy neposkytují celkový obraz problému (Arias *et al.* 2021). Tradiční metody měření zápachu jsou drahé a obtížně proveditelné, protože se zaměřují na koncentraci zápachu v ovzduší a modelování jeho průměrného dopadu na okolí. Další komplikací je nedostatek spolehlivých údajů o obtěžování zápachem. Tyto faktory mohou vysvětlovat, proč jsou předpisy o zápachu v Evropě nejednotné – liší se mezi jednotlivými zeměmi a v některých zcela chybí (Spyraki 2021). V současné době je ve všech členských státech Evropské unie zápach z průmyslových zdrojů regulován směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezování znečištění). Na evropské úrovni existují pouze dvě normy týkající se přímo zápachu: ČSN EN 13725:2022 "Stacionární zdroje emisí – Stanovení koncentrace pachových látek dynamickou olfaktometrií a míry emise zápachu ze stacionárních zdrojů" a EN 16841-1:2016, která je označena jako

ČSN EN 16841-1 (835030) „Venkovní ovzduší – Stanovení pachových látek ve venkovním ovzduší terénním průzkumem – Část 1: Monitoring s použitím sítě stanovišť“. Norma EN 13725:2022 sice definuje měření pachů dynamickou olfaktometrií přímo ve zdrojích emisí, ale nezohledňuje skutečnou úroveň expozice obyvatel ani s tím spojené obtěžování. V rámci ČR pod záštitou Ministerstva životního prostředí vyšla metodika - stanovení stupňů vybavenosti stacionárních zdrojů působících obtěžování zápachem a odstupových vzdáleností proti obtěžování zápachem. Metodika stanovuje požadavky na zdroje pachových látek, které často vyvolávají stížnosti na zápach, přičemž vychází z minimálních vzdáleností mezi zdroji a plochami stanovenými v územním plánu a je v souladu s § 12 odst. 1 návrhu novely zákona o ochraně ovzduší pro posuzování nových i stávajících zdrojů při povolování nebo řešení stížností. V EU má nejpropracovanější systém Německo, jehož normy zahrnují měření, hodnocení a řízení zápachu, například dynamickou olfaktometrií, dotazníky, řešení konfliktů, zpracování stížností a metody pro hodnocení intenzity a dopadů zápachu z různých zdrojů.

### 5.1 Těkavé organické látky (VOC)

Těkavé organické látky (VOC) mají vysoký tlak par při pokojové teplotě, nízký bod varu a výrazné aroma, které může být příjemné (vůně) nebo nepříjemné (zápach). Snadno se odpařují a přecházejí do plynného stavu a jsou vysoce reaktivní v ovzduší. Podle Agentury Spojených států pro ochranu životního prostředí (US EPA) jde o organické chemické sloučeniny, které se odpařují za běžných atmosférických podmínek teploty a tlaku (*Khan et al. 2020*). Zákon 201/2012 sb. o ochraně ovzduší definuje těkavou organickou látkou (VOC), jako „jakoukoliv organickou sloučeninu nebo směs organických sloučenin, s výjimkou methanu, která při teplotě 20 °C má tlak par 0,01 kPa nebo více nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití“.

V urbanizovaných oblastech jsou VOC emitovány zejména z průmyslových činností, provozu dopravních prostředků a spalovacích zdrojů. Jejich koncentrace ve venkovním ovzduší se pohybují v širokém rozmezí a obvykle kolísají v závislosti na ročním období. Vysoké hladiny VOC zhoršují kvalitu ovzduší, způsobují obtěžování zápachem, nepříjemné pocity a mohou mít negativní zdravotní dopady. V oblastech s opakovanými epizodami vysokých hladin VOC v ovzduší je nutné provádět krátkodobé vzorkování na místo dlouhodobého (*Gallego et al. 2023*).

Těkavé organické sloučeniny (VOC) tvoří rozmanitou skupinu chemických látek, přičemž v ovzduší může být přítomno 50 až 300 druhů (*Gallego et al. 2023*). Mezi běžné VOC patří acetaldehyd, aceton, benzen, tetrachlormethan, ethylacetát, heptan, hexan, isopropylalkohol, formaldehyd, naftalen, styren, toluen a xyleny. Mnohé VOC (včetně aromatických sloučenin, alkoholů, ketonů a aldehydů) jsou spojovány s vážnými zdravotními riziky, včetně jejich klasifikace jako látky toxické (*Gkatzelis et al. 2021*). Benzen, toluen, ethylbenzen a xylen (BTEX), jako aromatické uhlovodíky, patří mezi nejnebezpečnější znečišťující látky z této skupiny (*Khan et al. 2020*). Některé těkavé organické látky, včetně benzenu, vinylchloridu, 1,3-butadienu, trichlorethylenu a 1,2-dichlorpropanu, byly Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny klasifikovány jako karcinogeny (*Khan et al. 2020*).

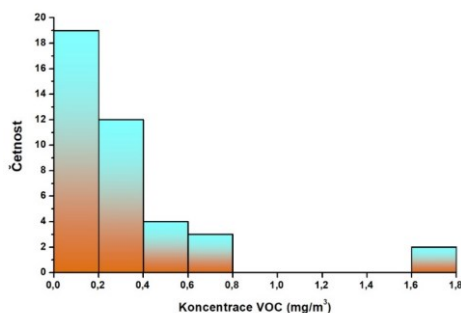
VOC přispívají k tvorbě sekundárních organických aerosolů (SOA), jemnozrnných prachových částic o velikosti menší než 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>) a přízemního ozónu (O<sub>3</sub>), které zhoršují kvalitu ovzduší ve městech (*Yarwood a Tuite 2024; Gao et al. 2023a*).

### 5.2 Výsledky měření

Mapy plošné distribuce VOC v okolí průmyslové oblasti Ostrava Hrabová byly vytvořeny z průměrných hodnot získaných z měření v říjnu až listopadu 2024 (celkově 5 měření) na 8 lokalitách. Z histogramu koncentrace VOC pro jednotlivá měření je evidentní asymetrické rozdělení dat se záporně



zešikmeným tvarem rozdělení (rozdělení je zešikmené k vyšším hodnotám), viz **obr. 10**. Asymetrie dat je způsobena vyšším výskytem koncentrace v oblasti s nižšími hodnotami.



**Obr. 10** Histogramy četnosti koncentrace VOC pro všechny lokality pro jednotlivé dny.

**Tabulka 6** uvádí hodnoty vybraných meteorologických parametrů, které byly zaznamenány během měření na jednotlivých lokalitách.

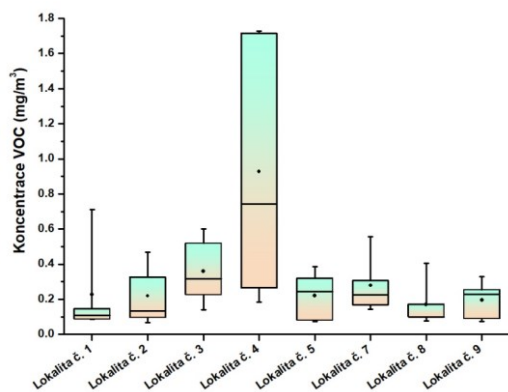
**Tabulka 6** Hodnoty vybraných meteorologických parametrů zjištěných během měření.

Číslo lokality	14.10.2024			21.10.2024			29.10.2024			5.11.2024			12.11.2024		
	T (°C)	S. V.	R. V. (km/h)	T (°C)	S. V.	R. V. (km/h)	T (°C)	S. V.	R. V. (km/h)	T (°C)	S. V.	R. V. (km/h)	T (°C)	S. V.	R. V. (km/h)
1	10,8	JV	1	12,3	Z	1	10,8	Z	0	6,7	Z	0	1,3	S	5
2	10,8	JV	1	12,3	Z	1	10,8	Z	0	6,7	Z	0	1,3	S	4,5
3	10,9	Z	1	12,3	Z	1	11,3	J	0	7,8	Z	3	1,2	S	2,5
4	10,9	Z	1	13,4	J	3	11,3	J	0	7,8	Z	3	1	S	0,8
5	11,7	J	8	15,4	SZ	1	12,5	JV	0	9,4	Z	0	1	SV	5
6,7	11,7	J	8	14,7	Z	0	11,8	J	0	8,4	Z	1	1,1	SV	3
8	12,6	Z	8	13,4	J	3	11,3	J	0	7,8	Z	3	1	S	0
9	12,6	Z	8	13,4	J	3	11,8	J	0	8,1	Z	2	1	S	1

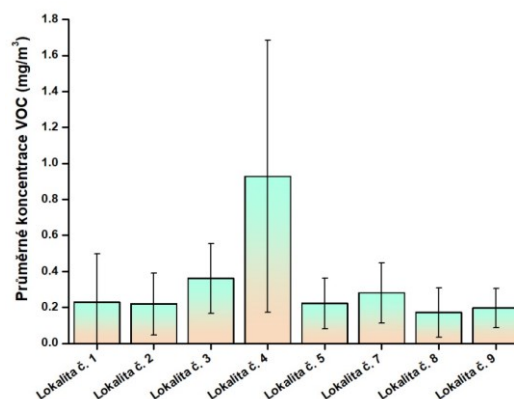
**Vysvětlivky:** R. V. – rychlost větru; S. V. – směr větru; T – teplota.

Průměrné koncentrace VOC ( $n=5$ ) se na jednotlivých lokalitách pohybovaly od  $0,17 \pm 0,14 \text{ mg/m}^3$  (lokalita 8 - jižně od průmyslové zóny, oblast se zástavbou rodinných domů) do  $0,93 \pm 0,76 \text{ mg/m}^3$  (lokalita 4 - severní část průmyslové zóny), viz **obr. 11**.

Rozpětí koncentrací VOC se na jednotlivých lokalitách pohybovalo od 0,07 do  $1,73 \text{ mg/m}^3$ , viz **obr. 10**. Nejvyšší koncentrace VOC byly zjištěny na lokalitě č. 4 dne 29.10.2024 s hodnotou  $1,73 \text{ mg/m}^3$  a 21.10.2024  $1,71 \text{ mg/m}^3$ . Naopak nejnižší koncentrace VOC činily  $0,07 \text{ mg/m}^3$  (12.11.2024) na lokalitě č. 9 (jižně od průmyslové zóny, oblast se zástavbou rodinných domů) a  $0,08 \text{ mg/m}^3$  (14.10.2024) na lokalitě č. 5 (severně od průmyslové zóny, rezidenční zástavba).



**Obr. 11** Průměrné koncentrace VOC na jednotlivých lokalitách.



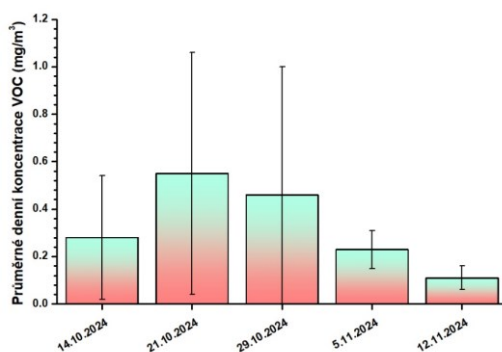
**Obr. 12** Rozložení koncentrací VOC pro jednotlivé lokality.

**Tabulka 7** Srovnání koncentrací VOC v různých průmyslových lokalitách (Wang et al. 2023a).

Město a stát	Průmyslová oblast	Detailnější popis	Období	VOC (ppb)	VOC (mg/m³)	Reference
Peking, Čína	Průmyslový areál (chemický průmyslový park) a obytná oblast		8/2019	94,3 ± 157,8	0,31 ± 0,51	(Liu et al. 2023a)
Nanking, Čína	Průmyslová oblast (doprava i průmysl)		3/2011 - 2/2012	43,5	0,14	(An et al. 2014)
Šanghaj, Čína	Převažující petrochemický průmysl.	Chemické továrny, továrny na rozpouštědla barev, gumárny, ropné rafinérie a petrochemické továrny	11/2013 - 1/2014	94,14	0,30	(Zhang et al. 2018)
Tchaj-čüan, Čína	Průmyslová oblast (těžký průmysl)	Industrializované město (tepelné elektrárny, velké závody těžkého průmyslu, které vyrábějí nerezovou ocel a těžké stroje)	4/2015, 7 - 8/2015, 10/2015, 12/2015	38,43 ± 24,2	0,12 ± 0,08	(Li et al. 2020)
Wu-chan, Čína	Chemický průmyslový park		5 - 6/2018	99,91	0,32	(Zheng et al. 2020)
Wej-nan, Čína	Převažující těžký průmysl	Průmyslová základna. Mezi hlavní průmyslové činnosti související s VOC ve Weinanu patří výroba koksu, výroba termoelektrické energie, taveniny železa, tiskařské procesy.	9 - 10/2017, 11/2017 - 1/2018	73,4	0,24	(Li et al. 2022a)
Si-an, Čína	Městský park obklopený rezidenčními a komerčními oblastmi		9 - 10/2017, 11/2017 - 1/2018	62,3	0,20	(Li et al. 2022a)
Nanking, Čína (2)	Chemický a těžký průmysl	Průmyslové parky, lesy a hlavní silnice. Chemický průmyslový park Nanjing se nachází přibližně 5 km severovýchodně od pozorovacího místa (železárny a ocelárny, kogenerační elektrárny a továrny spojené s průmyslem nátěrových hmot). Tato oblast zahrnuje jak dopravu, tak průmysl.	5 - 8/2013	34,41 ± 25,2	0,11 ± 0,08	(Shao et al. 2016)
Houston, USA	Průmyslová oblast		Jarní (6, 7, 8) a zimní období (12, 1, 2) 2018	33,6	0,11	(Sadeghi et al. 2022)
Tchaj-wan, Čína	Převažující petrochemický průmysl		2014 - 2016	10,44	0,03	(Chen et al. 2019)
C'-po, Čína (DZ)	Průmyslová oblast	Průmysl organických surovin, farmaceutický průmysl a průmyslem nových materiálů a je největší výrobní základnou kyseliny chloroctové, aspirinu, ibuprofenu a ankyrinu na světě	12/2020	113,1 ± 34,94	0,37 ± 0,11	(Wang et al. 2023b)
C'-po, Čína (SS)	Průmyslová oblast	Průmysl organických surovin, farmaceutický průmysl a průmyslem nových materiálů a je největší výrobní základnou kyseliny chloroctové, aspirinu, ibuprofenu a ankyrinu na světě	12/2020	139,39 ± 74	0,45 ± 0,24	(Wang et al. 2023b)
Zóna Ostrava Hrabová sever			10 - 11/2024	288,00 ± 235,36	0,93 ± 0,76	
Zóna Ostrava Hrabová jih				111,49 ± 61,94	0,36 ± 0,20	

**Vysvětlivky:** Převzato a upraveno z Wang et al. (2023b); koncentrace VOC v jednotkách ppb uvedené v publikaci byly přepočítány podle rovnice 1.

Průměrná denní koncentrace VOC, vypočtená z hodnot naměřených na jednotlivých lokalitách, dosáhla dne 12.11. 2024 hodnoty  $0,11 \pm 0,05$  mg/m<sup>3</sup> při převládajícím směru větru ze severu a severovýchodu (**obr. 13**). Nejvyšší průměrná denní koncentrace VOC byla naměřena 21. 10. 2024, kdy dosáhla hodnoty  $0,55 \pm 0,51$  mg/m<sup>3</sup>. To představuje cca pětinasobek hodnoty z 12. 11. 2024, při převládajícím jižním a západním směru větru. Obdobná průměrná denní koncentrace VOC byla zjištěna dne 29. 10. 2024 při bezvětří a proudění větru z jihu a jihovýchodu.



**Obr. 13** Průměrné denní koncentrace VOC pro oblast průmyslové zóny a jejího okolí (8 lokalit).



Nejvíce zatíženou lokalitou z pohledu těkavých organických látek je lokalita č. 4, nacházející se v severní části průmyslové zóny Hrabová, v bezprostřední blízkosti podniků Brembo Czech s.r.o., Ormonde, Czech Print Center, D&H Manufacturing, Feve s.r.o. a Vitesco Technologies. Na měřicím bodě v jižní části průmyslové zóny (lokalita č. 3) byly průměrné koncentrace VOC ( $0,36 \pm 0,20 \text{ mg/m}^3$ ) 2,6krát nižší než na lokalitě č. 4.

Průměrné koncentrace VOC v severní části průmyslové zóny Ostrava-Hrabová ( $0,93 \pm 0,76 \text{ mg/m}^3$ ) vyšší než hodnoty naměřené v silně průmyslově zatížených oblastech Číny, jako je C'-po, Čína (SS) ( $0,45 \pm 0,24 \text{ mg/m}^3$ ) a C'-po, Čína (DZ) ( $0,37 \pm 0,11 \text{ mg/m}^3$ ) nebo Peking ( $0,31 \pm 0,51 \text{ mg/m}^3$ ), viz **tab. 7**.

### 5.3 Přijatelné úrovně VOC v ovzduší pro lidské zdraví

**Tabulka 8** uvádí stupně přijatelné úrovně TVOC v ovzduší (Tecam 2019). Koncentrace TVOC (těkavých organických látek) jsou považovány koncentrace nižší než  $0,3 \text{ mg/m}^3$ . Akceptovatelná úroveň VOC se pohybuje v rozmezí  $0,3$  až  $0,5 \text{ mg/m}^3$ . Pokud je koncentrace VOC vyšší než  $0,5 \text{ mg/m}^3$  je situace považována za významnou, znepokojivou.

**Tabulka 8** Úroveň hodnocení koncentrace TVOC (Tecam 2019).

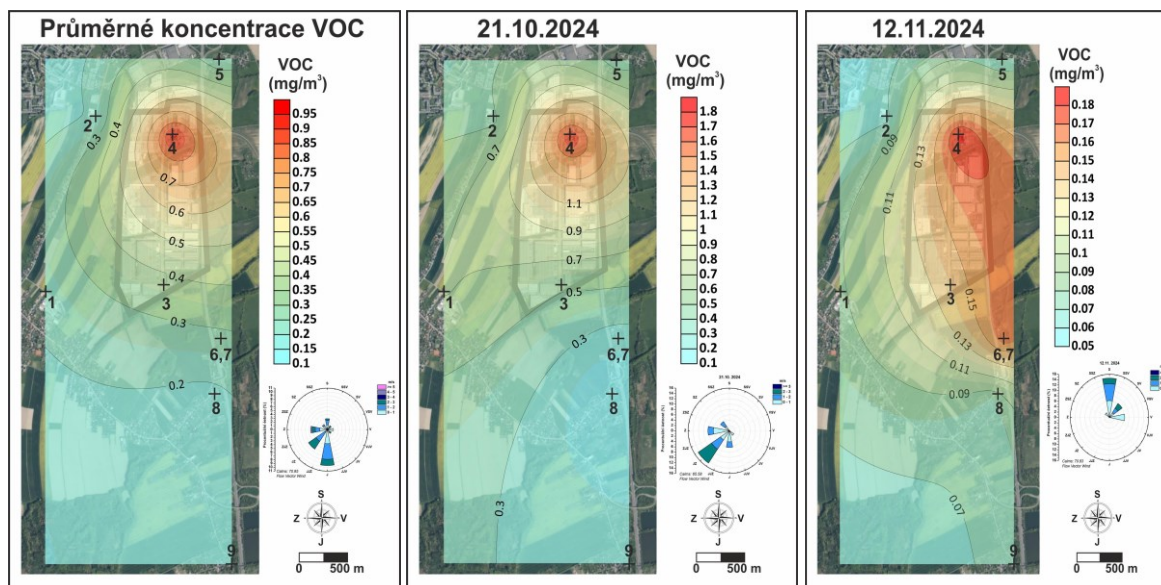
Koncentrace TVOC ( $\text{mg/m}^3$ )	Úroveň
< 0,3	Nízká
0,3 – 0,5	Akceptovatelná
0,5 – 1	Hraniční
1 – 3	Znepokojivá, neakceptovatelná

Z celkového počtu individuálních měření ( $n = 40$ ) byl pouze ve **2** případech zjištěn znepokojivý, neakceptovatelný stupeň znepokojení (**tab. 9**). V **5-ti** případech lze hovořit o **hraniční situaci**. Pro většinu měření lze stupeň znečištění VOC vyhodnotit jako nízký, koncentrace VOC byly tedy pod  $0,3 \text{ mg/m}^3$ . Přibližně 80 % měření spadá do kategorie tzv. nízkého znepokojení ( $<0,3 \text{ mg/m}^3$ ).

Měření VOC v průmyslové oblasti Ostrava-Hrabová ukázalo, že nejvyšší koncentrace VOC byly naměřeny v severní části průmyslové zóny (v oblasti lokality 4, Brembo Czech, s.r.o.), zatímco nejnižší hodnoty byly zaznamenány v oblastech s rodinnou zástavbou. Anomálie v okolí odběrového místa 4 se vyskytuje ve všech měřeních, při nízké i vysoké koncentraci VOC i pro průměrnou koncentraci ze všech provedených měření. Průměrné koncentrace v severní části průmyslové zóny Ostrava-Hrabová ( $0,93 \pm 0,76 \text{ mg/m}^3$ ) převyšují hodnoty z jiných průmyslových oblastí, například v Číně. Rozložení koncentrace VOC bylo ovlivněno směrem a rychlostí větru, přičemž nejvyšší hodnoty byly zjištěny při západním a jižním proudění vzduchu.

**Tabulka 9** Úroveň znečištění VOC pro sledovanou oblast ( $\text{mg/m}^3$ ).

	14.10.2024	21.10.2024	29.10.2024	5.11.2024	12.11.2024	Průměr
Lokalita č. 1	0,09	0,71	0,11	0,15	0,09	0,23
Lokalita č. 2	0,10	0,47	0,14	0,33	0,07	0,22
Lokalita č. 3	0,60	0,52	0,32	0,23	0,14	0,36
Lokalita č. 4	0,74	1,71	1,73	0,26	0,18	0,93
Lokalita č. 5	0,08	0,39	0,32	0,25	0,07	0,22
Lokalita č. 7	0,14	0,23	0,56	0,31	0,17	0,28
Lokalita č. 8	0,17	0,10	0,41	0,10	0,08	0,17
Lokalita č. 9	0,33	0,26	0,09	0,23	0,07	0,20



**Obr. 14** Mapy plošné distribuce VOC z analýz získaných pomocí senzorové techniky.

Rozsah anomálie okolo vzorkovacího bodu 4 je menší než 0,5 km. Pokles koncentrace VOC o polovinu se dosáhne do vzdálenosti 1 km od středu anomálie pro odběr 21.10.2024 i pro průměrnou koncentraci ze všech měření, viz **obr. 14**. Atypický je odběr ze dne 12.11.2024, který probíhal při severním proudění větru. Toto měření vykazuje velmi nízké koncentrace VOC a odlišuje se výrazným podélným prodloužením tvaru anomálie až na cca 2 km. *Mapy izolinií definují hlavní místo anomálie v okolí Brembo Czech, s.r.o., což není v souladu s informacemi uváděnými v tab. 1 ze které vyplývá, že v průmyslové zóně Hrabová byl v roce 2023 největším znečišťovatelem ve vztahu k vypouštěným VOC ITT Holdings Czech Republic.*

## 6 ZMĚNY KONCENTRACE VOC V SOUVISLOSTI S VÝŠKOU NAD POVRCHEM

Těkavé organické sloučeniny (VOC) jsou důležitou skupinou sloučenin znečišťujících ovzduší, které se uvolňují z biogenních a antropogenních zdrojů. Navzdory tomu, že biogenní VOC na celém světě představují hlavní podíl ve VOC (Guenther et al. 1995), antropogenní sloučeniny mohou dominovat v městských a průmyslových oblastech (Díez-Palet et al. 2024).

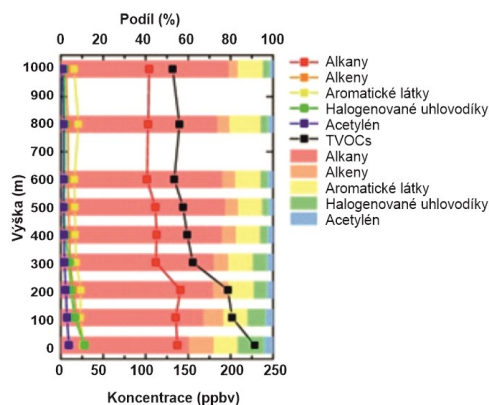
Převládající skupinou sloučenin v SVOC v Shangai byly alkyly (49,32 %–71,48 %), následované aromatickými uhlovodíky (10,70 %–21,00 %), alkeny (10,13 %–15,30 %) a alkyny (7,69 %–14,80 %) s výraznou variabilitou koncentrace denní koncentrace a vlivu víkendů (Han et al. 2023). Dominantními sloučeninami ve skupině aromátů byl: toluen, m-/p-xylen, benzen, ethylbenzen a o-xylen (BTX). Ethen, propylen a buten byly převládajícími sloučeninami ve skupině alkenů. VOC mohou být různého původu a jejich poměry lze použít k rozlišení zdrojů znečištění. Příkladem je použití poměru koncentrace toluenu a benzenu (T/B), kdy hodnoty T/B v rozmezí 0,9–2,2 odpovídají emisím z dopravy a hodnoty 0,2–0,4 odpovídají emisím ze spalování, hodnoty v rozmezí 1,4–5,8 odpovídají průmyslovým emisím a hodnoty okolo 8,8 odpovídají zvýšené koncentraci barev a rozpouštědel v imisích (Han et al. 2023). V období bez zápachu se hodnoty poměru T/B pohybovaly v rozmezí 0,14±0,02, což odpovídá emisím ze spalování biomasy, v období mimo zápchovou epizodu u odběrového místa Brembo Czech, s.r.o. se hodnota poměru pohybovala v rozmezí 3,9–6,9, což odpovídá průmyslovým emisím. *V období zápchové epizody (9.9., 19.10. a 22.10.2024) se hodnoty poměru T/B pohybovaly v rozmezí 6,70–10,54 s průměrnou hodnotou 8,68 ± 3,86, což odpovídá zvýšené koncentraci barev a rozpouštědel v ovzduší.*

Znalosti o kvalitativních a kvantitativních změnách těkavých organických sloučenin a jejich vertikálního transportu v atmosféře jsou bohužel omezené vzhledem k náročným experimentálním nastavením. Koncentrace  $\Sigma$ VOC se mění s výškou, ve výšce 1000 m nad povrchem byl zaznamenán pokles 34,8 % ve srovnání s povrchovým měřením, zatímco ve výšce 400 m došlo k poklesu koncentrace VOC pouze o 11,4 % (Wu et al. 2020). Jednotlivé skupiny organických sloučenin obsažených ve VOC se ale chovají rozdílně. Podíl alkanů v  $\Sigma$ VOC se s výškou zvyšoval, a to z 60,2 % na 79 %, zatímco podíl alkenů, halo uhlovodíků a acetylenů se snižoval o 11,8 %, 12,3 % na 4,5 %, 2,8 % a 1,8 % a podíl aromatických uhlovodíků se měnil jen velmi málo. Kromě variability koncentrace související s výškou, se u VOC projevuje také variabilita mezi denními a nočními koncentracemi.

Vertikální vývoj těkavých organických sloučenin měl odezvy na různé meteorologické podmínky. Koncentrace se snižovala pomaleji v silném konvekčním stavu než ve stabilním stavu. **Silný konvekční stav** v atmosféře je situace, kdy dochází k intenzivnímu vertikálnímu pohybu vzduchu. Tento jev může být způsoben rozdíly v teplotě a hustotě vzduchu. **Silný stabilní stav** v atmosféře je situace, kdy je vertikální pohyb vzduchu velmi omezený nebo zcela zastavený. To znamená, že vzduchové masy se výrazně nemísí, což může mít několik důsledků: inverze, tvorba mlhy nebo smogu.

Sun et al. (2018) došel k podobným výsledkům jako Wu et al. (2020). Koncentrace těkavých organických sloučenin byla nejvyšší na povrchu a postupně klesala s výškou. Alkany tvořily největší podíl v  $\Sigma$ VOC v každé výšce, postupně se zvyšovaly z povrchu (60,2 %) na 1000 m (79,0 %), viz **obr. 15**. Nárůst koncentrace může naznačovat jejich delší životnost v atmosféře ve srovnání s ostatními sloučeninami. Rovněž i Liu et al. (2023) uvádí, že nejvyšší koncentrace ve všech sledovaných výškách v  $\Sigma$ VOC vykazují alkan.

Alkeny, aromáty, halogenované uhlovodíky a acetylen se snížily o 62,7 %, 35,6 %, 42,1 % a 60,0 % z povrchu na 400 m a snížily se o 41,0 %, 6,8 %, 10,6 % a 37,8 % ze 400 m na 1000 m. Podíl aromatických uhlovodíků byl nejvyšší ve výšce 800 m, a to 14,7 %, v ostatních výškách tvořil přibližně 11 %. Isopentan, n-pentan a isobutan jsou sloučeniny s nejvyššími koncentracemi v každé výšce.



**Obr. 15** Změny koncentrace skupin organických sloučenin v závislosti na výšce (Sun et al. 2018).

Díez-Palet et al. (2024) uvádí, že pokles VOC s rostoucí nadmořskou výškou je ovlivněn také původem sloučenin obsažených ve VOC, které pocházely z průmyslových procesů a emisí z dopravy v dané oblasti. Pozemní vzorky obsahovaly čerstvě emitované znečišťující látky průmyslového původu, zatímco ve výšce 300 m byly ve VOC přítomny především starší znečišťující látky pocházející z dopravy, nebo jiných zdrojů spalování, případně byly sekundárního původu (Díez-Palet et al. 2024).

Koncentraci 40 organických sloučenin ze skupiny VOC ve Španělsku zkoumali Díez-Palet et al. (2024) v přízemní vrstvě a výšce 300 m na povrchu. Ze 40 sloučenin bylo identifikováno 11 společných

sloučenin v imisích z Ostravy Hrabové a v okolí firmy Brembo Czech s.r.o., viz **tab. 10**. U většiny sloučenin prokázali, že jejich koncentrace s výškou klesá. Výjimkou byl benzen, kde byla koncentrace v obou výškách srovnatelná. Významnost rozdílů mezi koncentracemi byla potvrzena statistickým testem ANOVA (Díez-Palet *et al.* 2024).

**Tabulka 10** Srovnání změn koncentrace vybraných sloučenin v závislosti na výšce odběru vzorku VOC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Skupina organických sloučenin	Sloučenina	Výška Ostrava			28.01.2025		Díez-Palet <i>et al.</i> (2024)	
		0 m	20 m	40 m	Brembo Czech, s.r.o.		0 m	300 m
<b>Halogenované alkany</b>	<i>Tetrachloroethylene</i>	0,951	0,247	0,085	0,026	0,029	1,24±0,62	0,35±0,15
<b>Aldehydy</b>	<i>2-Propenal/Acrolein</i>	0,138	0,085	0,102			1,19±0,43	0,56±0,10
<b>Aromatické uhlovodíky</b>	<i>Benzene</i>	5,480	7,580	6,110	0,985	0,874	0,98±0,84	0,96±0,32
	<i>Benzene, 1,2,3-trimethyl-</i>	0,032	0,180	0,028	0,172	0,17	0,17±0,14	0,06±0,03
	<i>Benzene, propyl-</i>	0,100	0,125	0,057	0,091	0,117	0,12±0,10	0,05±0,02
	<i>Benzene, tert-butyl-</i>	0,480	0,405	0,512			0,06±0,04	0,03±0,01
	<i>Ethylbenzene</i>	0,489	0,529	0,015	0,265	0,283	1,11±1,46	0,31±0,17
	<i>o-Xylene</i>	1,282	1,152	0,452			2,12±2,98	0,49±0,32
	<i>p-Xylene</i>				0,539	0,583	2,93±2,79	0,90±0,53
	<i>Styrene</i>	0,401	0,822	0,324			0,75±0,66	0,32±0,45
	<i>Toluene</i>	0,369	0,320	0,216	6,836	3,414	6,79±5,38	2,86±2,10

Průměrná koncentrace 40 sloučenin VOC v úrovni země byla  $64,61 \pm 50,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , v rozmezí od 15,34 do  $179,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . To bylo téměř třikrát více než průměrná koncentrace VOC ve výšce 300 m ( $23,23 \pm 12,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), která se pohybovala v rozmezí od 9,56 do  $43,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ze všech posuzovaných těkavých organických sloučenin mělo 22 sloučenin výrazně vyšší průměrné koncentrace na úrovni země než ve 300 m. Jednalo se především o aromatické uhlovodíky: o-, m-, p-xyleny, které souvisí se silniční dopravou, halogenované sloučeniny jako tetrachlorethylen, běžně používané v průmyslových procesech chemického čištění v automobilovém průmyslu a methyl, ethyl, propyl a butyl acetáty, které se používají jako rozpouštědla nebo nátěry v barvách (Gao *et al.* 2023b).  $\alpha$ -Pinen, který je většinou emitován povrchovou vegetací, a acetaldehyd a acrolein + aceton byly také mezi sloučeninami s vyšší koncentrací na úrovni terénu, což naznačuje lokální primární zdroj emisí. Tento rozdíl lze přičíst vertikálnímu rozptylu a ředění primárních emitovaných znečišťujících látek (Geng *et al.* 2020) a fotochemickým procesům rozkladu (He *et al.* 2017), které probíhají během transportu ze zdrojů emisí do horních částí nízké troposféry.

Statisticky nevýznamný rozdíl v koncentracích mezi oběma výškovými úrovněmi byl pozorován u většiny alkanů, isoprenu, benzenu a 1,2,4-trimethylbenzenu. Tyto sloučeniny jsou také spojovány se silniční dopravou, ale na rozdíl od xylenu a jiných alkylbenzenů mají nižší reaktivitu (Venecek *et al.* 2018), což jim po uvolnění umožňuje hromadit se ve vyšších nadmořských výškách.

V oblasti Finska byla sledována vertikální distribuce ve výšce od 50 do 400 m nad zemí pro 48 těkavých organických sloučenin ze skupiny: alkoholů, aldehydů, ketonů, organických kyselin a uhlovodíků včetně sloučenin obsahujících dusík (Pusfitasari *et al.* 2023). Překvapivě byla koncentrace VOC v plynné fázi až o  $\frac{1}{3}$  nižší než u VOC vázaných na částice v aerosolech. S pomocí časového rozlišení v rámci denního sledování koncentrace VOC uvádí Pusfitasari *et al.* (2023) jednoznačné rozdíly v distribuci VOC z různých nadmořských výšek v závislosti na zdrojích VOC. Z distribuce skupin organických sloučenin ve výšce 50 a 400 m vyplývá, že sloučeniny s obsahem dusíku jako jsou například nitrily (butan nitrile) dosahuje vyšší koncentraci ve 400 m, podobně jako amidy (obsahují funkční skupinu  $-\text{CONH}_2$ ), ale naopak aminy (obsahují funkční skupinu  $-\text{NH}_2$ ) vykazují nejvyšší koncentraci ve výšce 50 m. Vyšší koncentrace ve výšce 50 m než ve 400 m byly prokázány u alifatických uhlovodíků (alkanů+alkenů+alkynů), podobně jako aromatické uhlovodíky ze skupiny BTX (benzen, toluen, xylen). Z karboxylových kyselin také kyselina octová a mravenčí měly vyšší koncentrace ve výšce 50 m.

Karboxylové kyseliny mohou pocházet ze spalování biomasy, fosilních paliv, z dopravních a průmyslových emisí a z fotochemické oxidace prekurzorů antropogenního a biogenního původu (Mkomaa et al. 2014). Khwaja (1995) identifikoval v aerosolu sedm karboxylových kyselin (mravenčí, octová, pyruvátová, glyoxalická, oxalická, sukcinová a malonová). Karboxylové kyseliny se pohybovaly v koncentraci od 26 do 360 ng.m<sup>-3</sup>, přibližně 80% ze  $\Sigma$  karboxylových kyselin bylo vázané na částice pod 1,0  $\mu$ m (Khwaja 1995). Kyselina mravenčí a octová mají tendenci klesat s nadmořskou výškou (Mungall et al. 2018).

Naopak ketony vykazovaly vyšší koncentrace ve výšce 400 m ve srovnání s 50 m. U aldehydů není chování jednotlivých sloučenin jednotné, benzaldehyd vykazuje nejvyšší koncentrace ve výšce 50 m, zatímco hexanal ve výšce 400m. Alkoholy měly srovnatelné koncentrace v 50 m i 400 m (Pusfitasari et al. 2023).

### 6.1 Vliv proudění na koncentraci VOC ve výškovém profilu

Podobné výsledky poklesu koncentrace s rostoucí výškou 47 m, 200 m a 320 m v neutrálních podmínkách uvádí Liu et al. (2023) a také Díez-Palet et al. (2024) do výšky 300 m. S přechodem atmosférické stability z neutrální na konvektivní ke stabilní se postupně zvyšoval podíl zdrojů spalování paliv a průmyslových zdrojů (použití rozpouštědel), zatímco podíl biogenních zdrojů se postupně snižoval. Podíl spalování paliv na koncentraci VOC zůstával nezměněn. Podle výsledků klasifikace atmosférické stability bylo vertikální rozložení těkavých organických sloučenin v konvektivním a stabilním stavu jednotné, ale snižovalo se s rostoucí výškou v neutrálním stavu. Koncentrace těkavých organických sloučenin ve stabilním stavu byly vyšší než v neutrálním a konvektivním stavu. Použití rozpouštědel, spalování paliv a zdroje pozadí byly třemi hlavními zdroji těkavých organických sloučenin v rámci studia změn vertikální koncentrace. S přechodem atmosférické stability z neutrálního ke konvektivnímu a ke stabilnímu se postupně snižovaly příspěvky dálkového přenosu a zvyšovaly se lokální příspěvky spalování (Liu et al. 2023). S rostoucí výškou se zvyšoval příspěvek zdrojů pozadí, což ukazuje, že tyto emise pocházely především z dálkové dopravy. Příspěvky biogenních zdrojů, používání rozpouštědel a emisí z benzinových vozidel se snižovaly, což ukazuje, že tyto těkavé organické sloučeniny byly ovlivněny hlavně lokálními emisemi.

### 6.2 Distribuce VOC v uličních kaňonech

Uliční kaňon je poměrně úzká oblast tvořená vysokými a souvislými budovami po obou stranách městských ulic (He et al. 2017). Kvalita vzduchu v uličním kaňonu je výsledkem velmi složité konjunkce mnoha parametrů, jako jsou podmínky v kaňonu, podmínky pozadí a také fyzikální a chemické mechanismy (Voordeckers et al. 2021)

V uličních kaňonech dochází k mírnému zvýšení podílu alkanů a aromátů, zatímco podíl oxidovaných těkavých organických sloučenin a halogenovaných uhlovodíků se snižuje (Dong et al. 2024). Uliční kaňony jsou náchylnější k akumulaci VOC z rozpouštědel pro povrchovou úpravu, sloučenin emitovaných ze spalování LPG a aditiv do benzínu. Mezi různými znečišťujícími látkami existují složitá spojení, která ovlivňují jejich vznik, rozptyl a distribuci v uličním kaňonu (Lv et al. 2021). Vzhledem k různým fyzikálním vlastnostem (jako je velikost a hustota) různých znečišťujících látek, se liší i vliv proudění vzduchu a gravitace. Vzhledem k silné turbulenci a mísení je koncentrace submikronových částic (<2,5  $\mu$ m) a plynných znečišťujících látek v uličních kaňonech snížena o 80 % ve výšce 25 m; vlivem gravitace je vertikální stratifikace koncentrace větších částic zřetelnější (Chan a Kwok 2000).

Obecně platí, že v uličním kaňonu je koncentrace znečišťujících látek z dopravy na závětrné straně budovy vyšší a koncentrace na obou stranách klesají s nárůstem výšky (Tsai et al. 2005). Koncentrace ultrajemnozrnných částic a dalších znečišťujících látek z emisí vozidel v uličních kaňonech je vysoká

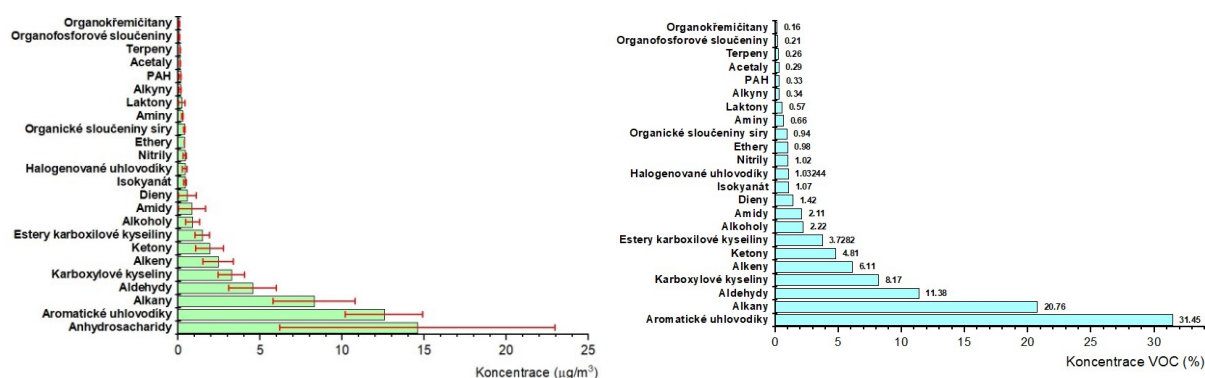


v blízkosti silnic s hustým provozem, ale vzhledem k ředění a vlivu dalších možných reakcí dosahuje koncentrace ve výšce několika set metrů úrovně atmosférického pozadí (*Karner et al. 2010*). Faktory jako intenzita dopravy, meteorologické podmínky a jejich variabilita, včetně velikost budovy ovlivní útlumový gradient.

### 6.3 Měření koncentrace VOC ve výškovém profilu – Ostrava Hrabová

Sloučeniny zachycené v sorpční trubičce Markes byly po analýze rozděleny do skupin organických sloučenin (**tab. 11**). V tabulce jsou ve sloupcích 0, 20 a 40 m uvedeny průměrné hodnoty ze tří opakovaných měření, které byly provedeny 19.01.2025 ve třech výškových zónách s časovým odstupem 1 hodina a dále 2 odběry provedené před vrátnicí firmy Brembo Czech, s.r.o. v období bez zápachu. Tyto hodnoty slouží jako pozadová koncentrace pro průmyslovou zónu v období bez zápachu. V **tab. 11** jsou zařazeny i anhydrosacharidy, které nepatří mezi VOC, ale jsou součástí SVOC (*Marynowski a Simoneit 2022*). Jsou koncentračně nejvýznamnější skupinou organických sloučenin s průměrnou hodnotou  $14,6 \pm 8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , které se vyskytují v ovzduší.

Ze zhodnocení výskytu skupin organických sloučenin vyplývá, že se ve VOC v nejvyšší koncentraci vyskytují alkaný, 60 % (*Wu et al. 2020; Liu et al. 2023*). *Han et al. (2023)* dokonce uvádí výskyt alkanů v rozmezí 49 -71,5 %. V Ostravě Hrabůvce se průměrná koncentrace alkanů v období bez výskytu zápachu pohybovala v rozmezí  $20,76 \pm 6,27$  %, což odpovídá druhé pozici až za výskytem aromatických uhlovodíků  $31,45 \pm 5,93$  % (**obr. 16**).



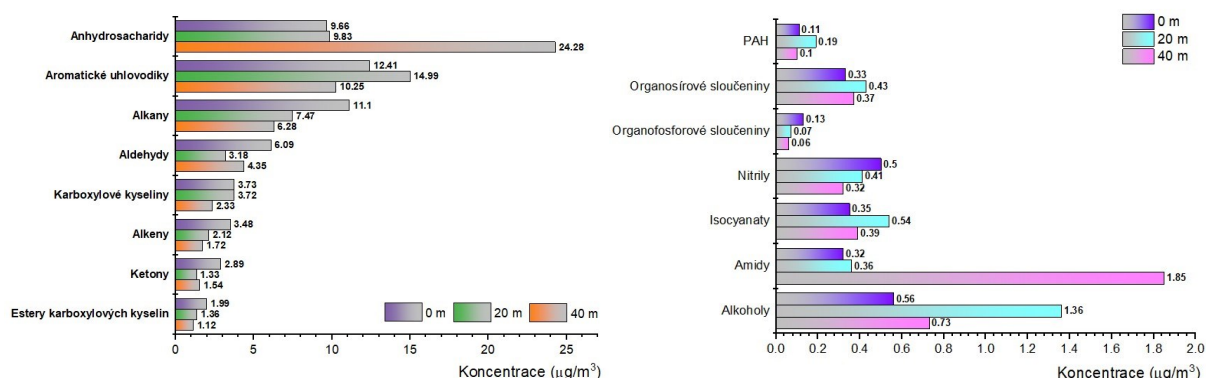
**Obr. 16** Průměrná koncentrace skupin organických sloučenin (vyjádřená součtem  $\Sigma$  sloučenin zařazených do skupiny) ve výškovém profilu, Ostrava – Hrabůvka ve dnech bez zápachu (vlevo), průměrné množství organických sloučenin obsažených ve VOC ve výškovém profilu.

Pro vyhodnocení statisticky významných rozdílů v koncentraci mezi jednotlivými výškovými úrovněmi byl zvolen přístup vyhodnocení hodnoty se součtem aritmetického průměru a směrodatné odchylky (AVG+STD). Je zřejmé, že u 7 skupin organických sloučenin je koncentrace nejvyšší v přízemní vrstvě, u 5 skupin (alkoholy, aromatické uhlovodíky, izokyanáty, organosírové sloučeniny a polyaromatické uhlovodíky = PAH) byla dosažena nejvyšší koncentrace ve výšce 20 m. A nárůst koncentrace s výškou byl zaznamenán pouze u anhydrosacharidů a amidů (**tab. 12**).

**Tabulka 11** Skupiny organických sloučenin identifikované ve výškovém odběru a před firmou Brembo Czech, s.r.o. v době, kdy nebyl výrazný zápach ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Skupina organických sloučenin	Výška (m)					Brembo 28.01.				
	0	20	40	AVG	STD	Brembo 28.01.	AVG	STD	%	
Acetaly	0,132	0,089	0,121	0,114	0,022					
Alkany	11,096	7,466	6,283	8,281	2,508	3,658	4,296	3,977	0,45	5,08
Alkeny	3,480	2,119	1,718	2,439	0,924	0,958	1,167	1,062	0,15	1,36
Alkyny	0,173	0,157	0,071	0,134	0,055					
Aldehydy	6,089	3,176	4,351	4,539	1,466	4,228	4,163	4,195	0,05	5,36
Alkoholy	0,562	1,363	0,732	0,886	0,422	0,696	1,737	1,216	0,74	1,55
Amidy	0,317	0,356	1,854	0,842	0,876	0,186	0,175	0,181	0,01	0,23
Aminy	0,208	0,275	0,300	0,261	0,047	0,117	0,120	0,118	0,00	0,15
Anhydrosacharidy	9,665	9,829	24,279	14,591	8,390	9,523	9,325	9,424	0,14	12,03
Aromatické uhlovodíky	12,411	14,987	10,250	12,549	2,372	13,509	10,068	11,789	2,43	15,05
Karboxylové kyseliny	3,733	3,720	2,327	3,260	0,808	27,045	22,723	24,884	3,06	31,77
Dieny	0,635	1,063	0,000	0,566	0,535	0,285	0,502	0,393	0,15	0,50
Estery karboxylových kyselin	1,99	1,36	1,12	1,488	0,449	1,46	0,91	1,184	0,39	1,51
Etery	0,387	0,401	0,381	0,390	0,010	0,257	0,185	0,221	0,05	0,28
Halogenované uhlovodíky	0,436	0,527	0,272	0,412	0,129	1,716	1,094	1,405	0,44	1,79
Isocyanaty	0,352	0,541	0,385	0,426	0,101					
Ketony	2,887	1,331	1,540	1,919	0,845	3,629	3,820	3,724	0,14	4,75
Lactony	0,418	0,268	0,000	0,229	0,212	0,873	0,706	0,789	0,12	1,01
Nitrily	0,499	0,406	0,316	0,407	0,092	0,126	0,047	0,086	0,06	0,11
Organofosforové sloučeniny	0,126	0,065	0,058	0,083	0,038	0,01	0,01	0,014	0,00	0,02
Organosírové sloučeniny	0,327	0,426	0,370	0,374	0,050	0,226	0,335	0,281	0,08	0,36
Organosilikony	0,067	0,088	0,042	0,065	0,023					
PAH	0,109	0,186	0,098	0,131	0,048	5,050	4,520	4,785	0,37	6,11
Polycycké uhlovodíky (cykloalkan)						0,387	0,416	0,402	0,02	0,51
Terpeny	0,09	0,11	0,12	0,105	0,019	9,35	7,05	8,200	1,63	10,47
<b><math>\Sigma</math>s anhydrosacharidy</b>	<b>56,18</b>	<b>50,30</b>	<b>56,99</b>	<b>54,491</b>	<b>3,650</b>	<b>83,30</b>	<b>73,37</b>	<b>78,333</b>		<b>100,00</b>
<b><math>\Sigma</math>bez anhydrosacharidů</b>	<b>46,52</b>	<b>40,47</b>	<b>32,71</b>	<b>39,90</b>	<b>1,75</b>	<b>73,77</b>	<b>64,05</b>	<b>68,91</b>	<b>0,84</b>	

**Vysvětlivky:** žlutá = skupina sloučenin, kde je hodnota vyšší než součet hodnoty aritmetického průměru (AVG) + standardní směrodatné odchylky (STD) s průkazným statisticky významným rozdílem mezi ostatními koncentracemi ve výškovém profilu.



**Obr. 17** Koncentrace skupin organických sloučenin ve výškovém profilu pro skupiny, kde byl potvrzen statisticky významný rozdíl.

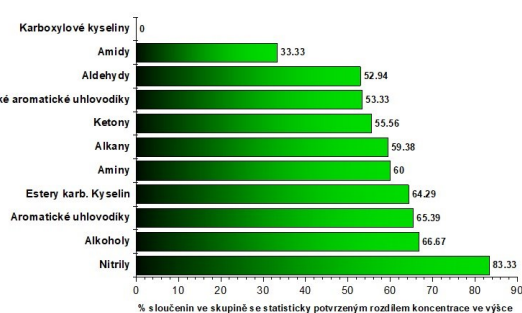
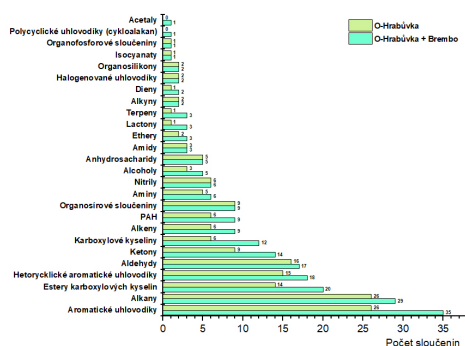
Ve skupině anhydrosacharidů se v nejvyšší koncentraci vyskytuje beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro- (levoglucosan), který významně ovlivnil vzrůst koncentrace s výškou. K jinému závěru přišli Marynowski et al. (2020), kteří sledovali v zimních měsících výskyt levoglukosanu v PM<sub>10</sub> v oblasti Slezska, Polsko. Levoglukosan je považován za významný marker pro spalování biomasy vznikající rozkladem celulózy (Simoneit et al. 1999). Výzkum provedený v posledních letech ale ukazuje, že anhydrosacharidy mohou vznikat a být vypouštěny do atmosféry při spalování uhlí, zejména lignitů (Vincenti et al. 2022). Původ levoglukosanu lze rozlišit z poměru koncentrace levoglukosan/mannosan, který se pohybuje od 5 pro spalování měkkého dřeva do 30 při spalování tvrdého dřeva, zatímco při spalování hnědého uhlí s obsahem fosilizované celulózy (tj. xylitický lignit) jsou poměry vysoké mezi 30 až 90 (Monforti-Ferrario et al. 2022). Marynowski et al. (2020) uvádí pokles koncentrace levoglukosanu s výškou. V přízemní vrstvě do 4 m naměřili 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , zatímco ve výšce 100 m, byla

koncentrace o cca 30 % nižší, 0,983 µg/m<sup>3</sup>. Koncentrace pro skupiny jednotlivých organických sloučenin, u kterých byl zjištěn statisticky významný rozdíl v koncentraci ve sledovaných výškách je uvedena na **obr.17**. Z porovnání s údaji v literatuře (**tab. 12**) vyplývá, že shoda v distribuci s výškou byla prokázána pouze u karboxylových kyselin (octová a mravenčí) a u amidů, což může být ovlivněno jednak výškovým rozdílem (literatura přízemní vrstva a pak 300 nebo 400 m) nebo skutečně rozdílným chováním jednotlivých sloučenin, tak jak to zjistil *Pusfitasari et al. (2023)* u aldehydů. V návaznosti na tyto výsledky jsme vypočetli podíl sloučenin ve skupině, které se vyznačují statisticky významným rozdílem ve sledovaných výškách (**obr. 17 vpravo**). V případě výškového odběru v Ostravě-Hrabůvce bylo prokázáno, že u 83 % sloučenin ze skupiny nitrilů byla prokázána statisticky významná stratifikace. U sloučenin ze skupiny alkanů, aminů, esterů karboxylových kyselin, aromatických uhlovodíků se statisticky významná stratifikace prokázala u 60-70 % sloučenin. U karboxylových kyselin, které jsou možným zdrojem zápachu v oblasti (**tab. 12**) nebyla prokázána žádná stratifikace (**obr. 18**).

**Tabulka 12** Srovnání chování skupin organických sloučenin ve výškových profilech získaných v rámci informací z literatury se situací v O-Hrabůvce.

Skupiny organických sloučenin	Wu et al. (2020)	Sun et al. (2018)	Díez-Palet et al. (2024)	Mungall et al. (2018)	Pusfitasari et al. (2023)	Ostrava-Hrabůvka
Acetáty			↓	↑		
Alkany	↑	↑	Shoda		↓	↓
Alkeny	↓	↓				↓
Alkiny	↓	↓				
Alkoholy					Shoda	Není trend
Aldehydy			↓		↑ ↓	Není trend
Amidy					↑	↑
Aminy					↓	
Aromatické uhlovodíky	Shoda	↓	↓		↓	Není trend
Halogenované uhlovodíky	↓	↓	↓			
Karboxylové kyseliny				↓	↓	↓
Ketony					↑	↓
Nitrily					↑	↓
Terpeny			↓			

**Vysvětlivky:** ↓ koncentrace s výškou klesá, ↑ koncentrace s výškou vzrůstá, není trend – nejvyšší koncentrace ve střední vrstvě, shoda – koncentrace se s výškou nemění.



**Obr. 18** Počet sloučenin zařazených do jednotlivých skupin organických látek pro pozadí O-Hrabůvka a vzorkovací místo Brembo Czech, s.r.o. v období s mírným zápachem (vlevo), podíl sloučenin ve skupinách se zjištěným statisticky významným rozdílem při výškovém odběru.

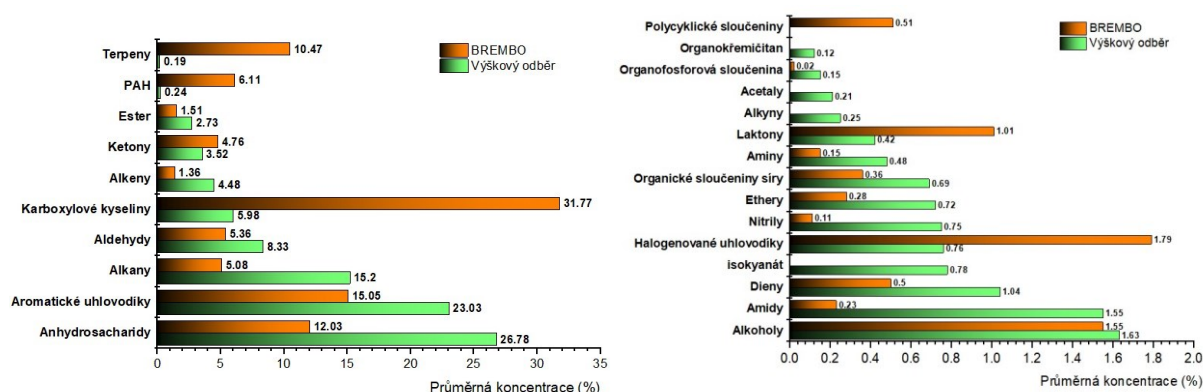


#### 6.4 Koncentrace VOC pro měření v období bez zápachu

Z **obr. 19** je zřejmé, že se v plynné fázi odebrané v lokalitě Brembo Czech, s.r.o. dne 28.01.2025 vyskytoval vyšší počet identifikovaných sloučenin než v lokalitě pozadí O-Hrabůvka (výškový odběr: obytná zóna ze dne 19.01.2025) u aromatických uhlovodíků, alkanů, esterů karboxylových kyselin, alkenů, polyaromatických uhlovodíků (PAH), aminů, alkoholů a laktonů.

Rozdíly v chemickém složení plynné fáze u výškového odběru a ve vzorcích odebraných v okolí firmy Brembo Czech, s.r.o. jsou uvedeny na **obr. 19**. Nejvýznamnější rozdíl je patrný u karboxylových kyselin, kdy byla koncentrace v plynné fázi odebrané u Brembo Czech, s.r.o. cca 5násobně vyšší, u polyaromatických uhlovodíků (PAHs), cca 25× vyšší a u terpenů až 55× vyšší. Koncentrace anhydrosacharidů, aromatických uhlovodíků, alkanů, alkenů, esterů karboxylových kyselin byla 1,5 až 3× vyšší u výškového odběru. *Odběr probíhal v období bez zápachu, a proto lze naměřené koncentrace považovat za hodnoty pozadí.* Významné rozdíly mezi koncentracemi naměřenými v rámci výškového odběru a odběru u Brembo Czech, s.r.o. lze pozorovat i u skupin sloučenin, které se vyskytují v nižším množství (do 2 %): halogenované uhlovodíky, laktony a polycyklické uhlovodíky, které jsou cca dvojnásobně vyšší ve vzorcích odebraných u firmy Brembo Czech Republic, s.r.o. *I hodnoty naměřené v okolí Brembo Czech, s.r.o. ze dne 28.01.2025 lze považovat za pozadňové hodnoty pro posouzení vlivu technologie výroby na prostředí. V době odběru nebyl problém se zápachem, bylo možné ho označit za velmi mírný.*

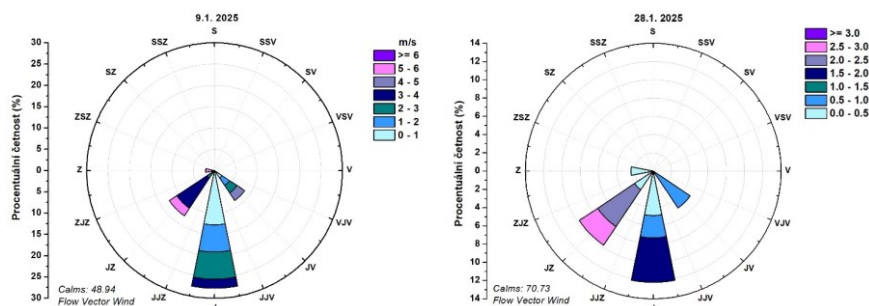
Povětrnostní podmínky při odběru vzorku pro určení pozadňové hodnoty v lokalitě O-Hrabůvka (výškový odběr) a pro v oblasti před firmou Brembo Czech, s.r.o. (**obr. 20**) byly srovnatelné, s převládajícím jižním směrem větru a nízkou rychlostí větru (do 2 m/s).



**Obr. 19** Porovnání průměrné koncentrace skupin organických sloučenin, které se vyskytovaly v rámci výškového odběru a při odběru v okolí firmy Brembo Czech, s.r.o. v období s velmi mírným zápachem – pozadňové hodnoty.

**V rámci porovnání výskytu chemických sloučenin byl použit následující postup:**

- Stanovení koncentrace reprezentující pozadňové hodnoty – jako průměr z třikrát opakovaného výškového měření dne 9.01.2025 (aktivní vzorkování).
- Stanovení koncentrace reprezentující pozadňovou hodnotu před vrátnicí firmy Brembo Czech, s.r.o. dne 28.1.2025, odběr 2 vzorků (aktivní vzorkování).
- Identifikace chemického složení emisí uvolňovaných při zahřívání brzdové destičky vyrobené firmou Brembo Czech s.r.o. při termickém rozkladu prováděném na termogavimetrickém analyzátoru (TGA) s následným odběrem emisí (aktivní vzorkování) a analýzou metodou TG-GC-MS.



**Obr. 20** *Povětrnostní podmínky při výškovém odběru vzorků (vlevo) a při odběru vzorků pro určení pozadové hodnoty u firmy Brembo Czech, s.r.o. při velmi mírném neobtěžujícím zápachu.*

Identifikace chemického složení emisí uvolňovaných při zahřívání brzdové destičky proběhla v laboratorních podmínkách s využitím analyzátoru TGA/DSC 2 (Mettler Toledo) s následnou sorpcí plynné fáze na sorpční trubici firmy MARKES, UK (s náplní Tenax/Carbograph, Bridgent, UK) s dobou zachycení 5 min, analýza proběhla za stejných podmínek jako analýza imisí s využitím TD/GC-MS Vzhledem k tomu, že jsme nezískaly žádný podpurný materiál od firem v průmyslové zóně, byl zakoupen výrobek firmy BREMBO Czech Republic, ze kterého byl připraven referenční materiál (Brake pads Brembo P28030 a P56061), **obr. 21**.



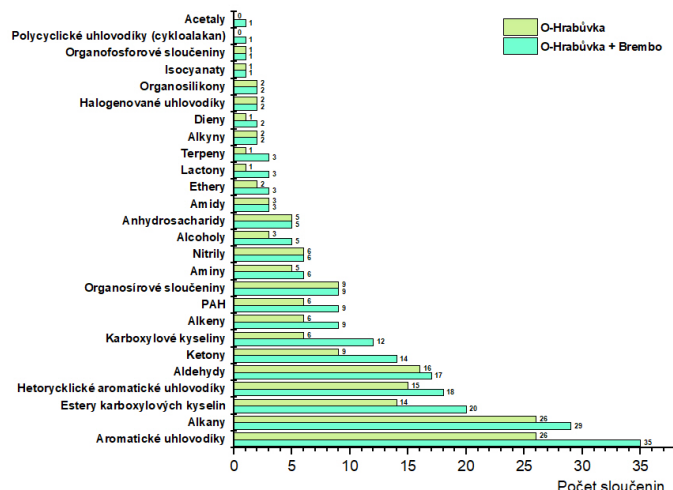
**Obr. 21** *Dokumentace Brake pads P28030 (vlevo), P56061 (vpravo) a odběr vzorku.*

Identifikované chemické sloučeniny v imisích v rámci sledování pozadové hodnoty pro Ostravu-Hrabůvku, Brembo Czech, s.r.o. a z výskytu chemických sloučenin identifikovaných v emisích ze zahřívání brzdové destičky jsou uvedeny v **příloze 2** Sloučeniny uvedené v **příloze 2** byly na základě jejich společného výskytu rozděleny do 5 skupin, viz **tab. 13**.

**Tabulka 13** *Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu.*

<b>Pozadí O-Hrabůvka</b>	Sloučeniny přítomné pouze ve výškovém odběru provedeném 9.1.2025
<b>Pozadí O-Hrabůvka +BREMBO</b>	Sloučeniny přítomné pouze ve výškovém odběru provedeném 9.1.2025 a sloučeniny identifikované při odběru 28.1. 2025 pozadové hodnoty před firmou Brembo, Czech, s.r.o. – velmi jemný neobtěžující zápach
<b>Pozadí O-Hrabůvka +BREMBO+BRZDY</b>	Sloučeniny podle předchozího popisu doplněné o sloučeniny uvolněné z brzdových destiček vlivem působení teploty
<b>Pozadí O-Hrabůvka + BRZDY</b>	Sloučeniny přítomné pouze ve výškovém odběru provedeném 9.1.2025 a sloučeniny uvolněné z brzdových destiček vlivem působení teploty
<b>Pozadí Brembo</b>	Sloučeniny přítomné při odběru 28.1. 2025 pozadové hodnoty před firmou Brembo, Czech, s.r.o. – velmi jemný neobtěžující zápach

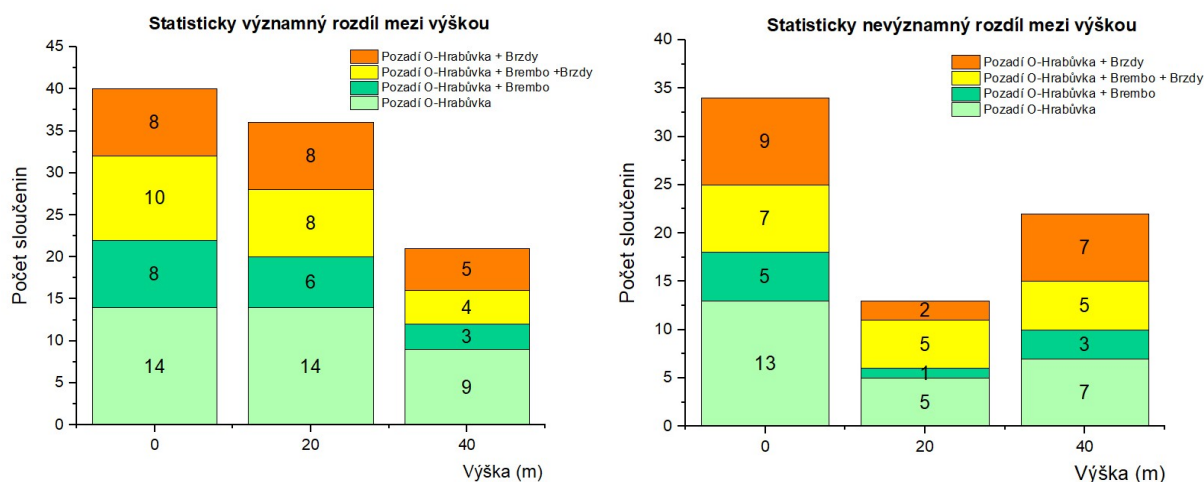
V **tabulkách 15 a,b,c** jsou uvedeny koncentrace chemických sloučenin ve výškovém profilu, které byly vzájemně porovnány a zařazeny do skupin podle nejvyšší zjištěné koncentrace pro přízemní vrstvu (0 m), výšku 20 m a výšku 40 m. Statisticky průkazná snížení koncentrace ve 40 m nebo naopak nejvyšší koncentrace v 0 m nebo 20 m byla ověřena na základě porovnání naměřené hodnoty a součtu průměrné hodnoty se standardní směrodatnou odchylkou.



**Obr. 22** Počet sloučenin v jednotlivých skupinách organických sloučenin pro požadovou oblast O-Hrabůvka a Brembo, Czech, s.r.o.

V případě, že byla naměřená hodnota vyšší, lze předpokládat že trend nárůstu koncentrace s výškou nebo poklesu koncentrace s výškou je platný.

V rámci identifikace požadových hodnot v O-Hrabové byl zjištěn výskyt 168 sloučenin (**obr. 22 a tab. 14**), po přidání sloučenin získaných v rámci sledování požadových hodnot v okolí firmy Brembo Czech, s.r.o. se počet identifikovaných sloučenin zvýšil na 218. U 97 sloučenin byla prokázána statisticky významná závislost na výšce, což odpovídá cca 45 % identifikovaných sloučenin (**obr. 23**).



**Obr. 23** Počet sloučenin, které vykazují statisticky významnou stratifikaci (vlevo), bez statisticky významné stratifikace (vpravo).

Pusfitasari et al. (2023) uvádí, že původ některých sloučenin souvisí s jejich stratifikací v ovzduší. Z tabulky 5 vyplývá, že pouze u vybraných alkanů lze prokázat jejich přednostní výskyt v přízemní vrstvě (eicosane, heptacosane, octadecane, 3-ethyl- pentane, 1,3-dimethyl- cyclohexane, ethyl-cyclohexane

a 1-ethyl-2-methyl- cyclopentane) a ve vrstvě do 20 m (dodecane, 2-methyl- octacosane). Eicosane, heptacosane, octadecane jsou součástí rostlinných vosků, případně se do ovzduší mohou uvolňovat spalováním biomasy. 1-ethyl-2-methyl- cyclopentane, ethyl-cyclohexane a 1,3-dimethyl- cyclohexane se do ovzduší uvolňují spalováním biomasy. Pouze 3-ethyl- pentane nepochází ze spalování biomasy, ale je produktem výfukových plynů nebo je uvolňován ze zemního plynu (**Příloha 2**).

Stratifikaci vykazují také anhydrosacharidy, u kterých se prokázala nejvyšší koncentrace ve vrstvě do 40 m a jejich biogenní původ. Anhydrosacharidy mohou být považovány za sloučeniny biogenního původu, neboť vznikají termickým rozkladem celulózy, což je přírodní polymer, což z nich dělá produkt biologického původu.

**Tabulka 14** Počty sloučenin vykazujících stratifikaci pro jednotlivé skupiny.

Výška	Skupina	AH	HAH	Adehydy	Akany	Amin	Amid	Ester	Keton	Organosírové sloučeniny	Alkohol	Nitril	Anhydrosacharidy
0 m	Pozadí O-Hrabová	1	1	1	7			1		1			
	Pozadí O-Hrabová +BREMBO	1	1	1	1	1	1		1	1			
	Pozadí O-Hrabová +BREMBO+BRZDY	3	1	2	1				1				
	Pozadí O-Hrabová +BRZDY	1	2	1	2			1	1				
20 m	Pozadí O-Hrabová	3			2	1		2		1		2	
	Pozadí O-Hrabová +BREMBO	2	1	1							1		
	Pozadí O-Hrabová +BREMBO+BRZDY	4	1		1	1	1			1			
	Pozadí O-Hrabová +BRZDY	2	1	1	2				1	1			
40 m	Pozadí O-Hrabová		1	1				3					2
	Pozadí O-Hrabová +BREMBO			2					1				
	Pozadí O-Hrabová +BREMBO+BRZDY		1										2
	Pozadí O-Hrabová +BRZDY			1				2				1	

**Vysvětlivky:** AH – aromatické uhlovodíky, HAH – heterocyklické aromatické uhlovodíky.

Rozdělení sloučenin do 4 skupin podle společného výskytu organických sloučenin bylo jediným možným řešením, jak sloučeniny kategorizovat podle původu. Z **přílohy 2** vyplývá, že u řady ze sloučenin, které jsou primárně biogenního původu se nachází i v emisích uvolňovaných při termickém rozkladu materiálu obsažených v brzdových destičkách.

**Tabulka 15a** Výskyt sloučenin v přízemní vrstvě v rámci výškového odběru, použitého pro určení požadových hodnot pro období bez zápachu s vyznačením sloučenin se statisticky významným rozdílem mezi přízemní vrstvou a dalšími výškami (žlutá barva). Světle hnědá barva označuje sloučeniny s nejvyšší koncentrací v přízemní vrstvě, ale bez potvrzení statisticky významného snížení koncentrace s rostoucí výškou.

Skupina organických sloučenin	Sloučenina	0 m	20 m	40 m	AVG	STD	AVG+STD	Charakter zápachu
		(µg/m³)						
AH	.alpha.-Methylstyrene	0,102	0,065	0,051	0,073	0,026	0,099	Nepříjemný, štiplavý
HAHs N	1H-Tetrazole	0,252	0,085	0,037	0,125	0,113	0,238	
AH	1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene	0,296	0,134	0,077	0,169	0,114	0,283	
Anhydrosacharid	2,3-Anhydro-d-mannosan	0,774	0,362	0,174	0,436	0,307	0,743	
AH	2,4-Di-tert-butylphenol	0,111	0,054	0,023	0,062	0,045	0,107	Ostrý, štiplavý
Nitril	2-Furancarboxitrile	0,310	0,174	0,170	0,218	0,080	0,298	
Aldehyd	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	0,483	0,252	0,165	0,300	0,165	0,464	
Ester CA	Acetic acid, butyl ester	0,879	0,384	0,087	0,450	0,400	0,850	
Keton (aromatický)	Acetophenone	0,524	0,253	0,209	0,328	0,171	0,499	
Aldehyd	Benzaldehyde, 2-hydroxy-	0,189	0,062	0,030	0,093	0,084	0,177	
AH	Benzofuran	0,314	0,196	0,088	0,199	0,113	0,313	
Ester CA	Butanoic acid, ethyl ester	0,109	0,050	0,029	0,063	0,041	0,104	
Cykloalkan	Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, cis-	1,700	0,357	0,115	0,724	0,854	1,577	
Cykloalkan	Cyclohexane, ethyl-	1,530	0,611	0,137	0,759	0,708	1,467	
Cykloalkan	Cyclopentane, 1-ethyl-2-methyl-	0,404	0,228	0,111	0,248	0,147	0,395	
Organofosforová sloučenina	Dimethylphosphinic fluoride	0,126	0,065	0,057	0,083	0,038	0,121	
Amid	Dodecanamide	0,062	0,033	0,031	0,042	0,017	0,059	
Alkan	Eicosane	0,820	0,402	0,275	0,499	0,285	0,784	
Aldehyd	Heptanal	0,111	0,101	0,095	0,102	0,008	0,110	
Aldehyd	Hexanal	0,163	0,152	0,153	0,156	0,007	0,162	
Alkan	Hexane, 2,3-dimethyl-	0,396	0,185	0,223	0,268	0,112	0,380	
AH	Mesitylene	0,131	0,041	0,066	0,079	0,047	0,126	
Keton	Methyl isobutyl ketone	0,674	0,325	0,273	0,424	0,218	0,642	
Alkan	Octanal	0,280	0,186	0,169	0,212	0,060	0,271	
Nitril	Pentadecanenitrile	0,045	0,026	0,019	0,030	0,014	0,044	
Alkan	Pentadecanoic acid	0,708	0,352	0,295	0,452	0,224	0,676	
Alkan	Pentane, 3,3-diethyl-	0,148	0,075	0,058	0,094	0,048	0,141	
Alkyn	Phenylethyne	0,018	0,009	0,006	0,011	0,006	0,017	
HAHs e S	Pyridine	0,033	0,023	0,021	0,025	0,007	0,032	Nepříjemný, štiplavý, podobně jako ryby
Organokřemíkové sloučeniny	Silanediol, dimethyl-	0,043	0,023	0,026	0,030	0,011	0,041	
Hal. alkene	Tetrachloroethylene	0,951	0,247	0,127	0,442	0,445	0,886	
HAHs O	Xanthone	0,042	0,024	0,020	0,029	0,012	0,041	
Amin	2-Propanamine	0,075	0,014	0,028	0,039	0,032	0,071	Nepříjemný, jako přepálený tuk
Aldehyd	2-Propenal	0,138	0,085	0,083	0,102	0,031	0,133	
HAHs N	2-Pyrazoline, 1-isopropyl-5-methyl-	0,044	0,016	0,020	0,027	0,015	0,042	
HAH	Furan, 2,5-dimethyl-	0,315	0,163	0,227	0,235	0,076	0,311	
Alkan	Heptacosane	0,614	0,314	0,372	0,433	0,159	0,592	
Keton	Levogluconone	0,372	0,185	0,268	0,275	0,094	0,369	
Alkan	Octadecane	0,817	0,256	0,382	0,485	0,294	0,779	
AH	p-Cresol	0,225	0,063	0,099	0,129	0,085	0,214	
Alkan	Pentane, 3-ethyl-	0,263	0,115	0,136	0,171	0,080	0,251	
Statisticky nevýznamné rozdíly								
Alken	1-Heptene	0,787	0,545	0,225	0,519	0,282	0,801	
Lacton	2(5H)-Furanone	0,418	0,268	BDL	0,343	0,106	0,450	
Keton	3-Hexanone	0,710	0,099	0,419	0,409	0,306	0,715	
HAHs O	3H-1,2,4-Triazol-3-one, 1,2-dihydro-	0,062	0,041	BDL	0,052	0,015	0,067	
Keton	3-Heptanone	0,035	0,027	BDL	0,031	0,006	0,037	
CA	Acetic acid	1,851	1,452	0,686	1,330	0,592	1,922	
PAH	Anthracene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,1,4,4,5,5,	0,040	0,036	0,026	0,034	0,007	0,041	
AH	Benzene, pentyl-	0,205	0,176	0,082	0,154	0,065	0,219	
AH	Benzene, propyl-	0,100	0,085	0,059	0,082	0,021	0,102	
Ester CA	Carbonocyanidic acid, ethyl ester	0,041	0,021	BDL	0,031	0,014	0,045	
Alken	Cyclopentene, 3-methyl-	1,069	0,721	0,970	0,920	0,179	1,099	
Alkyn	Diphenylacetylene	0,155	0,148	0,058	0,120	0,054	0,175	
HAH	Furan, 2-ethyl-	0,198	0,128	0,171	0,166	0,035	0,201	
HAH	Furan, 3-phenyl-	0,064	0,045	0,023	0,044	0,021	0,065	
Aldehyd	Furfural	0,525	0,451	0,271	0,416	0,131	0,546	
Alkan	Hexane, 2,2-dimethyl-	0,287	0,241	0,217	0,248	0,035	0,284	
Ester CA	Isopropyl myristate	0,085	0,069	0,033	0,062	0,027	0,089	
Ester CA	Methyl formate	0,623	0,541	0,371	0,512	0,129	0,640	
Alkan	Nonane	1,181	0,985	0,457	0,874	0,375	1,249	
Alkan	Octane, 2,7-dimethyl-	0,301	0,284	0,602	0,396	0,179	0,575	
AH	o-Xylene	1,282	1,152	0,658	1,031	0,329	1,360	Sladký štiplavý zápach
PAH	Phenanthrene, 1-methyl-	0,020	0,015	0,007	0,014	0,006	0,020	
Ester CA	Propanoic acid, anhydride	0,384	0,377	0,144	0,302	0,137	0,438	
Organosírové sloučeniny	Thiophene	0,066	0,042	0,062	0,057	0,013	0,070	
AH	Toluene	0,369	0,320	0,211	0,300	0,081	0,381	Nepříjemný, štiplavý
Alkan	Undecane, 3,8-dimethyl-	0,104	0,086	0,058	0,082	0,023	0,106	
Alkan	Undecane, 4,7-dimethyl-	0,058	0,045	0,079	0,061	0,017	0,078	
Alken	2-Heptene	0,426	0,411	0,689	0,509	0,156	0,665	
Acetal	2-Methoxy-1,3-dioxolane	0,132	0,089	0,196	0,139	0,054	0,193	
Amin	Azetidine	0,060	0,057	0,048	0,055	0,006	0,061	
HAH	Azulene	0,025	0,010	BDL	0,017	0,010	0,028	
AH	Benzene, 1-methyl-4-propyl-	0,026	0,021	0,034	0,027	0,007	0,034	
Ester CA	Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	0,063	0,049	0,057	0,056	0,007	0,063	
Alkan	Heneicosane	0,521	0,251	0,553	0,441	0,166	0,607	
Celkem		27,862	16,033	11,154				

**Vysvětlivky:** Barevné rozlišení ve 2. sloupci charakterizuje zařazení sloučenin do skupin podle původu. AH – aromatické uhlovodíky, HAH – heterocyklické aromatické uhlovodíky, ester CA – estery karboxylových kyselin.

**Tabulka 15b** Výskyt sloučenin ve výšce 20 m v rámci výškového odběru, použitého pro určení požadových hodnot pro období bez zápachu s vyznačením sloučenin se statisticky významným rozdílem mezi přízemní vrstvou a dalšími výškami (žlutá barva). Světle hnědá barva označuje sloučeniny s nejvyšší koncentrací v přízemní vrstvě, ale bez potvrzení statisticky významného snížení koncentrace s rostoucí výškou.

Skupina organických sloučenin	Sloučenina	0 m	20 m	40 m	AVG	STD	AVG+STD	Charakter zápachu	
				(µg/m³)					
Alken	1-Heptadecene	0,162	0,299	0,129	0,197	0,09	0,287	Štiplavý, podobný hořčici	
HAHs N	1H-Pyrazole, 4,5-dihydro-1,5-dimethyl-	0,041	0,099	0,052	0,064	0,03	0,095		
HAHs N	1H-Pyrrole, 2-methyl-	0,016	0,094	0,026	0,045	0,04	0,088		
Keton	1-Penten-3-one, 4-methyl-	0,092	0,186	0,071	0,116	0,06	0,177		
AH	2-Methoxy-4-vinylphenol	0,042	0,083	0,039	0,055	0,02	0,079		
Alkohol	2-Propen-1-ol	0,263	0,669	0,314	0,415	0,22	0,637	Štiplavý, akridinový =nepříjemný, zatuchlý	
HAH	2-Vinylfuran	0,241	0,467	0,236	0,315	0,13	0,447		
Alkohol	3-Hexanol	0,214	0,518	0,236	0,323	0,17	0,492	Štiplavý, podobně jako amoniak	
Ester CA	Acetic acid, cyano-, 2-methoxyethyl ester	0,025	0,047	0,021	0,031	0,01	0,045		
Aldehyd	Benzaldehyde, 2-methyl-	0,112	0,224	0,102	0,146	0,07	0,214		
Aldehyd	Benzaldehyde, 3-hydroxy-	0,058	0,154	0,075	0,096	0,05	0,147		
AH	Benzene	5,480	7,580	6,110	6,390	1,08	7,468		
AH	Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-	0,016	0,029	0,012	0,019	0,01	0,028		
AH	Benzene, octyl-	0,078	0,152	0,052	0,094	0,05	0,146		
Alkan	Dodecane	0,074	0,177	0,084	0,112	0,06	0,169		
Alkan	Heptadecane	0,065	0,128	0,063	0,085	0,04	0,122		
Ester CA	Hexanoic acid, methyl ester	0,012	0,030	0,015	0,019	0,01	0,028		
Amin	Methanamine, N,N-difluoro-	0,026	0,082	0,044	0,051	0,03	0,079	Štiplavý zápach	
Eter	Methyl propargyl ether	0,321	0,365	0,304	0,330	0,03	0,361		
Alkan	Octacosane, 2-methyl-	0,201	0,448	0,216	0,288	0,14	0,426	Ostrý nepříjemný	
Isokyanat	Octadecane, 1-isocyanato-	0,352	0,541	0,385	0,426	0,10	0,527		
Alkan	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	0,325	0,735	0,217	0,426	0,27	0,699		
AH	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	0,069	0,113	0,075	0,086	0,02	0,109		
AH	Phenol, 2-methoxy-	0,352	0,740	0,365	0,486	0,22	0,706		
AH	Phenol, 4-ethyl-	0,009	0,018	0,008	0,011	0,01	0,017		
PAH	Retene	0,058	0,127	0,069	0,085	0,04	0,122		
AH	Styrene	0,401	0,822	0,324	0,516	0,27	0,783		
Nitril	Tetradecanenitrile	0,056	0,094	0,047	0,066	0,02	0,091		
Organosírové sloučeniny	Thiophene, 2-methyl-	0,028	0,039	0,019	0,029	0,01	0,038		
Organosírové sloučeniny	Thiophene, 3-ethyl-	0,052	0,101	0,063	0,072	0,03	0,098	Nepříjemný, olejovitý zápach	
Organosírové sloučeniny	Thiophene, 3-methyl-	0,031	0,100	0,056	0,062	0,03	0,097		
Organokřemíkové sloučeniny	Trisiloxane, octamethyl-	0,024	0,065	0,032	0,040	0,02	0,062		
Nitril	Undecanenitrile	0,052	0,069	0,049	0,057	0,01	0,067		
Dien	2,4-Heptadiene, (E,E)-	0,635	1,063	BDL	0,849	0,30	1,152		
AH	Benzene, (2-methylpropyl)-	0,018	0,137	0,030	0,062	0,07	0,127		
AH	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0,032	0,180	0,028	0,080	0,09	0,166		
AH	Benzene, 1-propynyl-	0,024	0,082	0,028	0,045	0,03	0,077		
Statisticky nevýznamné rozdíly									
Amidy	2-Pyrrolidinone	0,019	0,021	0,017	0,019	0,00	0,021		Nepříjemný, olejovitý zápach
HAHs N	3-Methylpyridazine	0,011	0,020	0,019	0,016	0,00	0,021		
AH	Benzene, (1-methylethyl)-	0,145	0,160	0,085	0,130	0,04	0,170		
Halogenovaný uhlovodík	Difluoromethane	0,423	0,512	0,251	0,395	0,13	0,528		
AH	Ethylbenzene	0,489	0,529	0,015	0,344	0,29	0,630		
Alkan	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	0,253	0,497	0,380	0,377	0,12	0,499		
CA	Octadecanoic acid	0,589	0,624	0,326	0,513	0,16	0,676		
PAH	Phenanthrene, 1,7-dimethyl-	0,031	0,044	0,021	0,032	0,01	0,043		
Organosírové sloučeniny	Thiophene, 2-ethyl-	0,070	0,085	0,041	0,065	0,02	0,088		
Organosírové sloučeniny	Thiophene, 3,4-dimethyl-	0,028	0,042	0,052	0,041	0,01	0,052		
Alkan	Tridecane	0,052	0,070	0,035	0,052	0,02	0,070		
Keton	9H-Fluoren-9-one	0,011	0,084	BDL	0,047	0,05	0,099		
Alkan	Hexane, 3,3-dimethyl-	0,325	0,349	0,285	0,320	0,03	0,352		
Celkem		12,502	19,893	11,522					

**Vysvětlivky:** AH – aromatické uhlovodíky, HAH – heterocyklické aromatické uhlovodíky, ester CA – estery karboxylových kyselin.



**Tabulka 15c** Výskyt sloučenin ve výšce 40 m v rámci výškového odběru, použitého pro určení požadových hodnot pro období bez zápachu s vyznačením sloučenin se statisticky významným rozdílem mezi přízemní vrstvou a dalšími výškami (žlutá barva). Světle hnědá barva označuje sloučeniny s nejvyšší koncentrací v přízemní vrstvě, ale bez potvrzení statisticky významného snížení koncentrace s rostoucí výškou.

Skupina organických sloučenin	Sloučenina	0 m	20 m	40 m ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	AVG	STD	AVG+STD	Charakter zápachu
Anhydrosacharidy	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-/Levoglucosan	6,520	7,040	20,064	11,208	7,674	18,882	
Anhydrosacharidy	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	0,874	0,997	1,556	1,143	0,364	1,506	
Anhydrosacharidy	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucofuranose	1,412	1,325	2,297	1,678	0,538	2,216	
Alken	1-Nonadecene	0,085	0,096	0,255	0,145	0,095	0,241	
Anhydrosacharidy	2,3-Anhydro-d-galactosan	0,085	0,105	0,178	0,123	0,049	0,171	
Aldehyd	Benzaldehyd	0,275	0,299	0,521	0,365	0,136	0,501	
Ester CA	Benzyl benzoate	0,069	0,074	0,152	0,098	0,047	0,145	
Halogenované uhlovodíky	Bromonitromethane	0,013	0,015	0,021	0,016	0,004	0,020	Ostrý štiplavý zápach
Nitril	Butanenitrile, 2-methylene-	0,015	0,019	0,032	0,022	0,009	0,031	Slabě štiplavý zápach
Amid/laktam	Caprolactam	0,236	0,302	1,809	0,782	0,890	1,672	
Cykloalkan	Cyclohexane, 1,3,5-triphenyl-	0,010	0,022	0,064	0,032	0,028	0,060	
Aldehyd	Dodecanal	0,046	0,088	0,140	0,091	0,047	0,138	
Chlorované alkany	Hexane, 1-chloro-	0,189	0,225	0,365	0,260	0,093	0,353	
Amin	Methanamine, N-methoxy-	0,030	0,037	0,089	0,052	0,033	0,084	
Alkan	Nonanal	0,511	0,605	0,766	0,627	0,129	0,756	
Ester CA	Phthalic acid, 6-ethyl-3-octyl butyl ester	0,011	0,021	0,041	0,024	0,015	0,039	
Ester CA	Phthalic acid, di(2-propylpentyl) ester	0,008	0,018	0,201	0,076	0,109	0,184	
Ester CA	Triethyl citrate	0,016	0,018	0,044	0,026	0,016	0,042	
Ester CA	Benzoic acid, ethyl ester	0,033	0,013	0,089	0,045	0,039	0,084	
Keton	Cyclopentanone	0,069	0,032	0,122	0,074	0,045	0,119	
Alkan/terpenoid	Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-/Pristane	0,419	0,451	0,551	0,474	0,069	0,543	
Statisticky nevýznamné rozdíly								
Alkohol	1-Hexanol, 2-ethyl-	0,085	0,176	0,182	0,148	0,054	0,202	
AH	2-Isopropyl-10-methylphenanthrene	0,039	0,096	0,152	0,096	0,057	0,152	
AH	Benzene, chloro-	0,125	0,174	0,205	0,168	0,040	0,208	
AH	Benzene, tert-butyl-	0,410	0,485	0,512	0,469	0,053	0,522	
HAH	Benzoofuran, 2-methyl-	0,084	0,117	0,125	0,109	0,022	0,130	
CA	Benzoic acid	0,045	0,060	0,065	0,057	0,010	0,067	
Ester CA	Benzoic acid, methyl ester	0,014	0,034	0,040	0,029	0,014	0,043	
Nitril	Benzonitrile	0,021	0,024	0,027	0,024	0,003	0,027	
Organosírové sloučeniny	Benzothiazole	0,012	0,016	0,024	0,017	0,006	0,024	
Organosírové sloučeniny	Disulfide, dimethyl	0,008	0,068	0,018	0,031	0,032	0,063	
Terpen	D-Limonene	0,085	0,108	0,123	0,105	0,019	0,124	
Aldehyd	E-14-Hexadecenal	2,627	1,485	1,352	1,821	0,701	2,523	
Keton	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	0,015	0,011	0,023	0,016	0,006	0,023	
Alkan	Heptane, 3-methylene-	0,052	0,073	0,084	0,070	0,016	0,086	
Amin	Pyrolidine	0,018	0,065	0,074	0,052	0,030	0,082	
CA	Tetradecanoic acid	0,156	0,854	0,941	0,650	0,430	1,081	
Organosírové sloučeniny	Thiophene, 2,3-dimethyl-	0,032	0,044	0,052	0,043	0,010	0,053	
Éter (cyklický)	1,4-Dioxane	0,066	0,036	0,077	0,060	0,021	0,081	
Keton	2-Hexanone	0,385	0,130	0,412	0,309	0,156	0,465	
Aldehyd	Benzaldehyde, 4-hydroxy-	BDL	BDL	0,063	0,063		0,063	
AH	Benzene, 1-isocyanato-2-methyl-	0,021	0,019	0,023	0,021	0,002	0,023	Ostrý zápach, podobný acetonu
Aldehyd	Decanal	0,472	0,364	0,489	0,442	0,068	0,509	
Celkem		15,699	16,239	34,420				

**Vysvětlivky:** AH – aromatické uhlovodíky, HAH – heterocyklické aromatické uhlovodíky, ester CA – estery karboxylových kyselin, žlutě jsou označeny sloučeniny, u kterých byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi koncentrací ve výšce 40 m a spodních vrstvách 0 a 20 m. Hnědě jsou označeny sloučeniny s nejvyšší koncentrací ve výšce 40 m, ale statisticky neprůkaznou.

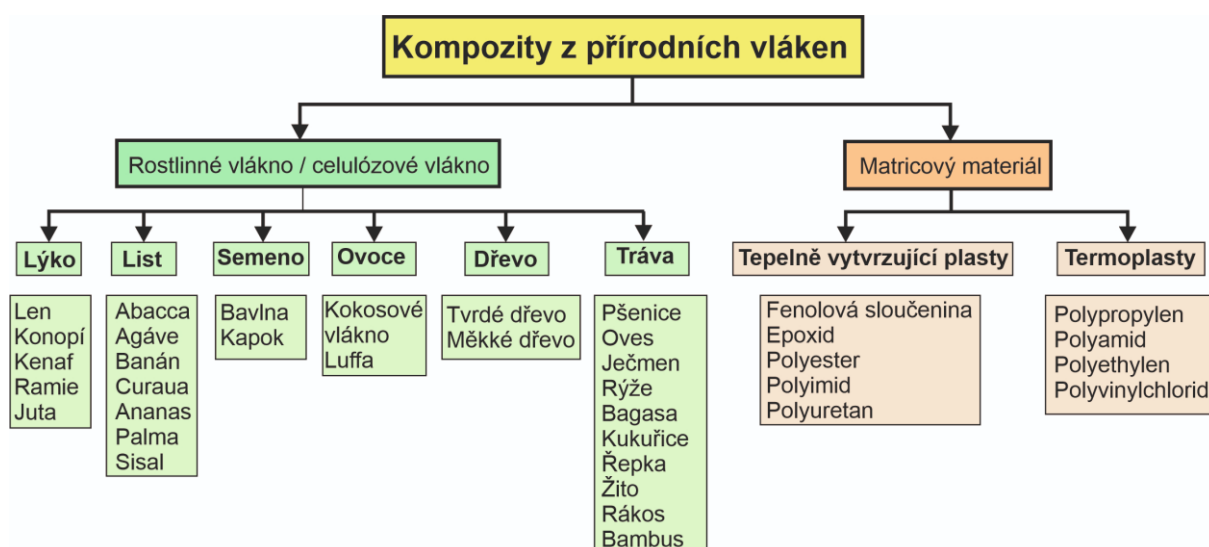
## 6.5 Příčiny zápachu – identifikace výskytu sloučenin v bez zápachové epizodě

Je známo, že zdrojem zápachu může být výroba brzdových destiček. Výrobci brzdových destiček používají přibližně 2000 různých materiálů, které mají různý vliv na konečný produkt. Brzdová destička obvykle obsahuje 10 – 20 různých komponent (Borawski 2020). K výrobě brzdových destiček se používají pojiva (až 20 %), pro které se používají především epoxidové a silikonové pryskyřice, dále aditiva (ocel, litina, ohnivzdorné oxidy, silikáty nebo křemen, se používají pro zvýšení koeficientu tření mezi brzdovou destičkou a kotoučem), plniva (cca 10 %), a brusiva. Zlepšení mechanických vlastností pojiva se provádí vyztužením vláknitým materiálem (jeden nebo více), který zvyšuje pevnost pojiva. Nejčastějšími plnivými jsou vermikulit, perlit, slídy, síran barnatý a uhlíčitan vápenatý. Maziva zlepšují odvod energie z kontaktní plochy a zabraňují přehřátí třecích elementů. Nejčastějšími mazivy jsou kovové sírany (například měď nebo cín) a grafit. Jejich mazivost závisí na obsahu v podložce (nejlepší výsledky přináší přibližně 10 % objemu) a velikosti částic maziva (Borawski 2020).

Po zákazu použití azbestu se pro pojiva začaly používat další materiály bez obsahu azbestu, a to organické nebo keramické materiály, kde je hlavní složkou organický materiál obvykle vyztužený aramidovým, skelným nebo keramickým vláknem. Tato konstrukce zajišťuje vysokou trvanlivost,

odolnost vůči vysokým teplotám, nízkou opotřebitelnost, nízkou hmotnost a tichý provoz. Vzhledem ke složitosti výrobního procesu však může být tento typ řešení velmi drahý a vzhledem k vysoké tvrdosti může být materiál křehký. Další možností je výroba ekologicky šetrného brzdového obložení, kdy se využívají rostlinné materiály, obvykle odpadní materiál získaný při výrobě např. potravin (Borawski 2020), kdy se využívají celulózová vlákna (Oluwafemi et al. 2019). Brzdové destičky s tímto typem materiálu mají různé vlastnosti, obvykle příznivé (malá hmotnost, nízké náklady, ekologicky neutrální, vysoká životnost, odolnost proti tření). Přehled fyzikálních a mechanických vlastností odpadní biomasy a jejich srovnání s původně používaným azbestem uvádí Oluwafemi et al. (2019). Zvyšující se množství mletého kokosového prášku vedlo ke snížení pevnosti a zvýšení křehkosti, podobně jako u dalších polymerních kompozitů vyrobených z ošetřených a neošetřených skořápek palmových jader (Dirisu et al. 2024).

Mezi nejčastěji používané rostlinné materiály patří: kakaové boby, skořápky z kokosových ořechů, které se díky své vláknité struktuře se používají jako náhrada azbestu v brzdových destičkách. Jejich obsah může dosáhnout až 40 % objemu třecí vrstvy (Achebe et al. 2019). Dalším možným materiálem je krunýř mořského hlemýždě známého jako brčálovitý (*periwinkle shell*). Skořápky těchto drobných živočichů jsou odpadním vedlejším produktem zpracování potravin v Africe. Kromě těchto „surovin“ se dále používají produkty z palmy, bambusu, stonky kukuřice, bagasa z cukrové třtiny, skořápky z kešu, ananas, slupky z banánů, rýžová sláma, plevy (Lawal et al. 2019). Literární rešerši z hlediska použitých materiálů pro výrobu biokompozitů uvádí Dirisu et al. (2024), viz **obr. 24**.



**Obr. 24** Možné varianty pro přípravu biokompozitů z rostlinných vláken/celulózy (Dirisu et al. 2024).

Rostlinný materiál používaný při výrobě brzdových obložení obsahuje majoritní složky: celulózu, hemicelulózu, lignin a extraktiva, jejichž poměr se liší podle druhu biomasy. Při vyšších teplotách zpracování takového materiálu, se pak do ovzduší uvolňují stejné sloučeniny jako ze spalování biomasy. To vysvětluje společný výskyt některých sloučenin průřezově ve všech 3 skupinách (**příloha 2**).

Ve všech publikacích zaměřených na vlastnosti odpadní biomasy používané při výrobě brzdových destiček jsou k dispozici pouze informace o vlastnostech otěru a dalších fyzikálních a mechanických vlastnostech. Informace o uvolňování z hlediska zápachu problematických sloučenin chybí. Pouze Aini et al. (2024) uvádí, že k částečnému uvolnění VOC z biokompozitu s obsahem kokosových vláken dochází již při teplotě do 137 °C.



K termickému rozkladu biokompozitu, kde byla použita skořápka z kokosu dochází při teplotě 250 – 400 °C (Aini et al. 2024). Rozklad biokompozitů začal již při teplotě 72 °C, kdy došlo k hmotnostnímu úbytku 5 % a následně při 137 °C došlo k dalšímu 10% úbytku. Rozklad v této první fázi (do 137) souvisel s těkavými sloučeninami obsaženými v biokompozitním vzorku (Pabón Rojas et al. 2021). Druhá fáze rozkladu nastala při teplotě 250 – 400 °C, kdy došlo k rozkladu celulózy, hemicelulózy a ligninu. Třetí fáze nastala při teplotě přibližně 400 °C v souvislosti s depolymerizací biokompozitu (Ismail et al. 2022). Hmotnost vzorku byla 20 % hmotnosti, která zůstala při teplotě 442 °C.

#### 6.5.1 Možné zdroje zápachu z termického zpracování brzdových destiček

Z tab. 43 a 44 vyplývá, že zdrojem nepříjemného zápachu mohou být z karboxylových kyselin nasycené mastné kyseliny. Ve vzorcích ovzduší byly identifikovány: butanoic acid (kyselina butanová = máselná), decanoic acid (kyselina dekanová = kyselina kaprinová), hexadecanoic acid (hexadekanová kyselina = kyselina palmitová), octadecanoic acid (kyselina oktanová = kyselina stearová). Kokosová vlákna mohou obsahovat kyselinu dekanovou (kapronovou), která se nachází v různých částech kokosu, včetně vláken (Boateng et al. 2016). Kokosový olej obsahuje až 8 % kyseliny dekanové, kyseliny myristové a palmitové a 2 % kyseliny stearové, 1 % kyseliny olejové a linoleové. Kromě mastných kyselin mohou kokosová vlákna obsahovat také squalene (triterpen), který je prekursorem sterolu (Boateng et al. 2016).

Butanoic acid (kyselina butanová = máselná) se může uvolňovat do ovzduší při spalování i jiných druhů biomasy pocházejících ze zemědělství (kukuřice, pšeničná sláma a rýžová sláma.), ale i při spalování dřeva a lesní biomasy včetně dřevní štěpky, pilin a jiného dřevního odpadu. Přítomnost nasycených mastných kyselin v olejích vyráběných ze zemědělských produktů a tím i v ostatních složkách původních zemědělských plodin potvrdila Dymińska et al. (2022). Všechny analyzované oleje (palmové, kokosové, rýžové otruby a řepkové oleje obsahují následující nasycené mastné kyseliny: máselnou (C4:0), laurovou (C12:0), myristovou (C14:0), palmitovou (C16:0), stearovou (C18:0), arachidovou (C20:0), behenovou (C22:0) a lignocerickou (C24:0). Kokosový olej obsahuje nejvyšší obsah nasycených mastných kyselin – 64,6 %. Kromě výše uvedených nasycených mastných kyselin obsahuje kokosový olej také kyseliny kapronovou (C6:0), kaprylovou (C8:0) a kaprinovou (C10:0). Obsah kyseliny laurové a myristové je v tomto oleji nejvyšší. Palmový olej obsahuje 46,10 % frakce nasycených mastných kyselin, která obsahuje především kyselinu palmitovou. Zbývající oleje obsahují malá množství nasycených olejů: 16,62% v oleji z rýžových otrub a 8,91% v řepkovém oleji (Dymińska et al. 2022).

Z literatury vyplývá, že i podlimitní koncentrace karboxylových kyselin (ODT) mohou zvýšit intenzitu jiných pachů a vůní (Cometto-Muñiz a Abraham 2010). Většina karboxylových kyselin má hodnotu ODT vysokou, v jednotkách mg/m<sup>3</sup>: formic acid – kyselina mravenčí 968 mg/m<sup>3</sup>, acetic acid (kyselina octová) 12,76 mg/m<sup>3</sup>, hexanoic acid (kyselina hexanová = kapronová) 4,75 mg/m<sup>3</sup> a octanoic acids (kyselina oktanová = kaprylová) 5,07 mg/m<sup>3</sup> (Cometto-Muñiz a Abraham 2010).

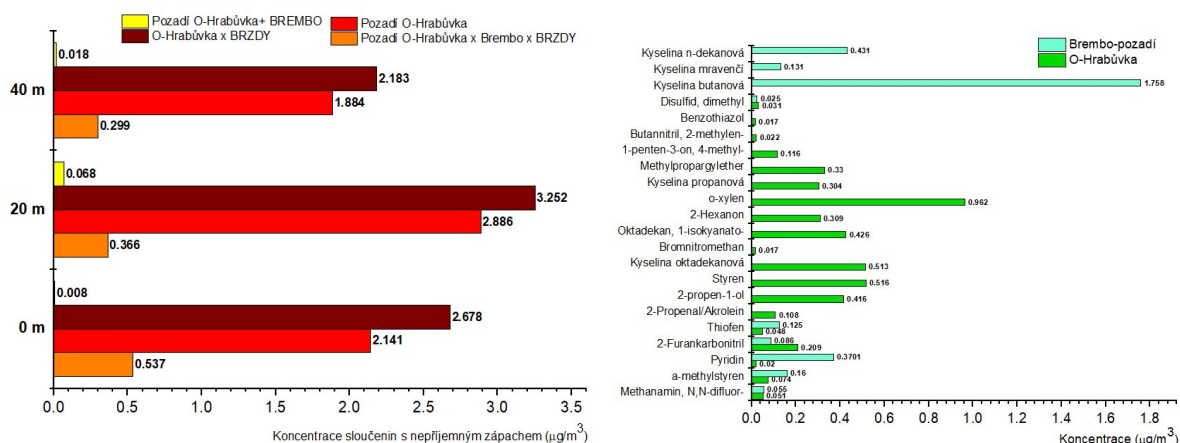
#### 6.5.2 Sloučeniny na bázi thiofenu a benzothiasolu

Také thiophene (thiofen) může být zdrojem nepříjemného zápachu. Polymery na bázi thiofenu se začaly v brzdových destičkách používat v souvislosti s náhradou azbestu (Ji a Zhang 2021). Bylo prokázáno, že začlenění polymerů na bázi thiofenu do kompozitů brzdových destiček může vést ke snížení opotřebení, zajištění stabilní třecí vlastnosti, což zajišťuje konzistentní brzdový účinek, a hlavně polymery na bázi thiofenu vykazují vysokou tepelnou stabilitu, což je zásadní pro brzdové destičky, které pracují za vysokých teplot. Kromě těchto vlastností se aromatické deriváty thiofenu používají pro jejich antikorozi vlastnosti na měkké oceli (Fernine et al. 2022).

**Benzothiazol** a jeho deriváty (souhrnně označované jako BTH) jsou široce používány v mnoha spotřebitelských (např. textilních) a průmyslových (např. pryžových) výrobcích. BTH patří k velkoobjemovým chemikáliím, které se používají například jako inhibitory koroze v nemrznoucích směsích, biocidy ve výrobě papíru a kůže, urychlovače vulkanizace při výrobě pryže, fungicidy a herbicidy, stabilizátory UV záření v textiliích a plastech, fotosenzibilizátory ve fotografii, látky určené k aromatizaci potravin a ve farmacii (Maceira et al. 2018). BTH byly zjištěny vzorcích vnitřního ovzduší. Celková koncentrace BTH v ovzduší (plynná fáze + částice) byly v rozmezí 4,36 – 2 229 ng/m<sup>3</sup> (geometrický průměr: 32,7 ng/m<sup>3</sup>) s tím, že nejvyšší koncentrace se nacházely ve vnitřním prostředí automobilů, geometrický průměr dosáhl hodnoty 148 ng/m<sup>3</sup> (Wan et al. 2016).

**Dimethylsulfid (DMS) a dimethyldisulfid (DMDS)** reprezentují redukované sloučeniny síry (RSC), které se uvolňují při procesu výroby papírenské buničiny. Výskyt DMDS v koncentraci 1,46 ± 8,03 µg/m<sup>3</sup> byl prokázán v roce 2017 a v roce 2018 0,26 ± 2,64 µg/m<sup>3</sup> v USA v oblasti Lewis-Clark Valley, kde je výroba celulózy (Scott et al. 2020). Při chemických reakcích v rámci kraft procesu vzniká různá redukováná forma sirných sloučenin včetně DMS a DMDS (Giri a Pandey 2013).

Výskyt RSC jako složky malodoru (odpudivý zápach) je výraznější v nočních hodinách, zejména v létě (Susaya et al. 2011). Pro běžné městské prostředí uvádí Susaya et al. (2011) koncentraci 0,424 – 2,47 µg/m<sup>3</sup>. Pražská hodnota detekce zápachu (odor detection threshold, ODT), což je nejnížší koncentrace určitého zápachového vjemu sloučeniny, kterou je lidský čich schopen vnímat je pro DMDS 0,932 µg/m<sup>3</sup> (Susaya et al. 2011)



**Obr.25** Koncentrace sloučenin s nepříjemným zápachem vyjádřenou sumou (vlevo), jednotlivé sloučeniny (vpravo) v období bez zápachu.

Na základě informací o charakteru zápachu získaných z databází a pomocí AI bylo vybráno 22 sloučenin (**tab. 16 a obr. 25**), které vydávají nepříjemný zápach a vyskytovaly se v ovzduší na lokalitě O-Hrabůvka (pozadí v období bez zápachu) a při odběru před firmou Brembo Czech v období bez zápachu. Pro tyto vybrané sloučeniny byly vyhledány hodnoty ODT, u řady z nich nejsou známy a u některých se hodnoty podstatně liší (**tab. 18**). Příkladem je dimethyl disulfid, kdy je v uváděna hodnota 3,01 µg/m<sup>3</sup> a Susaya et al. (2011) uvádí pro tuto sloučeninu 0,932 µg/m<sup>3</sup>. Z **tab. 16** je zřejmé, že hodnoty ODT pro sloučeniny se zápachem jsou poměrně vysoké, sloučeniny tyto koncentrace nedosahují ani ve dnech s extrémním zápachem (**tab. 18**) s výjimkou dimethyl disulfidu, který při odběru 22.10. 2024 dosáhl hodnotu ODT podle Susaya et al. (2011) a kyseliny máselné (butanoic acids). *ODT pro butanoic acid je překročena cca 4× pro imise naměřené v rámci zápachové periody u firmy Brembo Czech, je překročena i v obytné zóně a je cca dvojnásobně překročena i v rámci měření pozadových hodnot.*

**Tabulka 16** Informace o hodnotách detekce zápachu (ODT) převzaté z literatury ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	ODT	Odkaz
Methanamine, N,N-difluoro-		Není známo
.alpha.-Methylstyrene	>38,67	<a href="https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/alpha_methylstyrene_508.pdf">https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/alpha_methylstyrene_508.pdf</a>
Pyridine	67,94	<a href="https://cameochemicals.noaa.gov/chris/PRD.pdf">https://cameochemicals.noaa.gov/chris/PRD.pdf</a>
2-Furancarboxitrile		Není známo
Thiophene	1,927	<a href="https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7ce177e5274a2ae6eeb560/scho0307bmkte-e-e.pdf">https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7ce177e5274a2ae6eeb560/scho0307bmkte-e-e.pdf</a>
2-Propenal/Acrolein	45,86	<a href="https://haz-map.com/Agents/95">https://haz-map.com/Agents/95</a>
2-Propen-1-ol	1852,87	<a href="https://cameochemicals.noaa.gov/chris/ALA.pdf">https://cameochemicals.noaa.gov/chris/ALA.pdf</a>
Styrene	42,6	<a href="https://haz-map.com/Agents/32">https://haz-map.com/Agents/32</a>
Octadecanoic acid	232721	<a href="https://haz-map.com/Agents/7203">https://haz-map.com/Agents/7203</a>
Bromonitromethane		Není známo
Octadecane, 1-isocyanato-		Není známo
2-Hexanone	245,79	<a href="https://haz-map.com/Agents/145">https://haz-map.com/Agents/145</a>
o-Xylene	217,1	<a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7237">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7237</a>
Propanoic acid, anhydride		Není známo
Methyl propargyl ether		Není známo
1-Penten-3-one, 4-methyl-		Není známo
Butanenitrile, 2-methylene-		Není známo
Benzothiazole	442,34	<a href="https://haz-map.com/Agents/3866">https://haz-map.com/Agents/3866</a>
Disulfide, dimethyl	3,01	<a href="https://haz-map.com/Agents/1688">https://haz-map.com/Agents/1688</a>
Butanoic acid	0,7	<a href="https://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_3_2.pdf">https://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_3_2.pdf</a>
Formic acid	37,65	<a href="https://www.carlroth.com/downloads/sdb/en/4/SDB_4742_AU_EN.pdf">https://www.carlroth.com/downloads/sdb/en/4/SDB_4742_AU_EN.pdf</a>
n-Decanoic acid	50,02	<a href="https://haz-map.com/error.html?aspxerrorpath=/Agents/4193">https://haz-map.com/error.html?aspxerrorpath=/Agents/4193</a>

Nejvyšší index nabohacení vyjádřený jako poměr koncentrace při zápachu/bez zápachová situace – pozadí byl v okolí firmy Brembo Czech zjištěn pro dimethyl disulfid: 23, a kyselinu mravenčí: 13. Pro oblast obytné zóny to bylo u pyridinu (27), butanenitrile-2 methylene (19) a u sloučenin s obsahem síry – heterocyklický uhlovodík s obsahem síry a dusíku: benzothioazole 10 a u heterocyklického uhlovodíku: thiofenu cca 9 (**obr. 26**).

Ze sledování vlivu emisí z Bremba Czech na obytnou zónu v období zápachové epizody vyplývá, že koncentrace problematických sloučenin byla pro 2 zápachové epizody ve většině případů rozdílná. Přibližně stejná hodnota poměru byla získána pro dimethyl disulfid (**obr. 26**). Vyšší hodnoty poměru koncentrace sloučenin byly získány u odběru 19.10. 2024. Zápachové epizody se lišily povětrnostními podmínkami (**tab. 17**). V případě odběru dne 19.10. 2024 se jednalo o ustálený vzduch bez pohybu vzduchových mas, zatímco u odběru z 09.09. 2024 lze podle Beaufortovy stupnice větru 9 m/s zařadit podmínky do kategorie **stupeň 5 (čerstvý vítr)**. Hodnoty ostatních poměrů byly výrazně nižší pro 09.09.2024 v důsledku vyšší rychlosti větru.

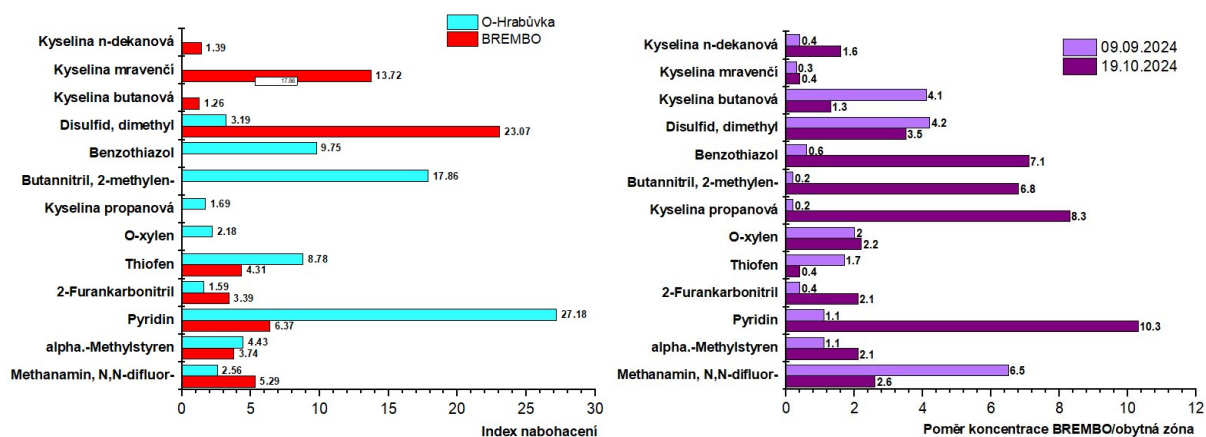
**Tabulka 17** Podmínky pro odběr vzorků v zápachové epizodě, Brembo Czech, s.r.o.

Datum odběru	Doba odběru	AVG rychlost větru (m/s)	Vítr nárazově (m/s)	Směr větru (-)	Teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)	Mobilní analyzátor VOC - AVG ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
09.09.2024	18:42 – 19:42	9	17	Jižní	18	66	194
19.10.2024	8:25 – 9:15	0,9	2	Jižní	8	44	339

**Tabulka 18** Srovnání koncentrací ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vybraných nepříjemně zapáchajících sloučenin v rámci bez zápachové periody (pozadí) a hodnot v období se zápachem měřených paralelně u firmy BREMBO Czech a v obytné zóně.

Datum odběru	09.01.2025	28.01.2025	9.9.24	19.10.24	22.10.24	9.9.24	19.10.24
Sloučenina/místo	Pozadí O-Hrabůvka	Pozadí Brembo	BREMBO Czech v období zápachu			Obytná zóna v období zápachu	
Methanamine, N,N-difluoro-	0,051	0,054	0,089	0,635	0,141	0,014	0,246
.alpha.-Methylstyrene	0,074	0,160	0,269	0,874	0,652	0,241	0,412
Pyridine	0,020	0,370	0,770	3,762	2,540	0,701	0,365
2-Furancarboxitrile	0,209	0,086	0,185	0,439	0,254	0,453	0,210
Thiophene	0,048	0,125	0,357	0,239	1,020	0,214	0,623
2-Propenal/Acrolein	0,108	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
2-Propen-1-ol	0,415	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Styrene	0,516	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Octadecanoic acid	0,513	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Bromonitromethane	0,016	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Octadecane, 1-isocyanato-	0,426	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
2-Hexanone	0,309	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
o-Xylene	0,962	BDL	1,891	7,060	8,700	0,965	3,233
Propanoic acid, anhydride	0,304	BDL	0,107	4,950	2,140	0,435	0,596
Methyl propargyl ether	0,33	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
1-Penten-3-one, 4-methyl-	0,116	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Butanenitrile, 2-methylene-	0,022	BDL	0,125	1,815	0,196	0,521	0,265
Benzothiazole	0,017	BDL	0,185	0,241	0,486	0,305	0,034
Disulfide, dimethyl	0,031	0,025	0,521	0,258	0,960	0,125	0,074
Butanoic acid	BDL	1,758	3,207	0,254	3,204	0,785	0,189
Formic acid	BDL	0,131	1,090	1,630	2,650	3,850	4,090
n-Decanoic acid	BDL	0,431	0,673	0,652	0,465	1,588	0,415

**Vysvětlivky:** žlutá - nejvyšší naměřené hodnoty, oranžová – hodnoty překračující ODT.



**Obr. 26** Index nabohacení (poměr koncentrace v období zápachu/pozadí) vlevo, poměr koncentrace při zápachu vypočtený z koncentrace naměřené při odběru před Brembo Czech a v obytné zóně během zápachu (vpravo).





**Obr. 27** Dokumentace aktivního odběru vzorku na trubičku MARKES a kontinuální měření analyzátořem VOC – Tiger. Hodnota 0,047 ppm odpovídá  $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dne 19.10.2024.



**Obr. 28** Kontinuální měření analyzátořem VOC – Tiger během hodinového odběru vzorku vzdušiny na trubičku MARKES. Hodnota 0,053 ppm odpovídá  $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a hodnota 0,026 ppm (vrátnice Brembo Czech, s.r.o.) odpovídá  $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dne 19.10.2024.

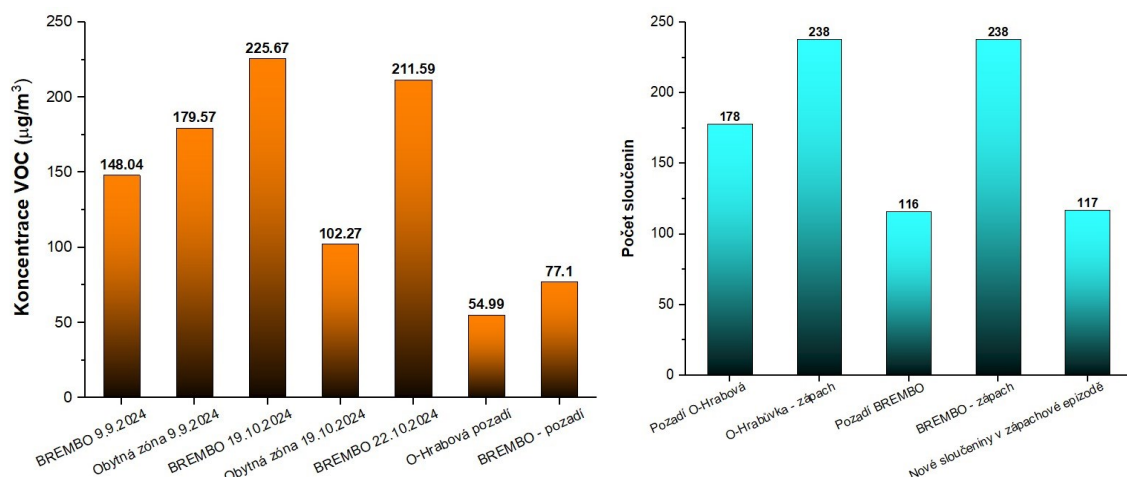
Z porovnání výsledků aktivních odběrů VOC na trubičku MARKES a výsledků z mobilního analyzátořu TIGER vyplývá rozdíl cca  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Maximální naměřená koncentrace získaná z mobilního analyzátořu byla 0,083 ppm, což odpovídá  $339 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

V období zápachu (19.10. 2024) v podmínkách ustáleného vzduchu byla koncentrace v obytné zóně cca poloviční ve srovnání s koncentrací získanou před Brembo Czech, s.r.o. Koncentrace VOC v zápachových epizodách před Brembo Czech, s.r.o. byly srovnatelné za stejných klimatických podmínek. Při zápachové epizodě 9.9.2024 s vysokou rychlostí větru byla v obytné zóně naměřena vyšší koncentrace než u volného prostranství před firmou Brembo Czech, s.r.o. (**obr. 27** a **28**). Ve srovnání s požadovou hodnotou (období bez zápachu) dochází ke dvojnásobnému až trojnásobnému zvýšení koncentrace VOC podle rozptylových podmínek (**obr. 29**). Totéž platí i pro porovnání koncentrace VOC během zápachové epizody ve srovnání s koncentracemi v období bez zápachu.

Během zápachové epizody nedochází jen ke zvýšení koncentrace jednotlivých sloučenin VOC, ale také dochází ke změně v jejich výskytu. Počet sloučenin pro oblast O-Hrabůvka se při zápachové epizodě zvýšil o 60 a pro odběry před firmou Brembo Czech, s.r.o se zvýšil o 122. Počet nově identifikovaných sloučenin při zápachové epizodě se zvýšil o 117. Z toho důvodu musela být provedena další



charakteristika těchto „nových“ sloučenin z hlediska informací o charakteru zápachu. Informace jsou uvedeny v **tab. 19**.



**Obr. 29** Koncentrace VOC z aktivních odběrů (vlevo), počet identifikovaných nových sloučenin ve srovnání s obdobím bez zápachu.

U 117 nově identifikovaných sloučenin, které se vyskytují v období zápachu vykazuje 8 ostrý pronikavý zápach. U těchto sloučenin není známo ODT. Ostrý pronikavý zápach vykazuje 1-decanamine, N-decyl-N-methyl-; 4-cyclopentene-1,3-dione; acetic acid, nitro-, methyl ester; difluoroisocyanatophosphine a 4 sloučeniny ze skupiny izokyanátů: 2,4-dimethoxyphenyl isocyanate; ethane, isocyanato- = ethyl isocyanate (ODT 290,78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); isocyanatocyclohexane; isocyanic acid. Izokyanáty jsou charakterizovány přítomností funkční skupiny  $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ . Jsou široce používány při výrobě polyuretanu. Hodnoty ODT u jiných sloučenin ze skupiny izokyanátů se pohybují v rozmezí 0,01-0,4 ppm, což odpovídá 68,79 – 2 751  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

13 sloučenin je charakterizováno nepříjemným zápachem (**tab. 19**). *Hodnota ODT je překročena benzhydrazide (benzoic acid hydrazide), a u 3 dalších sloučenin benzenethiol, ethyl isocyanide a octanoic acid* se hodnota ODT pohybuje ve stejném řádu jednotek koncentrace. U ostatních sloučenin se hodnoty naměřené koncentrace a ODT liší až 10 000x, neměly by tedy být příčinou zápachu.

**Tabulka 19** Hodnoty ODT pro sloučeniny s nepříjemným zápachem.

Skupina organických sloučenin	Sloučenina	Brembo			Obytná zóna		Charakteristika zápachu	ODT	
		9.9.24	19.10.24	22.10.24	9.9.24	19.10.24		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Alkene	2-methyl-1-pentene	0,234	0,741	0,963	0,451	0,214	Nepříjemný zápach uhlovodíků	0,100	344,10
Nitrily	3-Aminocrotononitrile	0,326	0,604	0,325	0,196	0,062	Nepříjemný, štiplavý zápach	0,020	67,12
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1,4-dichloro-	0,124	0,382	0,185	0,205	0,154	Silný, naftalínový zápach	0,100	601,33
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1-isocyano-3-methyl-	0,096	0,036	0,047	0,028	0,015	Extrémně nepříjemný zápach	0,100	479,18
Thioly	Benzene thiol	0,632	0,411	0,320	0,396	0,178	Odpudivý, pronikavý zápach připomínající česnek.	0,0003	1,35
Hydrazidy	Benzoic acid, hydrazide	1,438	0,555	0,512	0,587	0,417	Nepříjemný, zatuchlý zápach		0,500
Isokyanidy	Ethyl isocyanide	0,056	0,052	0,097	0,099	0,029	Velmi silný a nepříjemný zápach, často popisován jako „téměř přemáhající“, „hrozný“ a „extrémně stresující“.	0,0005	1,17
Karboxylové anhydridy	Methacrylic anhydride	0,059	0,251	0,204	0,087	0,051	Štiplavý zápach, kterým může být docela dráždivý pro dýchací ústrojí	NIA	
Karboxylová kyselina	Octanoic acid	0,152	0,054	0,117	0,096	0,087	Výrazný, nepříjemný zápach		0,50
Heterocyklické organické sloučen	Oxazole	0,325	0,620	0,890	0,215	0,006	Lehce nepříjemný zápach, který je často popisován jako zatuchlý nebo rybí	NIA	
Aromatické uhlovodíky	Phenol, 2-chloro-	3,550	0,102	0,132	0,510	0,019	Nepříjemný, pronikavý (karbolický) zápach	1,240	128,56
Nitrosloučeniny	Propane, 1-chloro-2-nitro-	0,021	0,029	0,040	0,036	0,013	Silný, nepříjemný zápach	NIA	
Nitrosloučeniny	Propane, 2-methyl-1-nitro-	0,032	0,016	0,013	0,012	0,015	Silný, nepříjemný zápach	1,400	5100

## 6.6 Zhodnocení výsledků

Pro sloučeniny, které byly stanoveny ve výškovém profilu v období bez zápachu a následně byly využity jako geochemické pozadí bylo zjištěno, že u většina z nich jejich koncentrace klesá s výškou. Výjimkou jsou sloučeniny ze skupiny amidů a ze skupiny SVOC anhydrosacharidy, kde koncentrace s výškou vzrůstala.

Vzhledem k tomu, že výškový odběr neproběhl v období s výskytem zápachu, nelze zjistit, jestli je skupina obyvatel, kteří bydlí ve vyšších patrech bytové zástavby postižena vyšší pachovou zátěží.

V období velmi mírného zápachu, který se vyskytoval jen v okolí firmy Brembo Czech, s.r.o. a nebyl prokazatelný v občanské zástavbě byla hodnota ODT ( $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pro butanoic acid (kyselina máselná) překročena cca dvojnásobně, během pachové epizody byla v okolí Brembo Czech, s.r.o. překročena trojnásobně a v oblasti obytné zóny byla mírně převyšena i v podmínkách, kdy panovala vysoká rychlost větru. Dimethyl disulfid (DMDS) má hodnoty ODT ( $3,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nejvyšší naměřená hodnota během zápachové epizody v oblasti Brembo Czech, s.r.o. dosáhla hodnoty cca  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což odpovídá stejnému koncentračnímu rozsahu s ODT a DMDS tak může být, jedním ze zdrojů zápachu.

V období se zápachem vzrostla koncentrace VOC v obytné zóně **dvojnásobně** ve srovnání s obdobím bez výskytu zápachu (pozadí) a v lokalitě Brembo Czech, s.r.o. vzrostla koncentrace v období pachové epizody trojnásobně ve srovnání s obdobím bez výskytu zápachu. V období s nízkým prouděním vzduchu byla v pachové epizodě v zóně se zástavbou naměřena koncentrace VOC dvojnásobně nižší než pro lokalitu Brembo Czech, s.r.o.

V období se zápachem bylo nově identifikováno dalších 117 sloučenin, z nichž 8 vykazuje ostrý pronikavý zápach a 13 sloučenin vykazuje nepříjemný zápach. Pouze u jedné sloučeniny benzyhydrazide byla překročena hodnota ODT a u dalších 3 sloučenin jsou hodnoty koncentrace blízké hodnotě ODT: benzene thiol, ethyl isocyanide a octanoic acid (kyselina kaprylová).

Lze předpokládat, že mezi nejvýznamnější sloučeniny z hlediska zápachu lze zařadit: **butanoic acid (kyselina máselná) a benzyhydrazide**, které vykazovaly překročení ODT. Mezi další potenciální sloučeniny jejich koncentrace se vyskytuje přibližně ve stejném rozsahu jako ODT patří: **dimethyl disulfid (DMDS), benzene thiol, ethyl isocyanide a octanoic acid (kyselina kaprylová)**.

Z literatury také vyplývá, že výskyt karboxylových kyselin, zvláště mastných kyselin (stearová, máselná a butyrová) zvyšuje intenzitu zápachu jiných sloučenin.

## 7 AKTIVNÍ ODBĚRY VOC

### 7.1 Unikátní sloučeniny pro polyuretane

Současně s odběry vzorků vzdušiny (venkovní ovzduší) byla provedena analýza vzorků brzdové destičky Brembo a tkanin používaných jako obložení dveří, podlah, stropů v automobilech. Vzdušina zachycená z otěru brzdové destičky obsahuje 202 sloučenin. Vzorky vzdušiny venkovního ovzduší a otěru obsahují 185 společně vyskytujících se sloučenin.

Pro vzorek ovzduší a otěru jsou charakteristické sloučeniny, které indikují polyuretanový, akrylátový lak/barvu a pryskyřici. K charakteristickým sloučeninám a interakčním/transformačním produktům patří:

- urethane (ethyl carbamate)
- sloučeniny obsahující isocyanatovou skupinu (isothiocyclohexane, isocyanatocyclohexane, 2,4-dimethoxyphenyl isocyanate, ethyl ester isothiocyanatoacetic acid, isocyanatobenzene, 1-isocyanato-2-methylbenzene, 1-isocyanato-3-methylbenzene, isocyanatoethane, ethylisocyanide, cyanogen, ethyl-4-cyanobenzoate, ethyl isocyanide, 2-isocyanato-2-methylpropane, methyl ester thiocyanic acid, 4-cyanophenyl ester o-toluic acid, isocyanic acid, carnocyanidic acid ethyl ester) a formamidy. Formamidy jsou organické sloučeniny obsahující formylovou skupinu (-CHO) navázanou na aminoskupinu (-NH<sub>2</sub>).

Isokyanáty patří mezi toxické, nepříjemně zapáchají sloučeniny, jejichž i nízké koncentrace v ovzduší jsou po vdechnutí akutně toxické (Mishra et al. 2009).

Urethane je strukturní jednotkou polyuretanového řetězce. Urethane se nachází ve vzdušnině v průmyslové zóně Ostrava Hrabová v koncentraci od 0,365 (22.10. 2024) do 0,412 µg/m<sup>3</sup> (19.10. 2024). Urethane je sloučenina se silným štiplavým zápachem. Z kyanačních agentů vzdušina obsahuje ethyl ester carbonocyanidic acid v koncentraci od 0,112 (19.10. 2024) do 0,145 µg/m<sup>3</sup> (23.10. 2024). V Hrabůvce během zápachových epizod byl urethane v koncentraci 0,032 (19.10. 2024) do 0,064 µg/m<sup>3</sup> (12.9. 2024).

Výskyt isocyanate cyclohexane a isothiocyanatocyclohexane (tab. 20) v ovzduší narůstá v důsledku jeho použití v automobilovém průmyslu (Boulter 2006) a ve stavebních materiálech (Gallego et al. 2007). Isocyanate a isothiocyanate jsou používány pro výrobu flexibilních a tuhých polyurethanových pěn, pryže, adheziv, pryskyřic a nátěrů (laky, barvy), elastomerů (Skowroń 2005). Isocyanatocyclohexane je toxická sloučenina s ostrým štiplavým zápachem. Rozsah koncentrace isocyanatocyclohexane v průmyslové zóně je v rozsahu od 4,50 (22.10.2024) do 6,80 µg/m<sup>3</sup> (19.10. 2024) s průměrnou koncentrací 5,57 ± 1,16 µg/m<sup>3</sup>. Gallego et al. (2007) uvádí pro městské části koncentrace 3,1 ± 2,60 µg/m<sup>3</sup>. Průměrné koncentrace isocyanatocyclohexane v průmyslové zóně jsou překročeny cca 1,8× ve srovnání s údaji v literatuře. Koncentrace isocyanatocyclohexane v městské části Hrabůvka jsou v rozsahu od 1,72 (6.11.2024) do 4,60 µg/m<sup>3</sup> (12.9.2024), s průměrnou hodnotou 3,46 ± 1,22 µg/m<sup>3</sup>. Koncentrace isocyanatocyclohexane v městské části Hrabůvka překračuje 0,9× koncentrace pro městské části, kterou uvádí Gallego et al. (2007).

**Tabulka 20** Sloučeniny indukující polyuretan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Obytná zóna Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2,4-Dimethoxyphenyl isocyanate	0,472	0,22	0,240	0,06	0,107	0,007					Pronikavý, dráždivý zápach	NIA	
Acetic acid, isothiocyanato-, ethyl ester	0,295	0,01	0,348	0,08	0,120	0,030					Pronikavý, dráždivý zápach	NIA	
Benzene, 1-isocyanato-2-methyl-	0,114	0,06	0,106	0,05	0,041	0,002	0,021	0,002	0,08	0,01	Pronikavý, dráždivý zápach	NIA	
Benzene, 1-isocyanato-3-methyl-	0,089	0,07	0,056	0,03	0,017	0,001					Pronikavý, dráždivý zápach	NIA	
Difluoroisocyanatophosphine	0,015	0,00	0,023	0,03	0,032	0,01					Pronikavý, dráždivý zápach	NIA	
Benzene, isocyanato-	0,030	0,03	0,026	0,02	2,787	0,36					Dráždivý zápach	0,02	97,45
Carbonocyanidic acid, ethyl ester	0,107	0,05	0,035	0,02			0,031	0,014			Jemná zvláštní vůně	NIA	
Cyanogen	0,297	0,05	0,285	0,49							Dráždivá mandlová vůně	10	21,28
Cyanopyrazine	0,281	0,37	0,219	0,26							Lehká vůně	NIA	
Ethane, isocyanato-	0,958	0,22	0,422	0,57							Pronikavý zápach	NIA	
Ethyl 4-cyanobenzoate					0,782	0,98						NIA	
Ethyl isocyanide	0,055	0,03	0,059	0,02	0,016	0,002					Velmi silný nepříjemný zápach	NIA	
Isocyanatocyclohexane	5,203	1,20	3,464	1,22	0,271	0,04					Ostrý štiplavý zápach	NIA	
Isothiocylohexane	2,283	0,33	3,867	2,73							Pronikavý a dráždivý zápach		
o-Toluic acid, 4-cyanophenyl ester	0,487	0,33	0,783	0,58									
Propane, 2-isocyanato-2-methyl-	0,124	0,08	0,174	0,14	0,668	0,05					Pronikavý zápach	NIA	
Thiocyanic acid methylester	0,231	0,08	0,664	0,81	3,899	3,21					Cibulí podobný zápach	0,01	10
Isocyanic acid	2,473	0,81	2,068	1,31	3,901	0,52					Pronikavý zápach	0,1	176,02
Urethane	0,321	0,17	0,039	0,01	7,935	5,37					Silný štiplavý zápach	0,1	0,364
1,2-Ethanediol, diformate	2,426	0,97	0,478	0,31								NIA	
1,2-Ethanediol, monoformate	0,679	0,35	0,315	0,17								NIA	
1,2-Ethanediol	0,376	0,15	0,203	0,09	1,418	0,74					Bez zápachu		
Formic acid	2,098	0,89	2,724	0,98	5,202	0,30			0,135	0,005	Silný štiplavý zápach	21	39,52
Formamide, N,N-dimethyl-	0,545	0,36	0,321	0,21	11,230	3,68					Slabý rybí zápach	0,47	1,40
Formamide, N-methyl-	0,425	0,36	0,426	0,32							Slabý rybí zápach	0,1	2,40
PYRAZINE	0,29	0,44	0,09	0,12	2,88	1,77					Štiplavý následný zápach	6	26515,20
<b>Celkem</b>	<b>20,38</b>	<b>7,19</b>	<b>17,34</b>	<b>10,50</b>	<b>38,42</b>	<b>15,31</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,21</b>	<b>0,02</b>			

**Vysvětlivky:** NIA – žádné dostupné informace. Červené písmo – hodnota se koncentrace se blíží ODT, se žlutým vyznačením ODT není dosaženo

**Isothiocyantocyclohexane** je sloučenina s pronikavým, dráždivým zápachem. Isothiocyantocyclohexane je v průmyslové zóně v rozsahu od 1,85 (22.10.2024) do 2,63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (19.10.2024). Rozsah koncentrací pro městské prostředí je 0,004 až 0,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Gallego et al. 2007) a pro průmyslové zóny 0,1-0,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vzdušina v městské části Ostrava Hrabůvka během zápachových epizod obsahuje isothiocyantocyclohexane v koncentraci 1,78 (19.10.2024) až 8,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30.9.2024). **Koncentrace isothiocylohexane jsou řádově překročeny v průmyslové zóně Hrabová a v Hrabůvce ve srovnání s koncentracemi**, které uvádí Gallego et al. (2007) pro městské ovzduší.

**Isocyanic acid** je uvolňována rozkladem polyurethanu (aceí) a během termální dekompozice fenol-formaldehydových a močovino-formaldehydových pryskyřic (Karlsson et al. 2001; Jiang et al. 2010). Isocyanic acid je sloučenina s nepříjemným pronikavým zápachem. Spalování oťeru vzorku Brembo uvolnilo průměrně  $3,90 \pm 0,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  isocyanic acid. Koncentrace isocyanic acid v ovzduší v průmyslové zóně jsou v rozsahu od 1,87 (22.10.2024) do 2,36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (23.10.2024). Během zápachových epizod koncentrace isocyanic acid v městské části Hrabůvka byla 0,632 (23.8.2024) až 3,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (9.9.2024) s průměrnou koncentrací  $2,07 \pm 1,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace isocyanic acid v městském prostředí se pohybuje cca od 0,088 do 0,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jankowski et al. 2017). Zvýšené koncentrace isocyanic acid ( $1,8\text{--}320 \text{ ppb} = 0,13\text{--}563,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ve venkovním ovzduší, byly identifikovány v průmyslových zónách s výrobou automobilů a jejich dílů, kde jsou používány různé formy polyuretanu a pryskyřic (Jankowski et al. 2017). **Koncentrace isocyanic acid zjištěné ve venkovním ovzduší v Ostravě Hrabové řádově překračují koncentrace uváděné Jankowski et al. (2017) pro městské prostředí, odpovídají rozsahu uváděnému pro průmyslové zóny. Koncentrace isocyanic acid v Ostravě Hrabůvce překračují řádově koncentrace pro městské oblasti.**

Výskyt **1,2-ethanediol monoformate**, **1,2-ethanediol diformate** indikuje přítomnost polyuretanu. Tyto sloučeniny jsou syntetizovány z alkoholů jako je 1,2-ethanediol a karboxylových kyselin jako formic acid (Sandten et al. 2024). Obě vstupní suroviny – formic acid a 1,2-ethanediol jsou přítomné ve vzdušnině (tab. 21). Koncentrace 1,2-ethanediol diformate v Ostravě Hrabová jsou

v rozsahu od 2,74 (23.10.2024) do 3,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (22.10.2024). Koncentrace 1,2-ethanediol monoformate v průmyslové zóně jsou v rozsahu od 0,70 (23.10.2024) do 0,99  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (19.10.2024). Zjištěné koncentrace 1,2-ethanediol, 1,2-ethanediol monomate, 1,2-ethanediol diformate nelze porovnat, nejsou dostupné literární údaje. V městské části Hrabůvka jsou průměrné koncentrace 1,2-ethanediol monoformate a 1,2-ethanediol diformate cca 2-5× nižší než v průmyslové zóně. **Koncentrace formic acid jsou překročeny u všech vzorků vzdušiny v průmyslové zóně i v městské části Ostrava Hrabůvka – viz text níže.**

**N-methylformamide** je používán pro výrobu methyl isocyanate, sloučeniny pro výrobu polyurethanu. N,n-methylformamide má slabý rybí zápach. V ovzduší v průmyslové zóně během zápachové epizody se n-methylformamide vyskytuje v koncentraci od 0,385 (19.10.2024) do 0,669  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (22.10.2024) s průměrnou koncentrací  $0,425 \pm 0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Odběry vzorků v zápachových epizodách v městské části Hrabůvka obsahují n-methylformamide v koncentraci od 0,029 (6.11.2024) do 0,96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (23.9.2024) s průměrnou koncentrací  $0,426 \pm 0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ve vzorcích odebraných v nezapáchajících epizodách nebyl n-methylformamide identifikován.

**N,n-dimethylformamide** je používán jako aditivum pro polyurethan, ve výrobě polyakrylu a akrylových vláken, barvení textilií, rozpouštědlo pro vinylové pryskyřice. Tato sloučenina má slabý rybí zápach. *Seo et al. (2010)* uvádí pro průmyslové zóny průměrnou koncentraci 5,95 ppb (17,81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pro nedaleká rezidenční místa 1,65 až 9,82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V otěru vzorku Brembo byla zjištěna koncentrace n,n-dimethylformamide  $11,23 \pm 3,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Wang et al. (2014)* uvádí koncentraci pro n,n-dimethylformamide pro městské ovzduší 0,037 ppb (0,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). **Průměrné koncentrace n,n-dimethylformamide v průmyslové zóně jsou cca 5× vyšší ( $0,545 \pm 0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než jsou koncentrace pro městské ovzduší (*Wang et al. 2014*). Průměrné koncentrace n,n-dimethylformamide v Hrabůvce ( $0,321 \pm 0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou překročeny cca 3× ve srovnání s údaji, které uvádí *Wang et al. (2014)*.**

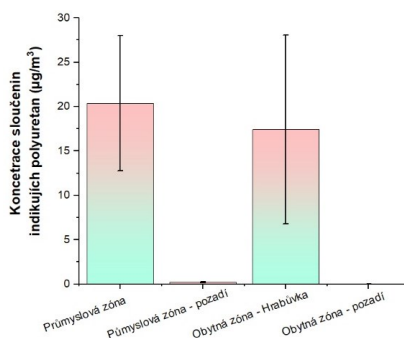
Zahřívání otěru vzorku Brembo se do emisí uvolnil i **pyrazine**. **Pyrazine** vzniká v polyuretanu teplotně-indukovaným štěpením aminů na aminoketony, které dále mohou reagovat na pyraziny. Pyrazine byl identifikován v otěru ze vzorku Brembo ( $2,88 \pm 1,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V zápachových epizodách v průmyslové zóně v Hrabové dosahuje koncentraci v rozsahu od 0,045 do 0,813  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V zápachových epizodách v obytné zóně v Ostravě Hrabůvce byl pyrazine zjištěn v koncentraci od 0,021 do 0,106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (19.10.2024). **V nezapachových epizodách pyrazine nebyl identifikován ve vzdušnině.** Neprodukuje nepříjemný zápach.

Suma koncentrace výše uvedených sloučenin indikujících polyuretan ve venkovním ovzduší v průmyslové zóně Ostrava Hrabová je během zápachových epizod od 20,2 do 22,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $21,39 \pm 1,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , **obr. 30**. V Hrabůvce se suma sloučenin indikujících polyuretan vyskytuje v rozmezí od 9,72 do 21,90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrem  $17,10 \pm 3,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Během zápachové epizody bylo identifikováno 24 sloučenin, které pochází z polyuretanu, které se vyskytovaly na odběrovém místě v průmyslové zóně (vrátnice Brembo Czech, s.r.o.) i v obytné zóně Ostrava – Hrabůvka. Průměrné hodnoty naměřených koncentrací byly pro obě oblasti srovnatelné. V období bez zápachu (požadované koncentrace byly identifikovány pouze 2 sloučeniny), koncentrace byly cca 100× nižší než v období zápachové epizody.

Pouze u 8 sloučenin je známa hodnota ODT (odor detectable threshold). U urethane se hodnota naměřená v průmyslové zóně blížila limitu ODT, u další 2 sloučenin se N,N-dimethyl- formamide a thiocyanic acid methylester se hodnota ODT a naměřené hodnoty pohybují ve stejném řádu.





**Obr. 30** Porovnání průměrných koncentrací zjištěných v období pachových epizod s pozadovými koncentracemi.

Zahřívání otěru vzorku Brembo uvolnilo další zapáchající sloučeniny jako je hexanal, octanal, nonanal, phenol, 2-ethylphenol, 2-methoxyphenol, coumarin. Tyto sloučeniny byly identifikovány také ve vzdušnině během zápachových epizod.

Nasycené aldehydy jako je [hexanal](#), [octanal](#), [nonanal](#) jsou oxidačními produkty mastných kyselin, které se používají v různých plastech a pryskyřicích jako je polypropylen, polyurethan, polyethylen jako lubrikanty (Widmer et al. 2017). V případě polyuretanů se rostlinné oleje používají jako bio-polyoly (Akindoyo et al. 2016). Octanal, nonanal voní po citrusech a hexanal má vůni jako čerstvě posekaná tráva. Sumární koncentrace výše uvedených aldehydů v průmyslové zóně během zápachové epizody jsou v rozsahu 6,80 (22.10.2024) až 10,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (23.10.2024) s průměrnou koncentrací  $8,71 \pm 1,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace výše uvedených aldehydů v městské části Hrabůvka jsou v rozsahu 0,65 (6.11.2024) až 4,08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30.9.2024) s průměrnou koncentrací  $2,49 \pm 1,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace hexanalů jsou v průmyslové zóně v rozsahu od 1,63 do 4,35 s průměrnou hodnotou  $3,45 \pm 1,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Al Mudhaf et al. (2023) uvádí průměrnou koncentraci pro hexanal v městském venkovním ovzduší 0,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace hexanalů ( $3,45 \pm 1,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), je v průmyslové zóně cca 7× vyšší než koncentrace, kterou uvádí Al Mudhaf et al. (2023). Průměrná koncentrace hexanal v městské části Hrabůvka ( $1,78 \pm 1,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou překročeny cca 2,55× ve srovnání s údaji z literatury pro městské ovzduší.

Rozsah koncentrací pro nonanal v městském prostředí uvádí De Coster et al. (2023) od 0 do 1,57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací 0,63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace nonanal v obytné zóně je během zápachové epizody ( $1,10 \pm 0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) přibližně 12× vyšší než v období bez zápachu (pozadí).

Coumarin je používán k neutralizaci nepříjemného zápachu v barvách, pryži a polymerech, dále je používán jako UV absorber v polyurethanech (Cuevas et al. 2020). Coumarin voní sladce, připomíná vůni vanilky. Coumarin je hojně používán v plastech v automobilovém průmyslu (Egan et al. 1990). VOC uvolněné z otěru vzorku Brembo obsahují coumarin v koncentraci  $2,76 \pm 0,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace coumarinu v zápachových epizodách v průmyslové zóně Hrabová jsou v rozsahu 0,018 (19.10.2024) do 0,089  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (22.10.2024), v městské části Hrabová je rozsah podobný od 0,013 do 0,102  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V období bez zápachu nebyl coumarin identifikován.

**Tabulka 21** Koncentrace aldehydů a coumarinu (benzopyrany) v ovzduší v průmyslové zóně Hrabová, v obytné zóně Hrabůvka a v otěru vzorku Brembo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Hexanal	3,450	1,21	1,758	1,07	12,11	5,55	0,139	0,03	0,219	0,07	Trávy, ovoce nebo zeleně	0,00033	1,35
Nonanal	1,101	0,72	0,368	0,35			0,594	0,18	0,761	0,14	Vosková, citrusová	0,53 ppb	3,08
Octanal	1,757	1,53	1,083	1,34	4,95	2,19	0,204	0,07	0,385	0,14	Citrusová, ovocná	0,17 ppb	0,89
Coumarin	0,042	0,04	0,061	0,04	2,76	0,81					Vanilka	0,00042	2,51
Celkem	6,351	3,507	3,269	2,800	19,822	8,555	0,937	0,280	1,365	0,350			

Hexanal, nonanal, octanal v období zápachových epizod výrazně překračují požadované hodnoty v obytné zóně O-Hrabůvka. V případě hexanalů je překročena i hodnota ODT. Jejich zvýšená koncentrace pouze indikuje možné uvolnění z polyuretanu nebo jiných plastů PP a PE.

Zapáchající **fenoly** jsou uvolňovány tepelnou degradací otěru vzorku Brembo ( $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), jsou součástí pryskyřic a nečistot ve směsi antioxidantů (Mayer a Breuer 2006) pro polyuretan. Stericky vázané fenoly se používají k ochraně polyetherů před oxidací (Clauss et al. 1997) a slouží také jako reverzibilní blokujič agenty pro aromatické isokyanáty (Nasar a Kalaimani 2016). Fenolické sloučeniny společně s bisfenoly jako je bisfenol A, bisfenol C, jsou uvolňovány také zahříváním **pryskyřic a epoxy primeru**, který je součástí brzdových komponent.

Z fenolických komponent volné ovzduší v průmyslové zóně obsahuje 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)phenol, 2-chlorophenol, 2-methoxyphenol, 5-ethenyl-2-methoxyphenol (**tab. 22**).

**Phenol** je charakteristický nasládlým dehtovitým zápachem. Koncentrace phenol v průmyslové zóně Hrabová jsou v rozsahu od  $1,32$  (22.10.2024) do  $5,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (23.10.2024) s průměrnou koncentrací  $3,20 \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace phenol, které uvádí Delhomme et al. (2010) jsou pro městské ovzduší v řádově nižším rozsahu od 25 do  $876 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Gallego et al. (2007) uvádí rozsah koncentrací pro fenol od  $0,1$ - $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zvýšené koncentrace phenol a methylphenols okolo  $9,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $13 - 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jsou uváděny pro průmyslové zóny se zpracováním dřeva a dřevotřísky (Allen a Allen 1997) a s elektrotechnickým průmyslem (Zaitseva et al. 2013). Koncentrace phenol v průmyslové zóně Ostrava Hrabová jsou  $3,3$  až  $13\times$  vyšší než koncentrace typické pro městské prostředí uváděné v literatuře. Koncentrace phenol ( $1,18 \pm 0,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v městské části Hrabůvka jsou řádově vyšší, než jsou běžné pro městské prostředí.

**Tabulka 22** Fenolické sloučeniny v ovzduší v průmyslové zóně Hrabová, v obytné zóně Hrabůvka a v otěru vzorku Brembo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Phenol	3,202	2,00	1,179	0,85	14,26	4,81						0,04	153,84
Phenol, 2-(1-methylethyl)-					16,44	0,83							
Phenol, 2-(2-methyl-2-propenyl)-					6,34	1,27							
Phenol, 2,2'-methylenbis-					16,33	3,97							
Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	0,515	0,27	0,870	0,49	17,10	3,34	0,09	0,023				0,0001	7,94
Phenol, 2-butyl-					3,20	0,02							
Phenol, 2-chloro-	0,092	0,06	1,225	1,58	8,37	0,53						0,1	525,57
Phenol, 2-ethyl-					14,94	3,69						0,002	9,99
<b>Phenol, 2-methoxy-</b>	<b>2,936</b>	<b>0,27</b>	<b>2,723</b>	<b>1,14</b>	<b>16,76</b>	<b>3,19</b>	<b>0,486</b>	<b>0,22</b>	<b>0,918</b>	<b>0,11</b>		<b>0,0005</b>	<b>2,54</b>
Phenol, 2-methyl-					23,01	0,42							
Phenol, 4-(1-methyl-1-phenylethyl)-					19,15	3,48							
Phenol, 4-(1-methylpropyl)-					21,82	2,40							
Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-					11,56	1,12							
Phenol, 4-ethyl-					2,03	1,43	0,011	0,005				0,0001	4,55
Phenol, 5-ethenyl-2-methoxy-	0,385	0,31	0,203	0,08								0,0001	6,14
2,4-Di-tert-butylphenol							0,064	0,043				0,0001	8,44
2-Methoxy-4-vinylphenol							0,055	0,025	0,168	0,004		0,0001	6,22
<b>Celkem</b>	<b>7,130</b>	<b>2,907</b>	<b>6,199</b>	<b>4,129</b>	<b>191,299</b>	<b>30,500</b>	<b>0,701</b>	<b>0,316</b>	<b>1,086</b>	<b>0,113</b>			

Koncentrace fenolických sloučenin během zápachové epizody je v průmyslové zóně  $7,13 \pm 1,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  srovnatelná s koncentrací zjištěnou pro obytnou zónu O-Hrabůvka  $6,20 \pm 0,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachové epizody jsou koncentrace cca  $10\times$  vyšší než požadové koncentrace. U 9 sloučenin je známa hodnota ODT, z toho u 2-methoxy-phenol byla hodnota ODT mírně překročena.

## 7.2 Fenol-formaldehydové a expoxidové pryskyřice

Fenol-formaldehydové pryskyřice byly ve vzorcích vzdušiny a otěru vzorku Brembo identifikovány na základě výskytu formic acid a jejich esterů (decyl ester formic acid), fenolických sloučenin (phenol, p-cresol, 2,2-methylenediphenol), hydroquinone. Z aditiv používaných pro fenol-formaldehydové pryskyřice byl v ovzduší i v otěru ( $651,74 \text{ ng/m}^3$ ) identifikován 4-tert-octylphenol (**tab. 23**). 4-tert-octylphenol (OP) se používá jako plasticizér, antioxidant a monomer pro výrobu fenol-formaldehydových pryskyřic, pryžových aditiv, barviv (*Saito et al. 2004*) a pryže. 4-tert-octylphenol má fenolický nasládlý zápach. Uvádí se, že OP je do pryskyřic přidáván ve 3-4 %, k pryži je přidáván ve formě pryskyřice až 1,5 % pro zvýšení lepivosti pryže.

V ovzduší v průmyslové zóně byl OP identifikován v rozsahu od  $31 \text{ ng/m}^3$  (23.10.2024) do  $88 \text{ ng/m}^3$  (19.10.2024), průměrná koncentrace pro zápachové epizody je  $52 \pm 30 \text{ ng/m}^3$ . Koncentrace 4-tert-octylphenol v Hrabůvce se pohybují od  $20 \text{ ng/m}^3$  (15.8.2024) do  $78 \text{ ng/m}^3$  (30.9.2024), průměrná koncentrace je  $35 \pm 20 \text{ ng/m}^3$ .

**Tabulka 23** Sloučeniny indikující fenol-formaldehydové pryskyřice ( $\mu\text{g/m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g/m}^3$ )
4-tert-Octylphenol	0,052	0,03	0,035	0,02	0,65	0,540					Fenolický zápach, sladký podobný dehtu	0,0001	8,44
Phenol	Zařazeno v tabulce 22										Pronikavý zápach Květinová vůně Mírný fenolický zápach		
Formic acid	Zařazeno v tabulce 20												
Formic acid, decyl ester	0,326	0,09	1,332	0,83	5,77	0,68			0,463	0,19		0,0001	7,62
Phenol, 2,2'-methylenebis-	Zařazeno v tabulce 22												
Hydroquinone					36,69	25,67							
<b>Celkem</b>	<b>0,378</b>	<b>0,116</b>	<b>1,367</b>	<b>0,850</b>	<b>43,11</b>	<b>26,89</b>							

Koncentrace 4-tert-octylphenol pro outdoor air v městech se pohybuje okolo  $5 \text{ ng/m}^3$  (*Saito et al. 2004*). Ve srovnání s literárními údaji byly koncentrace OP v průmyslové zóně překročeny  $6\times$  (23.10.2024) až  $18\times$  (19.10.2024). V městské části Ostrava Hrabůvka byly při zápachové epizodě koncentrace 4-tert-octylphenol překročeny  $5\times$  (15.8.2024) až cca  $16\times$  (30.9.2024). Ve vzorcích charakterizujících geochemické pozadí průmyslové zóny i obytné zóny nebyl OP identifikován.

Formic acid má pronikavý nepříjemný zápach. V otěru vzorku Brembo je koncentrace formic acid  $5,41 \pm 0,30 \mu\text{g/m}^3$ . Koncentrace formic acid během zápachových epizod v Hrabové jsou v rozsahu od  $2,65 \text{ ng/m}^3$  (22.10.2024) do  $3,02 \text{ ng/m}^3$  (23.10.2024), průměrná koncentrace pro celé zápachové období je  $2,086 \pm 0,19 \mu\text{g/m}^3$ . V městské části Hrabůvka se rozsah koncentrací pro formic acid pohybuje od  $1,09 \text{ ng/m}^3$  (10.9.24) do  $3,85 \text{ ng/m}^3$  (30.9.2024), s průměrnou hodnotou  $2,72 \pm 0,98 \mu\text{g/m}^3$ . Koncentrace formic acid uváděné pro městské ovzduší jsou v rozsahu  $0,57 - 1,70 \mu\text{g/m}^3$  (*Puxbaum et al. 1988*). Koncentrace formic acid v průmyslové zóně překračují až  $4,6\times$  (22.10.2024) koncentrace pro městské prostředí uváděné v literatuře a při srovnání s hodnotou geochemického pozadí pro bez zápachové období až  $16\times$ . V městské části Hrabůvka byla koncentrace formic acid při zápachové epizodě překročena až  $2,3\times$ .

Epoxy-pryskyřice jsou charakterizovány výskytem bisphenol A, bisphenol C, benzene, 4-ethylphenol, p-isopropylphenol, sloučeniny s obsahem 1,2-ethanediamine a phenol (**tab. 24**). Epoxy-pryskyřice jsou součástí primeru, což jsou základní nátěry nebo povlaky, které se aplikují na povrch před nanášením vrchní vrstvy barvy, laku nebo jiného povlaku (*Milczarek et al. 2009*). 70 % světové produkce phenol je používáno pro výrobu pryskyřic, cca 10 % phenol je používáno pro výrobu caprolactam (*Kulakova et al. 2020*).

V průmyslové zóně během zápachové epizody dosahovala průměrná koncentrace sloučenin pocházejících z epoxy-pryskyřic (bez phenol)  $2,63 \pm 1,37 \mu\text{g/m}^3$ . Během zápachové epizody byla

v městské části Hrabůvka průměrná koncentrace sloučenin tvořící epoxy-pryskyřice ( $2,98 \pm 1,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) srovnatelná s koncentrací v průmyslové zóně. Na celkové sumě se podílí hlavně benzen, který je uvolňován během zahřívání a termického rozkladu pryskyřic. V městské části Hrabůvka, byly v období bez zápachu zjištěny koncentrace benzene v rozsahu  $2,69 \pm 1,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Limitní koncentrace  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (podle směrnice EU 2000/69/ES) byla překročena u vzorku vzdušiny odebraného 15.8. 2024 a to cca  $2 \times (9,69 \mu\text{g}/\text{m}^3)$ . V průmyslové zóně se koncentrace bisphenol A během zápachové epizody pohybují v rozsahu od 132 do  $150 \text{ ng}/\text{m}^3$ , průměrná koncentrace  $144 \pm 10 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Během zápachové epizody v městské části Hrabůvka byla zjištěna koncentrace bisphenol A od 16 do  $69 \text{ ng}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $46 \pm 21 \text{ ng}/\text{m}^3$ . V období bez zápachu nebyl zjištěn výskyt těchto sloučenin v ovzduší.

**Tabulka 24** Organické sloučeniny indukující epoxy pryskyřice ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	SMODCH	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Bisphenol A	0,144	0,01	0,046	0,02	0,70	0,10					Mírný fenolický zápach	0,0001	9,340
Bisphenol C	0,042	0,02	0,051	0,02	0,29	0,03					Mírný fenolický zápach	0,0001	9,340
Phenol, 4-ethyl-					11,56	1,43					Mírný fenolický zápach		
p-Cumenol					44,94	48,85					Dřevitá mírně kořeněná vůně		
Benzene	2,450	1,32	2,560	2,90	25,51	13,93	2,69	1,08	0,93	0,08	Sladká vůně	0,470	1501,0
Phenol					Zařazen v tabulce 18						Fenolický zápach, sladký podobný dehtu		
1,2-Ethanediamine, N-(phenylmethyl)-			0,325		5,59	1,19					Vůně podobná čpavku		
<b>Celkem</b>	<b>2,636</b>	<b>1,347</b>	<b>2,982</b>	<b>1,663</b>	<b>88,586</b>		<b>2,69</b>	<b>1,08</b>	<b>0,93</b>	<b>0,08</b>			

Koncentrace bisphenol A v městském prostředí jsou v rozsahu od 0,01 do  $1,4 \text{ ng}/\text{m}^3$  (Sangiorgi et al. 2013; Cecinato et al. 2017). V blízkosti průmyslových míst s výrobou barev, laků, výrobou kompozitních materiálů, elektrotechniky je bisfenol A v rozsahu  $6,92 \text{ ng}/\text{m}^3$  (Morin et al. 2015) až  $11\,310 \text{ ng}/\text{m}^3$  (Henala et al. 2017).

Během zápachové epizody Koncentrace bisphenol A ve vzdušnině v Ostravě Hrabové řádově překračují koncentrace pro městské ovzduší a odpovídají rozsahu uváděnému pro průmyslové zóny. Současné koncentrace bisfenol A v Hrabůvce řádově překračuje koncentrace pro městské ovzduší.

### 7.3 Epoxi-barvy

Epoxidové barvy se používají při výrobě brzd, zejména pro nátěry brzdových třmenů a dalších kovových částí brzdového systému. Epoxidové barvy poskytují vynikající ochranu proti korozi, chemikáliím a mechanickému opotřebení, což je důležité pro dlouhou životnost a spolehlivost brzdových komponentů.

Výskyt fluorem modifikovaných sloučenin s aminy a silikony v ovzduší (např. n,n-difluoromethanamine) indikuje přítomnost fragmentů uvolněných z epoxy barev (Du et al. 2014). Výskyt fluoru a fosforu v organických sloučeninách (fluoronitromethane, difluoroisocyanatophosphine, dimethylphosphonic fluoride) indikuje také polyurethanové barvy, které mohou být modifikovány fluoro-organickými sloučeninami (Du et al. 2014). K transformačním produktům patří fluoronitromethane, difluoromethane. Všechny fluorované organické sloučeniny identifikované v ovzduší během zápachových epizod v Hrabové a Hrabůvce (tab. 25) s výjimkou difluoroisocyanatophosphine byly přítomné ve vzorku Brembo. Všechny organické sloučeniny fluoru s výjimkou difluoromethane mají silný dráždivý zápach. Průměrné koncentrace fluorovaných organických sloučenin během zápachových epizod jsou cca o  $2,5 \times$  vyšší v Hrabové ( $0,468 \pm 0,196 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v městské části Hrabůvka ( $0,185 \pm 0,032 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V období bez zápachu je v městské zástavbě O-Hrabůvka sumární koncentrace fluorovaných organických sloučenin ( $0,173 \pm 0,023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) srovnatelná s hodnotami zjištěnými během zápachové epizody. V průmyslové zóně byla v období zápachové epizody naměřena cca  $7 \times$  vyšší koncentrace než v období bez zápachu.

**Tabulka 25** Průměrné koncentrace fluorovaných sloučenin v epoxy a polyuretanových barvách ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
*Difluoroisocyanatophosphine	0,015	0,005	0,023	0,026			0,032	0,01			Pronikavý a dráždivý zápach	NIA	
Dimethylphosphinic fluoride	0,020	0,006	0,026	0,014	0,74	3,51	0,083	0,04	0,01	0,001	Silný dráždivý zápach	NIA	
Methanamine, N,N-difluoro-	0,409	0,250	0,089	0,073	5,68	3,66	0,051	0,03	0,054	0,003	Silný dráždivý zápach	NIA	
Methane, fluorotrinitro-	0,004	0,001	0,006	0,003	7,65	2,85					Silný dráždivý zápach	NIA	
Difluoromethane	0,019	0,009	0,042	0,028	11,07	3,51	0,040	0,033			Bez zápachu	0,100	212,8
<b>Celkem</b>	<b>0,468</b>	<b>0,198</b>	<b>0,185</b>	<b>0,032</b>	<b>13,53</b>	<b>4,67</b>	<b>0,173</b>	<b>0,023</b>	<b>0,068</b>	<b>0,029</b>			

## 7.4 Chlorované sloučeniny

Chlorované organické sloučeniny jako je tetrachlorethylene, chlorobenzene, trichlorethylene, 1,4-dichlorobenzene, chlorethane (ethyl chloride) jsou uvolňovány zahříváním primeru (Du et al. 2014). Tetrachlorethylene, trichlorethylene a chlorethane mají sladkou éterickou vůni. Sumární koncentrace chlorovaných uhlovodíků v průmyslové zóně Ostrava Hrabová během zápachové epizody (tab. 26) jsou v rozsahu od 0,54 do 1,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (průměrná hodnota  $0,71 \pm 0,081 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) odpovídá koncentraci, kterou uvádí Du et al. (2014) pro tyto sloučeniny v primeru. V zápachových epizodách v obytné zóně O-Hrabůvka se chlorované sloučeniny vyskytují v rozmezí od 0,395 do 1,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,863 \pm 0,115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V období bez zápachu nebyl trichlorethylene a benzen, 1,4-dichloro zjištěn.

**Tabulka 26** Chlorované sloučeniny ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Benzene, chloro-	0,206	0,16	0,383	0,32	1,31	0,8	0,168	0,04			Aromatická vůně podobná mandlím	0,1	460,44
Chloroethane					0,90	0,46					Slabá sladká, éterická vůně	4,2	10548
Trichloroethylene	0,199	0,01	0,173	0,07	0,89	0,96					Sladká vůně podobná chloroformu	0,1	537,31
Benzene, 1,4-dichloro-	0,249	0,12	0,183	0,05	0,82	0,81					Silný, naftalenu podobný zápach	0,048	288,58
Tetrachloroethylene	0,062	0,02	0,123	0,05	1,92	1,61	0,428	0,46	0,028	0,002	Sladká, éteru podobná vůně	47	318187
<b>Celkem</b>	<b>0,717</b>	<b>0,081</b>	<b>0,863</b>	<b>0,115</b>	<b>5,840</b>	<b>4,640</b>	<b>0,596</b>	<b>0,500</b>	<b>0,028</b>	<b>0,002</b>			

Chlorobenzene má aromatický zápach podobný mandlím, identifikován byl v otěru vzorku Brembo ( $1,31 \pm 0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Liu et al. (2022) uvádí průměrnou koncentraci chlorobenzene pro městské ovzduší  $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace chlorobenzene v průmyslové zóně ( $0,206 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) během zápachové epizody odpovídají koncentracím pro městské ovzduší. Průměrné koncentrace chlorobenzene v zápachových epizodách v Ostravě Hrabůvce ( $0,383 \pm 0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou při srovnání s hodnotami, které uvádí Liu et al. (2022) překročeny 1,8× pro městské ovzduší. V období bez zápachu byla koncentrace chlorbenzene v obytné zóně O-Hrabůvka poloviční.

Průměrné koncentrace trichlorethylene v zápachových epizodách v průmyslové zóně v Hrabové ( $0,199 \pm 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a v obytné zóně O-Hrabůvka ( $0,173 \pm 0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou podobné. You et al. (2008) uvádí průměrnou koncentraci trichlorethylene pro městské ovzduší  $0,019 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace trichlorethylene jsou v Hrabové a Hrabůvce překročeny min. 10× ve srovnání s údaji You et al. (2008).

Tetrachloroethylene má v průmyslové zóně Hrabové během zápachových epizod průměrnou koncentraci ( $0,062 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o cca 50 % nižší než v městské části Hrabůvka ( $0,123 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pozadřová hodnota je pro průmyslovou zónu v Hrabové ( $0,028 \pm 0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) cca 2× nižší než v zápachových epizodách v Hrabové. Vzhledem k vyšším koncentracím tetrachlorethylene v rámci obytné zóny lze předpokládat, že se zde bude vyskytovat i další zdroj. Kim et al. (2020) uvádí průměrnou koncentraci pro tetrachloroethylene  $0,1 \pm 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace tetrachloroethylene v období bez zápachu je v Hrabůvce cca 10× vyšší, než hodnoty, které uvádí Kim et al. (2020).



1,4-dichlorobenzene má silný zápach podobný naftalenu. Identifikován byl v otěru ze vzorku Brembo ( $0,82 \pm 0,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Průměrná koncentrace pro zápachové epizody v Hrabové je  $0,249 \pm 0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a v Hrabůvce  $0,183 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elbir et al. (2007) uvádí koncentraci 1,4-dichlorobenzene pro městské ovzduší  $0,10 \pm 0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace pro 1,4-dichlorobenzene je během zápachových epizod v Hrabové překročena cca 1,5 – 2,5× a v obytné zóně O-Hrabůvka 1,6 – 1,8× ve srovnání s údaji, které uvádí Elbir et al. (2007).

## 7.5 Akryláty

Akrylátová složka v ovzduší obsahuje tyto charakteristické sloučeniny: 2-hydroxyethyl methacrylate, methyl methacrylate, methacrylic anhydride, biphenyl, ethylene acrylate, isobutyl acrylate, diphenyl benzoate. Sloučeniny s obsahem benzoate uvolněné během rozkladu polymeru s obsahem akrylátu jsou reaktivní a mají tendenci reagovat s různými skupinami, např. s kyanátovou skupinou z polyuretanu za vzniku ethyl-4-cyanobenzoate. Z dalších reakčních produktů byl identifikován ethyl 4-acetylbenzoate a isobutyl 4-hydroxybenzoate. Vzdušná i emise z otěru vzorku Brembo obsahují vinyl 2-ethylhexanoate. Vinyl 2-ethylhexanoate je reaktivní vinylový ester vhodný pro kopolymerizaci vinyl/alkenových typů monomerů jako jsou krotonáty, maleáty zahrnující styreny, methylakryláty, které jsou používány v průmyslových barvách, v anti-korozních barvách, lacích. Celková koncentrace hlavních sloučenin indikujících akryláty se v průmyslové zóně pohybuje v rozsahu od 1,46 do 1,64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $1,44 \pm 0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka je rozsah sloučenin indikujících akryláty od 0,98 do 2,74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $1,72 \pm 0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vyskytují se pouze v zápachových epizodách (tab. 27).

**Tabulka 27** Sloučeniny indikující akryláty ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2-Hydroxyethyl methacrylate	0,475	0,152	0,287	0,102							Mírně sladká a štiplavá vůně	NIA	
Methyl methacrylate	0,557	0,286	0,826	0,339	22,58	14,180					Kyselá ovocná vůně	0,049	200,65
Methacrylic anhydride	0,076	0,016	0,117	0,084	5,64	0,450					Pronikavý štiplavý zápach	NIA	
Biphenyl	0,022	0,013	0,033	0,024							Příjemná aromatická vůně	0,060	378,18
Ethylene diacrylate	0,087	0,023	0,111	0,088	5,80	0,740					Mírná lehce nasládlá vůně	NIA	
Isobutyl acrylate	0,229	0,107	0,353	0,157	6,96	0,150					Ostře vonící aroma	0,0009	4,72
Ethyl 4-acetylbenzoate					8,39	0,610							
Isobutyl 4-hydroxybenzoate					3,53	2,460							
Vinyl 2-ethylhexanoate					0,88	0,130							
<b>Celkem</b>	<b>1,446</b>	<b>0,596</b>	<b>1,726</b>	<b>0,794</b>	<b>53,780</b>	<b>18,720</b>							

Methacrylate je derivát methacrylic acid, používá se jako základní složka pro výrobu poly(methyl metakrylátu) a vzažených polymerů. Methyl methacrylate má kyselý ovocný zápach. Koncentrace methyl methacrylate jsou v průmyslové zóně v rozsahu od 0,228 do 0,74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $0,56 \pm 0,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace methacrylate uvolněného analýzou primeru se pohybují okolo  $0,26 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Du et al. 2024). Jia et al. (2008) uvádí pro městské a příměstské ovzduší koncentrace methacrylate v rozsahu od 0,01 do 0,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Liu et al. (2022) uvádí průměrnou koncentraci 0,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka se během zápachových epizod koncentrace methyl methacrylate pohybují v rozsahu od 0,39 do 1,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrem  $0,83 \pm 0,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což je více jak šesti násobně vyšší koncentrace, než uvádí Ji et al. (2008). Methyl metakrylát se podílí více než 50 % na sumě sloučenin indikujících akryláty. Z pohledu výskytu sloučenin se zápachem se pouze u isobutyl acrylate naměřené hodnoty řádově blíží hodnotám ODT, ale sloučenina nevykazuje nepříjemný zápach.

## 7.6 Polyester

Sloučeniny polyesteru (tab. 28) ve vzdušnině reprezentují tyto sloučeniny: terephthalic acid, benzoic acid a její estery (ethyl ester benzoic acid, 2-hydroxybenzoic acid ethyl ester, 4-hydroxy-3-methoxybenzoic acid, 2-ethylhexyl ester benzoic acid). Benzoic acid se v zápachových epizodách v průmyslové zóně nachází v koncentraci od 0,13 do 0,31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací

$0,23 \pm 0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Ho et al. (2010)* uvádí rozsah koncentrací benzoic acid v městském prostředí od  $0,072 \pm 0,058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V průmyslové zóně jsou průměrné koncentrace benzoic acid během zápachových epizod cca 3× vyšší než v městském prostředí a v obytné zóně O-Hrabůvka ( $0,15 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 2× vyšší, než je běžné pro městské prostředí (*Ho et al. 2010*). Pozadíová koncentrace  $0,057 \pm 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro období bez zápachu odpovídá koncentraci, kterou uvádí *Ho et al. (2010)*. Zvláštní projevem jsou dvojnásobně až trojnásobně vyšší koncentrace některých sloučenin (v **tab. 27** označeno žlutě), které mají během zápachových epizod v obytné zóně vyšší koncentraci než v průmyslové zóně.

**Tabulka 27** Hlavní sloučeniny indikující polyestery ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Benzoic acid	0,23	0,09	0,15	0,05	13,68	1,75	0,057	0,010			Příjemná, lehce aromatická vůně	0,1	499,37
Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester					4,36	2,44	0,059	0,007			Jemná, éterická vůně	NIA	
Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	0,19	0,04	0,42	0,28	1,99	1,01					Příjemná, zimomřivá vůně	NIA	
Benzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxy-, methyl ester	0,30	0,07	0,37	0,18	6,87	1,49					Příjemná, sladká vanilková vůně	NIA	
Benzoic acid, ethyl ester	0,22	0,07	0,98	1,02	5,91	1,52	0,045	0,039			Sladká třešňová vůně	0,001	6,14
Benzoic acid, hydrazide	0,95	0,73	1,41	1,15	2,84	1,56					Slabá, mírně aromatická vůně	NIA	
Terephthalic acid, methyl vinyl ester	2,33	1,80	0,83	0,71	4,26	0,81					Slabý, mírný zápach	NIA	
<b>Celkem</b>	<b>3,99</b>	<b>2,70</b>	<b>4,01</b>	<b>3,34</b>	<b>21,87</b>	<b>6,38</b>	<b>0,161</b>	<b>0,018</b>					
Benzoic acid methyl ester	Tkaniny z automobilů - podlaha						1,47 - 3,18						
Benzoic acid, ethyl ester	Tkaniny z automobilů - podlaha						0,69 - 1,48						
Benzoic acid	Tkaniny z automobilů - podlaha						1,96						
	Tkaniny z automobilů - stropní výplň						12,41						

1(3H)-Isobenzofuranone je často součástí polyesterů. V nezápachových epizodách 1(3H)-isobenzofuranone nebyl identifikován. Rozsah koncentrací všech výše uvedených sloučenin indikujících polyestery v ovzduší v průmyslové zóně Ostrava Hrabová je od 2,05 do  $7,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $4,48 \pm 0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachové epizody se koncentrace sloučenin indikujících polyestery v obytné zóně v Ostravě Hrabůvce pohybuje v rozmezí od 1,34 do  $7,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a je cca 25× vyšší než pozadíová koncentrace.

Polyestery jsou přítomné i v emisích z tkanin, které byly testovány v laboratoři z hlediska uvolňování VOC do prostředí, včetně posouzení produkce pachových látek. V tkanině, která tvoří podlahy automobilů je obsažen methyl ester benzoic acid v rozsahu od 1,47 do  $3,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a benzoic acid v rozsahu od 1,96 (podlaha) do  $12,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (strop). V tkanině podlah byl identifikován navíc ethyl ester benzoic acid v rozsahu od 0,69 do  $1,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V období bez zápachu se fragmenty polyesterů vyskytovaly v minimální koncentraci, 25× nižší než při zápachových epizodách. Při určení geochemického pozadí v průmyslové zóně nebyly vůbec identifikovány. Sloučeniny indikující polyestery se neprojevují nepříjemným zápachem.

## 7.7 Polypropylen

Sloučeniny charakterizující polypropylen ve volném ovzduší odebraném v zápachových epizodách zahrnují propylenový dimer (2-methyl-1-pentene), trimer (2,4-dimethylheptene), 4,7-dimethylundecane, 5,7-dimethylundecane, 3,5-dimethylundecane, 4,6,8-trimethyl-1-nonene, 3-methyl-heptene, 3,8-dimethylundecane, 2,4-dimethylhexane, 2,2-dimethylhexane, 3,3-dimethylhexane (**tab. 28**).

**Tabulka 28** Sloučeniny indikující polypropylen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna Hrabová		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT (ppm)
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		
2-methyl-1-pentene	0,941	0,190	0,466	0,239							Nepříjemný zápach po uhlovodících	NIA
1-Nonene, 4,6,8-trimethyl-	0,044	0,019	0,413	1,177							Mírná, lehce nasládlá vůně	NIA
3-Heptene, 3-methyl-	1,287	0,569	0,427	0,303	5,58	0,300					Mírná, lehce nasládlá vůně	NIA
4,7-dimethylundecane	1,700	0,130	0,457	0,158			0,065	0,025	0,010	0,0004	Mírná, lehce nasládlá vůně	NIA
5,7-dimethylundecane	1,293	0,261	0,560	0,213							Mírná, lehce nasládlá vůně	NIA
Undecane, 3,8-dimethyl-	0,130	0,055	0,033	0,019			0,076	0,025	0,011	0,0001	Mírný zápach po benzínu	NIA
2,4-dimethylhexane	0,860	0,078	0,341	0,076	25,33	2,140					Mírná lehce nasládlá vůně	NIA
Hexane, 2,2-dimethyl-	0,860	0,078	0,341	0,076			0,211	0,05			Mírný zápach po benzínu	NIA
Hexane, 3,3-dimethyl-	2,613	0,709	0,315	0,145	9,44	0,177	0,262	0,12			Bez zápachu	NIA
<b>Celkem</b>	<b>9,73</b>	<b>2,09</b>	<b>3,35</b>	<b>2,41</b>	<b>40,34</b>	<b>2,62</b>	<b>0,61</b>	<b>0,22</b>	<b>0,02</b>	<b>0,0005</b>		

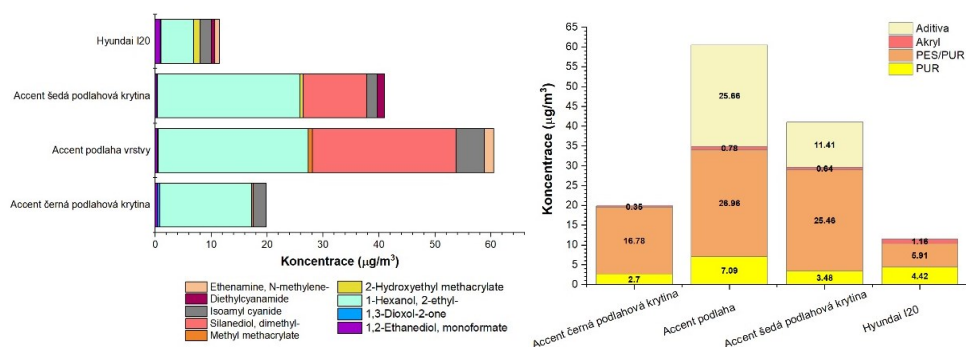
Vzorky vzdušiny v zápachové epizodě v Hrabové obsahují polypropylen v koncentraci od 8,48 do 10,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $9,73 \pm 1,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace polypropylenu v zápachové epizodě v městské části Ostrava Hrabůvka se pohybují v rozmezí od 2,31 do 6,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $3,35 \pm 2,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pozadová koncentrace sloučenin indikujících PP v období bez zápachu je v obytné zóně  $0,61 \pm 0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a v průmyslové zóně je dokonce nižší  $0,022 \pm 0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tyto rozdíly v koncentraci v rámci pozadových hodnot dokumentují vliv jiných zdrojů znečištění než termickou degradaci PP z průmyslové zóny. **Během zápachové epizody dochází k cca 5,5násobnému zvýšení koncentrace v obytné zóně ve srovnání s pozadovými hodnotami.**

Organické sloučeniny indikující polypropylen byly zjištěny také v tkaninách používaných pro výrobu koberců v automobilech (**tab. 29**). Tkaniny byly zahřívány v nízkém teplotním rozsahu (25-150 °C) s využitím TGA analyzátoru Mettler-Toledo a s následnou analýzou uvolněných emisí. V emisích bylo identifikováno 8 sloučenin (**tab. 30**). Při termické degradaci otěru ze vzorku Brembo byl identifikován pouze 3,3-dimethylhexane ( $9,44 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 3-methyl-3-heptene ( $5,58 \pm 0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a 2,4-dimethylhexane ( $25,33 \pm 2,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tkaniny z podlah obsahovaly 8 jiných methylenovaných sloučenin pentene, heptene, undecane a undecene.

**Tabulka 29** PP v tkaninách podlah v osobních automobilech ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a otěr z brzdové destičky Brembo.

Sloučenina	BREMBO		Ascent ©	Ascent (V)	Ascent (S)	I20
	AVG	STD				
2-methyl-1-pentene			0,63	0,39	0,49	0,30
2,4-dimethylhexane	25,33	2,140				
2,4-methyl-1-heptene			1,82	0,86	0,78	2,63
2,6-dimethyl-nonane			2,12	0,99	3,49	2,78
3-methyl-3-heptene	5,58	0,300				
3,3-dimethyl-hexane	9,44	0,177				
3,5-dimethyl-undecane			1,07	0,63	0,50	0,49
3,8-dimethyl-undecane			0,63	0,71	1,21	1,22
4,7-dimethylundecane			0,96	0,46	0,38	0,40
7-methyl-1-undecene			21,27	32,40	33,01	10,23
8-methyl-1-undecene			8,47	20,43	13,77	5,96
<b>Celkem</b>	<b>40,34</b>		<b>36,97</b>	<b>56,85</b>	<b>53,64</b>	<b>24,01</b>

V emisích z termického ohřevu vzorků z podlahových textilií odebraných z vozidla Hyundai Accent a I30 byly identifikovány: 1,2-ethanediol monoformate, n-methyleneethenamine (polyuretan), 1,3-dioxol-2-one, 2-ethyl-1-hexanol (polyester, polyuretan), 2-hydroxyethyl methacrylate a methyl methacrylate (akryl obsahující tkaniny), aditiva (dibutyl phthalate, didecan-2-yl phthalate, dimethylsilanediol). Organické sloučeniny indikující polyuretan, polyester a akryl v tkaninách jsou zobrazeny na **obr. 31**. Vzorky obsahují sloučeniny s kyanovou skupinou – isoamyl cyanide, diethylcyanamide, pravděpodobně transformační produkty polyuretanových lepidel. V nejvyšší koncentraci byl v plynné fázi identifikován 2-ethyl-1-hexanol, který se může uvolňovat z PUR i PES.



**Obr. 31** Sloučeniny ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) uvolněné zahříváním podlahových krytin v automobilech, indikující polyuretanová lepidla, akrylová vlákna.

## 7.8 Polyethylen

**Polyethylene (PE)** ve vzorcích vzdušiny v průmyslové zóně Hrabová reprezentují alkyly, alkeny a aldehydy (**tab. 27**). Stejně sloučeniny byly identifikovány v tkaninách pro čalounění automobilů, navíc ještě vzorky obsahují alkadieny. Zahříváním tkanin v teplotním rozsahu 25 - 150 °C se uvolňují zápachající aldehydy (pentanal, nonanal, hexanal, heptanal, octanal, decanal).

**Tabulka 30** Sloučeniny indikující polyethylen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Octane	1,420	0,25	0,416	0,15							Zápach po benzínu	1,7	7,94
Decane	1,510	0,14	0,456	0,17							Slabý zápach podobný benzínu	0,1	58,2
Pentanal	1,378	0,38	0,355	0,12							Silný, štiplavý zápach	1,0 ppb	3,52
Hexanal	4,213	0,16	1,529	0,60	12,11	5,55	0,139	0,03	0,219	0,07	Vůně čerstvé trávy nebo zelených listů	0,33 ppb	1,35
Octanal	3,032	1,71	0,701	0,62	4,95	2,19	0,204	0,07	0,385	0,14	Vůně citrusů	0,17 ppb	0,89
Nonanal	1,460	0,14	0,260	0,06			0,594	0,18	0,761	0,14	Vůně citrusů	0,53 ppb	3,08
Decanal	1,550	0,45	0,446	0,16							Ovocná citrusům podobná vůně	0,1 ppb	0,639
1-Heptadecene	0,178	0,03	0,190	0,04	16,43	5,77	0,590	0,09			Mírná, lehce nasládlá vůně	NIA	
1-Nonadecene					6,19	2,06	0,145	0,095			Mírná, lehce nasládlá vůně	NIA	
3-Octene, (E)-					4,91	0,61					Mírně sladká vůně	NIA	
4-Octene, (E)-					17,59	1,75					Mírně sladká vůně	NIA	
Heptadecane	2,900	0,90	1,005	0,63	14,04	4,73	0,085	0,037	1,927	0,342	Bez zápachu	NIA	
Octane, 2,7-dimethyl-	1,293	0,66	0,395	0,22	2,60	0,65	0,395	0,048			Mírný benzinový zápach	NIA	
Pentane	0,249	0,06	0,347	0,17	2,14	1,45					Mírný benzinový zápach	120	354,4
Pentane, 3,3-diethyl-	0,735	0,55	1,970	2,10	39,21		0,095	0,046			Mírný benzinový zápach	NIA	
Celkem	19,919	5,434	8,069	5,036	120,161	24,760	2,248	0,596	3,292	0,692			

Koncentrace sloučenin pocházejících z polyethylenu v průmyslové zóně Hrabová je v rozsahu od 18,68 do 21,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $19,92 \pm 5,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachových epizod je koncentrace sloučenin pocházejících z polyethylenu v městské části Ostrava Hrabůvka v rozsahu od 2,64 do 13,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $8,07 \pm 3,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace sloučenin odpovídajících PE je v období bez zápachu  $2,24 \pm 0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a v průmyslové zóně je mírně vyšší  $3,29 \pm 0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Z tabulky 30 je zřejmé, že u 3 sloučenin je překročena hodnota ODT. V průmyslové zóně během zápachových epizod byla překročena pro hexanal, octanal a decanal 3x. U dalších tří sloučenin: octane, pentanal a nonanal jsou koncentrace ve stejném řádu jednotek, jako hodnota ODT. Dvě sloučeniny, které mají vyšší koncentraci, než ODT byly identifikovány také ve vzorku Brembo, tzn., že se uvolňují během působení teploty z brzdové destičky.

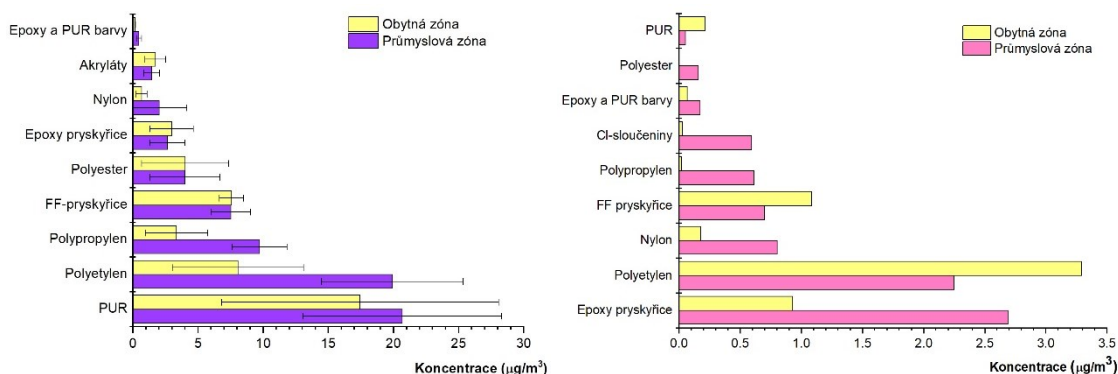
## 7.9 Sloučeniny indukující nylonová vlákna

Sloučeniny, které indukují termickou degradaci nylonových vláken v ovzduší zahrnují caprolactam. Z doprovodných sloučenin, které se uvolňují z nylonu se v ovzduší vyskytují nitrily (2-pentenitrile, pentanenitrile, 2-methylene butanenitrile, 3-methylene butanenitrile), butanoic acid (**tab. 31**).

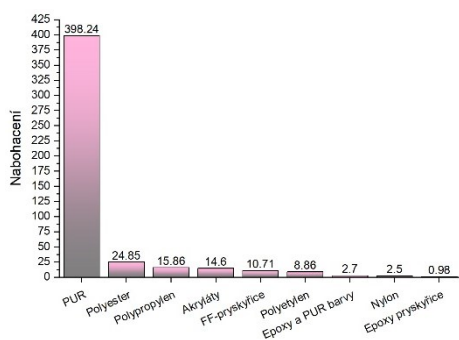
**Tabulka 31** Sloučeniny indukující nylon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Caprolactam	0,145	0,05	0,130	0,04	12,181	2,135	0,782	0,890	0,181	0,008	Mírně odpudivá vůně	0,50	2525
Butanenitrile, 2-methyl	0,728	0,94	0,200	0,13	8,160	2,730					Mírná, lehce nasládlá vůně	0,10	372
Pentanenitrile	0,204	0,10	0,069	0,05	4,180	0,170					Pronikavý zápach	0,10	286
Butanenitrile, 2-methylene-	0,728	0,94	0,200	0,13	8,157	2,730	0,022	0,009			Mírná, lehce nasládlá vůně	0,10	300
Pentanenitrile, 2-methyl-	0,204	0,10	0,069	0,05	4,180	0,170					Pronikavý zápach	0,10	372
<b>Celkem</b>	<b>2,009</b>	<b>2,134</b>	<b>0,668</b>	<b>0,405</b>	<b>36,859</b>	<b>7,935</b>	<b>0,804</b>	<b>0,899</b>	<b>0,181</b>	<b>0,008</b>			

V zápachové epizodě se caprolactam v průmyslové zóně Hrabová vyskytuje v koncentraci od 0,089 do 0,185  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,15 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace caprolactam v zápachových epizodách v městské části Hrabůvka je podobná ( $0,13 \pm 0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V období bez zápachu byla koncentrace caprolactamu v obytné zóně než v průmyslové zóně. Caprolactam se může uvolňovat i z vláken během praní a sušení prádla. Roukos *et al.* (2009) uvádí koncentraci pentanenitrile v městském ovzduší 0,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pentanenitrile byl v zápachových epizodách v Hrabové ( $0,204 \pm 0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Hrabůvce ( $0,069 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v rozsahu, který odpovídá městskému ovzduší. Nylon byl identifikován v tkanině kufru (11,58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



**Obr. 32** Polymery v ovzduší během zápachových period (vlevo), pozadí koncentrace v období bez zápachu (vpravo).



**Obr. 33** Nabohacení polymerů během zápachových epizod vypočtené jako poměr koncentrace v zápachové epizodě a pozadí. Vypočteno pro průmyslovou zónu.

Identifikace selektivních sloučenin (**obr. 32**), které jsou charakteristické pro jednotlivé skupiny polymerů prokázala, že k největšímu nabohacení dochází u sloučenin, které se uvolňují při termické dekompozici PUR (**obr. 33**).



## 8 AKTIVNÍ ODBĚRY VOC – NESELEKTIVNÍ SLOUČENINY

Z doprovodných/neselektivních sloučenin, které mohou mít původ v různých polymerech (polyuretanová, akrylátová vrstva, primer, pryskyřice, PET, PP, PMMA, PE, nylon) tvořících vzorek Brembo, tkaniny a lepidla byly v ovzduší identifikovány tyto sloučeniny aditiva a rozkladné sloučeniny.

### 8.1 Aditiva

**2-ethyl-1-hexanol** je používán jako vonná komponenta a surovina pro výrobu bis(2-ethylhexyl)phthalate (Wakayama et al. 2018) a jako plasticizér. Identifikován byly v polyesterech, polyvinylchloridu a v polyuretanu. Koncentrace 2-ethyl-1-hexanol jsou v průmyslové zóně Ostrava Hrabová v zápachové epizodě jsou v rozsahu od 6,61 do 17,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V plynné fázi z otěru vzorku Brembo dosahuje koncentrace 2-ethyl-1-hexanol 24,58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace pro městské ovzduší je  $1,9 \pm 2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sakai et al. 2006). Při srovnání s hodnotami, které uvádí Sakai et al. (2006) jsou koncentrace 2-ethyl-1-hexanol (tab. 32) jsou překročeny u všech vzorků v průmyslové zóně, a to 3,5× až 9,4×.

Koncentrace 2-ethyl-1-hexanol jsou v zápachových epizodách v městské části Hrabůvka v rozsahu od 2,01 do 13,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $10,02 \pm 4,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . U vzorků v městské části Hrabůvka je překročena koncentrace 2-ethyl-1-hexanol ve srovnání s údaji Sakai et al. (2006) až 6×. 2-ethyl-1-hexanol byl identifikován také ve VOC, které byly uvolněny zahříváním podlahových krytin v automobilech viz text výše.

**Tabulka 32** Ftaláty a 2-ethyl-1-hexanol v ovzduší ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučeniny	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1-Hexanol, 2-ethyl-	11,856	5,66	10,015	4,03			0,15	0,05	0,72	0,76	Mírná květinová vůně po růžích	0,10	581
Dinonyl phthalate	0,337	0,05	0,216	0,05							Bez zápachu	0,10	18688
Dibutyl phthalate	0,064	0,01	0,064	0,02							Mírně aromatický zápach	0,10	12431
Diethyl Phthalate	0,319	0,07	0,302	0,16					0,026	0,003	Bez zápachu	0,10	9921
Diethyl phthalate	0,096	0,01	0,173	0,08							Mírně sladká vůně	0,10	17427
<b>Celkem</b>	<b>12,672</b>	<b>5,806</b>	<b>10,769</b>	<b>4,333</b>			<b>0,148</b>	<b>0,054</b>	<b>0,743</b>	<b>0,761</b>			

**Dinonyl phthalate** je používán jako plasticizér pro různé plasty. Během zápachových epizod jsou koncentrace dinonyl phthalate v průmyslové zóně v rozsahu od 0,28 do 0,37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrem  $0,337 \pm 0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace dinonyl phthalate v obytné zóně jsou během zápachových epizod nižší než v průmyslové zóně. Koncentrace dinonyl phthalate v městském ovzduší uvádí Ouyang et al. (2019) v rozsahu 0,083 až 0,252  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace dinonyl phthalate jsou v průmyslové zóně během zápachových epizod překročeny 1,3× ve srovnání s městským ovzduším (Ouyang et al. 2019). V období bez zápachu nebyl dinonyl phthalate identifikován.

**Dibutyl phthalate** je používán jako plasticizér v plastech, barvách a jako nereaktivní rozpouštědlo v epoxy pryskyřicích, používá se také pro výrobu textilií. V průmyslové zóně se koncentrace dibutyl phthalate v zápachových epizodách pohybovala v rozmezí od 0,052 do 0,071  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace dibutyl phthalate byla během zápachových epizod v obytné části O-Hrabůvka v rozsahu od 0,036 do 0,089  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $0,064 \pm 0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ouyang et al. (2019) uvádí pro městské prostředí koncentrace dibutyl phthalate od 0-0,397  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací 0,122  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace dibutyl phthalate jsou v zápachových epizodách cca **3 x vyšší než koncentrace**, které uvádí Ouyang et al. (2019), a to jak v průmyslové zóně i v obytné zástavbě O-Hrabůvka ( $0,337 \pm 0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V období bez zápachu nebyl dibutyl phthalate ve vzorku vzdušiny zjištěn.

**Diethyl phthalate** je používán jako plasticizér v barvách, plastech. Koncentrace diethylphthalate v zápachových epizodách v průmyslové zóně jsou v rozsahu od 0,241 do 0,365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , průměrná koncentrace je  $0,312 \pm 0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V zápachových epizodách v městské části Hrabůvka byla koncentrace diethyl phthalate v rozsahu od 0,102 do 0,535  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,302 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Ouyang et al. (2019)* pro městské prostředí uvádí koncentrace diethyl phthalate v rozsahu od 0,119 – 0,676  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V období bez zápachu byla zjištěna průměrná koncentrace diethylphthalate v průmyslové 0,026  $\pm$  0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , v Ostravě-Hrabůvce nebyl identifikován. **V zápachových epizodách byla v průmyslové zóně koncentrace diethyl phthalate cca 12× vyšší než naměřená pozadová hodnota.** Při srovnání s koncentracemi, které uvádí *Ouyang et al. (2019)* jsou hodnoty během zápachové epizody překročena cca dvojnásobně.

**Diocetyl phthalate** je používán jako plasticizér pro plasty, jako nosič barev, plasticizér při výrobě koberců, pro výrobu polystyrenových a PVC pryskyřic. V zápachových epizodách se dioctyl phthalate v ovzduší v průmyslové zóně vyskytuje v koncentraci od 0,084 do 0,105  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrem  $0,096 \pm 0,105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachové epizody se v Hrabůvce dioctyl phthalate vyskytuje v koncentraci od 0,084 do 0,357  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,173 \pm 0,081 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , která je cca dvojnásobně vyšší než hodnoty naměřené v průmyslové zóně. Naměřené hodnoty během zápachové epizody jsou nižší než koncentrace, které uvádí *Ouyang et al. (2019)* pro městské prostředí rozsahu 0,0 – 0,489  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . **V období bez zápachu nebyl dioctyl phthalate identifikován.**

**1,3,5-triazine (melamine)** je součástí pryskyřic, degradační produkt polyuretanu. Koncentrace 1,3,5-triazinu se během zápachových epizod vyskytují v průmyslové zóně v rozsahu od 0,014 do 0,074  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou hodnotou  $0,032 \pm 0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**tab. 33**). V zápachových epizodách je koncentrace 1,3,5-triazinu v obytné zóně v Hrabůvce nepatrně vyšší ( $0,040 \pm 0,032 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v průmyslové zóně. **V období bez zápachu nebyl 1,3,5-triazine identifikován.**

**1,2-ethanediol monobenzoate** je složka pro výrobu adheziv a detergentů. V průmyslové zóně se se během zápachových epizod vyskytuje v rozsahu od 0,302 do 0,72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,45 \pm 0,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V zápachových epizodách v městské části Hrabůvka je průměrná koncentrace 1,2-ethanediol monobenzoate téměř o ½ nižší  $0,255 \pm 0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jeho výskyt byl potvrzen i při termické degradaci vzorku Brembo. **V období bez zápachu nebyl 1,2-ethanediol monobenzoate identifikován.**

**Tabulka 33** Aditiva v ovzduší ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a jejich vůně/zápach.

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1,3,5-Triazine	0,032	0,04	0,040	0,03	1,81	1,04					Mírný zápach	0,1	361,8
1,2-Ethanediol, monobenzoate	0,449	0,23	0,225	0,08							Mírná lehce nasládlá vůně	NIA	
1,3-Benzenediol, monobenzoate	0,622	0,27	0,243	0,09							Slabý zápach	NIA	
1,3-Dioxolan-2-one	3,925	4,82	0,419	0,19	0,74	0,61					Slabý zápach	NIA	
1,3-Dioxolane	3,834	3,36	0,940	0,41							Slabá éterová vůně	0,1	330,41
3-Aminocrotononitrile	0,681	0,40	0,186	0,11							Mírná lehce nasládlá vůně	NIA	
1-Decanamine, N-decyl-N-methyl-BHT	0,343	0,08	0,114	0,02			0,083	0,08			Nepříjemný, rybí zápach	NIA	
Benzaldehyde	0,032	0,00	0,058	0,05	14,88	9,32	0,332	0,169	0,640	0,004	Slabý, zatuchlý, fenolový zápach	0,35	9831
Butyl citrate	2,200	1,04	1,749	0,82							Příjemný, sladký zápach	0,0015	7,1
	0,039	0,03	0,054	0,07							Ovocná, citrusová vůně	0,1	1608
<b>Celkem</b>	<b>12,157</b>	<b>10,281</b>	<b>4,029</b>	<b>1,866</b>	<b>17,433</b>	<b>10,973</b>	<b>0,414</b>	<b>0,246</b>	<b>0,640</b>	<b>0,004</b>			

**1,3-benzenediol monobenzoate** je používán jako UV absorbér v plastech. V zápachových epizodách se v průmyslové zóně vyskytuje v koncentraci od 0,423 do 0,935  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou hodnotou  $0,622 \pm 0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka byla během zápachových epizod koncentrace 1,3-benzenediol monobenzoate v rozsahu od 0,098 do 0,392  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $0,243 \pm 0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace v O-hrabůvce byly cca trojnásobně nižší než v průmyslové zóně. **V období bez zápachu nebyl 1,3-benzenediol monobenzoate identifikován.**

**1,3-dioxolane** je používán jako činidlo a rozpouštědlo pro polymery (PVC, MMA-methylmethacrylate, PET), pryskyřice, zlepšuje viskozitu barev (Gupta et al. 2016). 1,3-dioxolane zapáchá podobně jako ether. 1,3-dioxolane byl v zápachových epizodách v průmyslové zóně identifikován v koncentraci od 1,53 do 7,69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $3,83 \pm 3,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka byl rozsah koncentrací 1,3-dioxolane během zápachových epizod od 0,252 do 1,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,94 \pm 0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná hodnota pro obytnou zónu byla cca 3× nižší než koncentrace měřené v průmyslové zóně. V období bez zápachu nebyl 1,3-dioxolane identifikován.

**1,3-dioxolan-2-one** je používán jako rozpouštědlo pro pryskyřice zvláště epoxy-pryskyřice, v polyuretanu, používá se i v textilním průmyslu a jako plasticizér a prostředník při výrobě barev. V zápachových epizodách se v průmyslové zóně vyskytuje v koncentraci od 0,97 do 9,48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $3,92 \pm 4,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V zápachových epizodách je v obytné zóně O-Hrabůvka průměrná koncentrace 1,3-dioxolan-2-one cca 10× nižší než v průmyslové zóně,  $0,42 \pm 0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Výskyt 1,3-dioxolan-2-one byl potvrzen v emisích uvolněných při termické degradaci vzorku Brembo. V období bez zápachu nebyl 1,3-dioxolan-2-one identifikován.

**3-aminocrotonitrile** je používán pro výrobu barev. V průmyslové zóně se v zápachové epizodě vyskytoval 3-aminocrotonitrile v Hrabové v rozsahu 0,33 do 1,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou hodnotou  $0,68 \pm 0,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka byl v zápachových epizodách 3-aminocrotonitrile identifikován v rozsahu od 0,062 do 0,326  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,186 \pm 0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachových epizod je průměrná koncentrace 3-aminocrotonitrile v průmyslové zóně 3,6× vyšší než v Hrabůvce. V období bez zápachu nebyl 1,3-dioxolan-2-one identifikován.

**N-decyl-n-methyl-1-decanamine** (lauryl dimethylamine oxide) je používán pro úpravu viskozity barev, jako disperzant v barvách, lubrikant. Koncentrace lauryl dimethylamine oxide v zápachových epizodách v průmyslové zóně Hrabová je od 0,254 do 0,411  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,343 \pm 0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V obytné zóně byla zjištěna průměrná koncentrace n-decyl-n-methyl-1-decanamine  $0,114 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro zápachovou epizodu a  $0,083 \pm 0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  v období bez zápachu. Během zápachové epizody jsou koncentrace v městské části Hrabůvka cca 3× nižší než v průmyslové zóně Hrabová. N-decyl-n-methyl-1-decanamine byl identifikován v obytné zóně i během období bez zápachu.

**3,5-di-tert.-butyl-4-hydroxybenzaldehyde (butylated hydroxytoluene, BHT)** je používán jako antioxidant pro plasty. V zápachových epizodách se v průmyslové zóně BHT vyskytuje v koncentraci od 0,028 do 0,036  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , průměrná koncentrace je  $0,032 \pm 0,004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V zápachových epizodách v Hrabůvce byla koncentrace BHT ( $0,058 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) cca 1,8× vyšší než v průmyslové zóně. Maceira et al. (2019) uvádí rozsah koncentrací BHT v  $\text{PM}_{10}$  pro průmyslové zóny ve Španělsku od 43 – 251  $\text{pg}/\text{m}^3$ . Koncentrace BHT v plynné fázi v Hrabové jsou řádově vyšší než ty, které uvádí Maceira et al. (2019) z důvodu vapour pressure BHT ( $0,3 \times 10^{-3} \text{ hPa}$ ), které BHT udržuje především v plynné fázi.

**Benzaldehyde** může být produkován termickým zahříváním a rozkladem polyuretanu. Benzaldehyde se používá v barvách, vůních a jako prostředník pro výrobu pryskyřic. K dalším zdrojům uvolňujícím benzaldehyde patří tkaniny sloužící k polstrování vnitřních částí automobilů, kde byl zjištěn v podlahových krytinách v koncentraci ( $13,04 \pm 5,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dveřích ( $20,23 \pm 14,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Zjištěn byl v otěru vzorku Brembo ( $14,88 \pm 9,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

V průmyslové zóně se v zápachových epizodách benzaldehyde nachází ve vzorcích ovzduší v koncentraci od 1,02 do 2,97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou hodnotou  $2,20 \pm 1,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka jsou koncentrace benzaldehyde od 0,944 do 3,347  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , průměrná koncentrace pro celé období je cca o  $\frac{1}{4}$  nižší ( $1,75 \pm 0,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v průmyslové zóně. V období bez zápachu byla zjištěna

zvýšená koncentrace v průmyslové zóně  $0,64 \pm 0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a v obytné zóně  $0,33 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pro městské prostředí *Liu et al. (2006)* uvádí průměrnou koncentraci  $1,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což je ve shodě s koncentracemi naměřenými i během zápachové epizody. Ze srovnání koncentrace benzaldehydu během zápachových epizod a geochemického pozadí vyplývá, že během zápachových epizod se koncentrace zvyšují trojnásobně v oblasti průmyslové zóny a až pětinašobně v oblasti obytné zóny.

Butyl citrate je používán jako plasticizér, prostředník pro PE, PVC. Koncentrace butyl citrate se v průmyslové zóně během zápachových epizod pohybuje v rozsahu od  $0,017$  do  $0,078 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , průměrná koncentrace  $0,039 \pm 0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městském ovzduší v Hrabůvce byla zjištěna průměrná koncentrace butyl citrate  $0,054 \pm 0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace butyl citrate byla během zápachových epizod v městské části Hrabůvka nepatrně vyšší než v průmyslové zóně. V období bez zápachu nebyl butyl citrate identifikován.

**Tabulka 34** Aditiva v ovzduší ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a jejich vůně/zápach.

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>o</i> -Cymene	1,688	0,23	0,545	0,27							Příjemná vůně	0,002	11,98
<i>p</i> -Cymene	1,630	0,58	0,413	0,37	10,57	4,21					Příjemná, sladká citrusová vůně	0,002	11,98
Propylene carbonate	0,061	0,05	0,156	0,11							Slabý, mírný zápach podobný etheru	NIA	
Triacetin	0,031	0,01	0,016	0,01							Bez zápachu	0,1	9741,7
Triethyl citrate	0,363	0,50	0,017	0,02			0,026	0,015			Bez zápachu	0,1	1233,6
Triphenyl phosphate	0,061	0,02	0,033	0,02							Slabý, mírný zápach podobný fenolu	0,002	29,13
2,4-di-tert-butylphenol	0,117	0,04	0,353	0,35	1,06	0,03	0,064	0,043			Zápach po fenolu	0,1	9210,8
<i>o</i> -Toluidine	0,044	0,02	0,019	0,00							Aromatický anilinu podobný zápach	0,001	4,78
Limonene	1,313	0,25	0,340	0,05			0,105	0,019			Příjemná citrusová vůně	0,002	12,16
1,4-Dioxane	0,310	0,38	0,766	1,10	3,68	0,08	0,034	0,002	0,060	0,021	Příjemný, slabý éterický zápach	0,8	3144,8
Methyl isobutyl ketone	1,360	0,30	0,703	0,34	13,42	10,32	0,429	0,213			Příjemná sladká vůně podobná acetonu	0,1	447,12
Cyclopentane	0,022	0,01	0,032	0,02	26,50	1,30					Jemná sladká vůně podobná benzínu	600	18775,2
<b>Celkem</b>	<b>7,001</b>	<b>2,388</b>	<b>3,394</b>	<b>2,651</b>	<b>55,241</b>	<b>15,955</b>	<b>0,684</b>	<b>0,311</b>	<b>0,034</b>	<b>0,002</b>			

Cymene se používá v syntéze pryskyřic jako vazný agent, pro produkci tereftalové kyseliny základní složky pro výrobu polyesterů (*Golets et al. 2013*) a jako prostředník pro výrobu pryže (*Haz-Map, 2025a*). Cymene má příjemnou sladkou vůni (**tab. 34**). Koncentrace cymene (*p*-, *o*-cymene) v ovzduší během zápachové epizody v průmyslové zóně jsou v rozsahu od  $2,80$  do  $3,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jsou cca  $14\times$  vyšší než koncentrace, které pro městské prostředí uvádí *Yañez-Serrano et al. (2017)*. Průměrné koncentrace *p*-cymene a *o*-cymene v zápachových epizodách v městské části Hrabůvka jsou cca  $3\times$  nižší ( $0,96 \pm 0,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než koncentrace v průmyslové zóně. *p*-Cymene byl identifikován ve vzorku otěru Brembo. V období bez zápachu nebyl *o*- a *p*-cymene identifikován.

Propylene carbonate je používán jako rozpouštědlo (čistič) pro isokyanáty a polyesterové pryskyřice, činidlo pro snížení viskozity v nátěrech, čistič textilních barev a plasticizér. Koncentrace propylene carbonate v zápachových epizodách v průmyslové zóně jsou v rozsahu od  $0,008$  do  $0,102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , průměrná koncentrace  $0,061 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V odběru v zápachových epizodách v městské části Hrabůvka se propylene carbonate vyskytuje v koncentraci od  $0,063$  do  $0,411 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace propylene carbonate ( $0,156 \pm 0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou cca  $2,2\times$  vyšší v Hrabůvce během zápachových epizod než v průmyslové zóně ( $0,061 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V období bez zápachu nebyl propylene carbonate identifikován.

Triacetin je používán pro pryskyřice, vinylidenové polymery a kopolymery. Koncentrace triacetin v zápachových epizodách byla v průmyslové zóně v rozmezí od  $0,025$  do  $0,041 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V odběrech v zápachových epizodách v městské části Hrabůvka byl identifikován triacetin v koncentraci od  $0,010$  do  $0,032 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace triacetin v průmyslové zóně jsou během zápachových epizod cca  $2\times$  větší ( $0,031 \pm 0,009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v Hrabůvce ( $0,016 \pm 0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V období bez zápachu nebyl triacetin identifikován.

**Triethyl citrate** je používán jako plasticizér a antioxidant pro plasty, je součástí odstraňovačů barev. V zápachových epizodách v průmyslové zóně byl identifikován v rozsahu od 0,065 do 0,94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka během zápachových epizod byl v koncentraci od 0,001 do 0,065  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná hodnota koncentrace triethyl citrate v zápachové epizodě ( $0,363 \pm 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) byla cca 20× vyšší než v obytné zóně ( $0,017 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). **V období bez zápachu nebyl triethyl citrate identifikován.**

**Triphenyl phosphate** je používán jako retardant hoření a plasticizér v plastech, lepidlech, pryskyřicích, lacích. Koncentrace triphenyl phosphate během zápachových epizod jsou v rozsahu od 0,035 do 0,074  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachových epizod se v obytné zóně vyskytoval triphenyl phosphate v rozsahu od 0,014 do 0,060  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V Hrabůvce ( $0,033 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou koncentrace triphenyl phosphate 2 x nižší než v průmyslové zóně ( $0,061 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). **V období bez zápachu nebyl triphenyl phosphate identifikován.**

**2,4-di-tert-butylphenol** je používán jako antioxidant, prostředník a stabilizátor pro výrobu antioxidantů a UV stabilizátorů, používá se pro výrobu trifosfitů a benzotriazolových derivátů pro polyolefiny. V zápachových epizodách v průmyslové zóně se 2,4-di-tert-butylphenol nachází v koncentraci od 0,085 do 0,162  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V Hrabůvce během zápachových epizod se 2,4-di-tert-butylphenol nachází v koncentraci od 0,080 do 1,19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrné koncentrace 2,4-di-tert-butylphenol jsou cca 2× vyšší v Hrabůvce ( $0,353 \pm 0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v průmyslové zóně ( $0,117 \pm 0,040 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Výskyt 2,4-di-tert-butylphenol byl identifikován i v obytné zóně v koncentraci  $0,064 \pm 0,043 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což pravděpodobně způsobuje vyšší naměřenou koncentraci během zápachových period v obytné zóně. Dále bylo zjištěno, že se 2,4-di-tert-butylphenol uvolňoval i během termické degradace otěru vzorku Brembo. **Ze srovnání koncentrace během zápachové epizody a v období bez zápachu vyplývá, že během zápachové epizody dochází k cca pětinasobnému zvýšení koncentrace 2,4-di-tert-butylphenol v obytné zóně.**

**p-Toluidine a jeho deriváty o-, m-toluidine** jsou používány jako prostředníci pro výrobu barev. Koncentrace m-, p-, o-toluidine v městském prostředí se pohybují od 0,96-3,05  $\text{ng}/\text{m}^3$  (Akyüz et al. 2007). V průmyslové zóně během zápachových epizod je koncentrace o-toluidine cca 10 až 23× ( $70 \text{ ng}/\text{m}^3$ , 19.10. 2024) vyšší než udává Akyüz et al. (2007) pro městské prostředí. **Během zápachových epizod v Hrabůvce byla zjištěna koncentrace o-toluidine 10 – 26  $\text{ng}/\text{m}^3$ , což je cca 8 - 18× více než hodnoty pro městské prostředí, které uvádí Akyüz et al. (2007).** Z porovnání průměrné koncentrace p-toluidine v průmyslové zóně ( $0,044 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a v obytné zóně ( $0,019 \pm 0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vyplývá, že během zápachových epizod je koncentrace v průmyslové zóně cca dvojnásobně vyšší. **V období bez zápachu nebyly deriváty toluidine identifikovány.**

**Limonene** je používán jako vůně v plastech. Koncentrace limonene v zápachové epizodě v průmyslové zóně se pohybovala v rozsahu od 1,05 do 1,54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka během zápachových epizod byla stanovena koncentrace limonene v rozmezí od 0,285 do 0,401  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace limonene v zápachových epizodách v Hrabůvce ( $0,34 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je cca 3,85× nižší než v průmyslové zóně ( $1,31 \pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Gallego et al. (2007) uvádí koncentraci limonene pro městské prostředí v rozsahu od 0,02 – 0,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace limonene v období bez zápachu se v Hrabůvce vyskytují okolo  $0,105 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I tyto koncentrace jsou cca dvojnásobně vyšší než hodnoty, které uvádí Gallego et al. (2007). **Ze srovnání koncentrace limonene v období bez zápachu se zápachovými epizodami v obytné zóně Hrabůvka vyplývá, že během zápachových epizod se koncentrace zvýší cca trojnásobně.**

**1,4-dioxane** má slabě éterický zápach. 1,4-dioxane je používán jako rozpouštědlo pro pryskyřice, polymery, barvy, laky, acetáty celulózy, ethyl a benzyl celulózu (ACGIH 2022). V zápachových epizodách



v Hrabové je 1,4-dioxane v koncentraci  $0,31 \pm 0,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , v městské části Hrabůvka byla naměřená koncentrace 1,4-dioxane cca dvojnásobně vyšší  $0,766 \pm 1,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Li et al. (2022b)* uvádí koncentraci 1,4-dioxane pro města  $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tato koncentrace je ve shodě s koncentracemi, které byly zjištěny v období bez zápachu v průmyslové zóně  $0,060 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i v obytné zóně  $0,034 \pm 0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachové epizody se koncentrace v obytné zóně zvýšila až 22× ve vztahu k pozadové koncentraci a v průmyslové zóně cca 5×.

**Methyl isobutyl ketone (MIK)** je používán jako rozpouštědlo pro pryskyřice (akrylové, epoxy, vinylové), barvy, laky. Koncentrace MIK během zápachových epizod v Hrabové a v Hrabůvce jsou  $1,36 \pm 0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $0,70 \pm 0,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Elbir et al. (2007)* uvádí koncentraci MIK pro městské prostředí  $0,24 \pm 0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což je cca poloviční hodnota, než která byla zjištěna v období bez zápachu v obytné zóně Hrabůvka ( $0,43 \pm 0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Koncentrace MIK jsou v Hrabůvce a v Hrabové dvojnásobně a trojnásobně překročeny ve srovnání s hodnotou zjištěnou při období bez zápachu v obytné zóně O-Hrabůvka.

**Cyclopentane** je používán ve výrobě polyuretanových pěn. *Al-Mudhaf et al. (2020)* uvádí koncentraci cyclopentane pro venkovní městské ovzduší  $4,01 \pm 5,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V období bez zápachu nebyla přítomnost cyclopentane potvrzena. Koncentrace cyclopentane během zápachových epizod v Hrabové a Hrabůvce jsou  $0,22 \pm 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $0,03 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a nedosahují koncentraci uváděnou pro městské prostředí podle *Al-Mudhaf et al. (2020)*.

## 8.2 Neselektivní sloučeniny s původem ve více zdrojích

**Styrene (tab. 35)** je významným degradačním produktem otěru vzorku Brembo ( $42,59 \pm 33,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), jako kontaminant je přítomen v tkaninách-podlahové krytiny ( $9,39 \pm 4,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), krytina stropu ( $104,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a dveří ( $47,03 \pm 37,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Styren má příjemnou květinou vůni. V zápachových epizodách je koncentrace styrene v průmyslové zóně Hrabová v rozsahu od 11,08 do  $19,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $14,54 \pm 4,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace styrene v městské části Hrabůvka se během zápachové epizody pohybovala v rozsahu od 0,309 do  $2,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou  $0,84 \pm 0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Gallego et al. (2019)* uvádí pro městské prostředí rozsah koncentrací styrene 0,02 -  $4,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $0,6 \pm 1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Při srovnání s koncentrací styrene, kterou uvádí *Gallego et al. (2019)* jsou koncentrace styrene během zápachových epizod překročeny v průmyslové zóně cca 24× a v Hrabůvce velmi mírně 1,4×. Z porovnání koncentrace styrene v obytné zóně během zápachové epizody s hodnotou pozadí ( $0,52 \pm 0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je koncentrace převyšena cca 1,6×.

**Tabulka 35** Informace o styrene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Styrene	14,540	0,72	0,840	0,72	42,59	33,7	0,516	0,267			Příjemná vůně	0,32	1487,05

**Methylované sloučeniny benzenu** v ovzduší zastupuje 1,2,3-trimethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene, 1,3,5-trimethylbenzene, 1,2,3,4-tetramethylbenzene (tab. 36). 1,2,3- a 1,2,4-trimethylbenzene má výraznou aromatickou vůni. 1,2,3,4-trimethylbenzene má mírný aromatický zápach.

**Tabulka 36** Koncentrace 1,2,3-trimethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene, 1,2,3,4-tetramethylbenzene v ovzduší ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0,226	0,214	0,227	0,253	2,81	0,06	0,080	0,086	0,169	0,003	Výrazný aromatický zápach	6,0	3220,330
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	0,275	0,088	0,203	0,160	2,98	0,18			0,10	0,012		0,1	536,36
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	0,335	0,287	0,353	0,408	1,55	1,67			0,06	0,009		0,03	179,7
<b>Celkem</b>	0,836	0,589	0,783	0,822	7,334	1,920	0,080	0,086	0,333	0,025			

Tyto sloučeniny jsou uvolňovány v důsledku termického zahřívání a degradace syntetických materiálů. Identifikovány byly v otěru vzorku Brembo, v tkaninách používaných v automobilech (podlahy, strop Hyundai Accent a I30, dveře Hyundai Accent a I30, kufr I30), jsou uváděny průměrné hodnoty ze 3 měření viz **tab. 37**.

**Tabulka 37** Koncentrace methylbenzenů v tkaninách z automobilů ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Tkanina - strop			Tkanina - dveře			Tkanina - podlaha		
	AVG	STD	Rozsah	AVG	STD	Rozsah	AVG	STD	Rozsah
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	13,750	5,570	11,87-19,75	12,570	11,829	4,65-29,91	2,450	1,750	0,85-4,32

Průměrné koncentrace 1,2,3-trimethylbenzene a 1,2,4-trimethylbenzene v průmyslové zóně jsou v zápachových epizodách cca 2,3 až 2,8× vyšší než v městském ovzduší ( $0,1 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), které uvádí Gallego et al. (2019). V období bez zápachu je koncentrace 1,2,3-trimethylbenzene v městském ovzduší srovnatelná s hodnotami, které uvádí Gallego et al. (2019). V zápachové epizodě byla v obytné zóně hodnota koncentrace 1,2,3-trimethylbenzene cca trojnásobně vyšší než hodnota pozadí. Také v průmyslové zóně byla při zápachové epizodě koncentrace 1,2,4-trimethylbenzene cca trojnásobně vyšší než v období bez zápachu. Nejvyšší zvýšení koncentrace se během zápachových epizod prokázalo u 1,2,3,4-termethyl benzene, kdy se koncentrace v průmyslové zóně zvýšila ve srovnání s pozadím cca 5,6×. Z **tab. 37** vyplývá, že 1,2,3,4-termethyl benzene je sloučeninou, která se kromě brzdových destiček uvolňuje i z materiálů používaných pro výplňové materiály interiéru automobilů.

Thiophene je používán jako rozpouštědlo a pro výrobu kopolymerů, používá se pro výrobu thiofen-fenol/formaldehydových pryskyřic. Thiophene byl identifikován v otěru ze vzorku Brembo ( $3,81 \pm 1,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V zápachových epizodách byl v průmyslové zóně thiophene identifikován v průměrné koncentraci  $0,503 \pm 0,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , v městské části Hrabůvka byly koncentrace thiophene cca poloviční,  $0,297 \pm 0,155 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**tab. 38**). Přítomnost thiophene byla zjištěna i v období bez zápachu, kdy v průmyslové zóně byla až trojnásobně vyšší  $0,125 \pm 0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  než v obytné zóně  $0,048 \pm 0,017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachových epizod se koncentrace thiophene zvýší cca čtyřnásobně.

V ovzduší byly identifikovány methylované formy thiophene jako je 2,3- a 2,5-dimethylthiophene, 2-methylthiophene, 3,4-dimethylthiophene, 3-ethylthiophene. Také ve vzorku Brembo byly identifikovány všechny uváděné methylované formy thiophene, v nejvyšší koncentraci se při termickém rozkladu uvolňoval 2-methylthiophene. Sumární koncentrace methylovaných thiofenů během zápachových epizod v Hrabové je  $1,24 \pm 0,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V městské části Hrabůvka je koncentrace methylovaných thiofenů je o 60 % nižší ( $0,51 \pm 0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v průmyslové zóně Hrabová. Během zápachové epizody se v průmyslové zóně 10x zvýší koncentrace methylovaných thiophene, v obytné zóně 2,5× ve srovnání s geochemickým pozadím.

Besis et al. (2021) uvádí sumární koncentrace thiofenů a methylovaných thiofenů v městském ovzduší  $0,148 \pm 0,399 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nejvyšší naměřená koncentrace v městském ovzduší může dosahovat  $0,547 \mu\text{g}/\text{m}^3$  v důsledku vysoké směrodatné odchylky (Besis et al. 2021). Požadované hodnoty naměřené v průmyslové zóně i v Hrabůvce jsou nižší než koncentrace uváděné Besis et al. (2021).

**Tabulka 38** Průměrné koncentrace thiofenu a alkylthiofenů v ovzduší ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Thiophene	0,503	0,45	0,297	0,15	3,81	1,17	0,048	0,017	0,125	0,038	Zápach podobný benzenu	0,020	750,230
Thiophene, 2,3-dimethyl-	0,189	0,11	0,175	0,12	1,17	0,60	0,036	0,014			Mírný sladký, lehce sirnatý zápach	0,03	147,56
Thiophene, 2-methyl-					15,63	9,46	0,029	0,010			Mírný sladký, lehce sirnatý zápach	0,03	131,45
Thiophene, 3,4-dimethyl-	0,488	0,27	0,136	0,07	5,89	1,40	0,031	0,020	0,028	0,002	Pikantní vůně podobná smažené cibuli	0,03	147,65
Thiophene, 3-ethyl-	0,109	0,01	0,061	0,04	8,68	6,15	0,049	0,019	0,059	0,012	Mírný sladký, lehce sirnatý zápach	0,03	131,45
<b>Celkem</b>	<b>1,289</b>	<b>0,845</b>	<b>0,668</b>	<b>0,385</b>	<b>35,178</b>	<b>18,792</b>	<b>0,192</b>	<b>0,080</b>	<b>0,212</b>	<b>0,052</b>			

**Dimethyl disulfide** je používán jako prostředník při výrobě papíru. Dimethyl disulfide byl v zápachových epizodách v Hrabové v průměrné koncentraci  $0,58 \pm 0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**tab. 39**). V městské části Hrabůvka byla koncentrace dimethyl disulfide  $0,245 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . *Lee et al. (2013)* uvádí průměrnou koncentraci dimethyl disulfide pro městské ovzduší  $0,116 \pm 0,039 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dimethyl disulfid nebyl stanoven v období bez zápachu, ani se neuvolňoval během ohřevu vzorku Brembo. **Koncentrace dimethyl disulfide v Hrabové jsou cca 5× vyšší než pro městské ovzduší, které uvádí Lee et al. (2013).** Průměrné koncentrace dimethyl disulfide v městské části Hrabůvka jsou cca 2,1× vyšší než pro městské prostředí podle *Lee et al. (2013)*.

**2-methylfuran** byl identifikován v brzdovém otěru ( $4,61 \pm 3,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), kde může pocházet z plnidel pryskyřice. *Rouskos et al. (2009)* uvádí pro městské ovzduší koncentraci 2-methylfuran  $0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V našem případě byly zjištěné pozadové hodnoty ještě nižší  $0,025 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro obytnou zónu. **Koncentrace 2-methylfuran je během zápachových epizod v Hrabové  $1,02 \pm 0,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což odpovídá cca dvojnásobnému překročení ve srovnání s *Rouskos et al. (2009)*.** Z vlastních naměřených hodnot v průmyslové zóně vyplývá, že koncentrace 2-methyl furan je v období zápachové epizody cca 40× vyšší než hodnota pozadí pro průmyslovou zónu. 2-methyl-furna se uvolňoval i při termickém zpracování vzorku Brembo.

**Tabulka 39** Ostatní identifikované sloučeniny ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppm)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Butane, 2,2-dimethyl-	0,656	0,25	2,860	2,67	16,18	1,63					Mírný, benzínu podobný zápach	20	7689,77
Disulfide, dimethyl	0,580	0,35	0,245	0,18							Silný nepříjemný zápach podobný česneku nebo rozkládajícím rybám	0,1	420,3
Furan, 2-methyl-	1,020	0,49	0,450	0,16	4,61	3,03	0,031	0,032	0,025	0,005	Vůně podobná čokoládě	0,03	109,85
Pentanenitrile	0,204	0,10	0,069	0,05	4,18	0,17					Pronikavý zápach	0,1	371,03

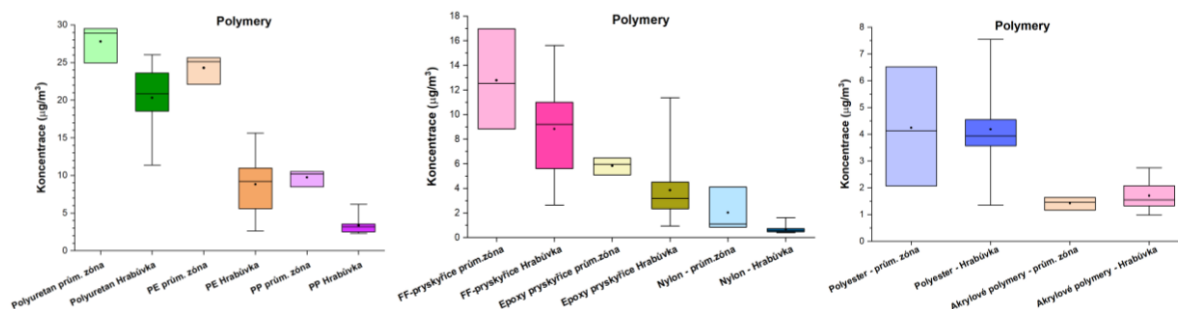
**2,2-dimethylbutane** je používán jako rozpouštědlo pro lepidla a barvy. *Yang et al. (2013)* uvádí průměrnou koncentraci 2,2-dimethylbutane v městském ovzduší  $0,07 \pm 0,282 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V průmyslové zóně Hrabová se během zápachových epizod se 2,2-dimethylbutane nachází v koncentraci  $0,656 \pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Koncentrace 2,2-dimethylbutane během zápachových epizod v Hrabové jsou výrazně vyšší (9,4×) než je běžné pro městské ovzduší.** Průměrné koncentrace 2,2-dimethylbutane v zápachových epizodách v Hrabůvce je ( $2,86 \pm 2,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je cca 40× větší než je běžná koncentrace pro městské ovzduší.

### 8.3 Zhodnocení

Analýzou vzorků ovzduší v průmyslové zóně Ostrava Hrabová a v městské části Hrabůvka během zápachových epizod byly zjištěny organické sloučeniny, které pocházejí z výroby, zpracování syntetických polymerů, barev, laků. V průmyslové zóně v zápachových epizodách tvoří VOC (včetně aditiv) uvolněné při zpracování polymerů průměrně 58 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin. V městské části Hrabůvka transportované VOC z výroby v průmyslové zóně tvoří 38,88 až 60,29 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin s průměrnou hodnotou 49,4 %. Aktivita provozovaná v průmyslové zóně Hrabová významně znečišťují ovzduší nejen v prostoru zóny, ale i v městské části Hrabůvka.

Nejdominantnějším polymerem v ovzduší je **polyuretan** (součást barev, lepidel, pěn). Sloučeniny odvozené z termické degradace polyuretanu v průmyslové zóně tvoří jsou v rozsahu od  $24,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do  $29,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , což odpovídá **11,8 až 12,8 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin.** Průměrná koncentrace organických sloučenin reprezentující polyuretan v průmyslové zóně je  $26,34 \pm 2,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zastoupení polyuretanu v městské části Hrabůvka je v rozsahu od 11,36 do 26,02 (23.9.2024) a tvoří 10,44 až 15,22 % ze všech identifikovaných organických sloučenin. Průměrná koncentrace sloučenin reprezentující polyuretan v městském ovzduší Hrabůvky

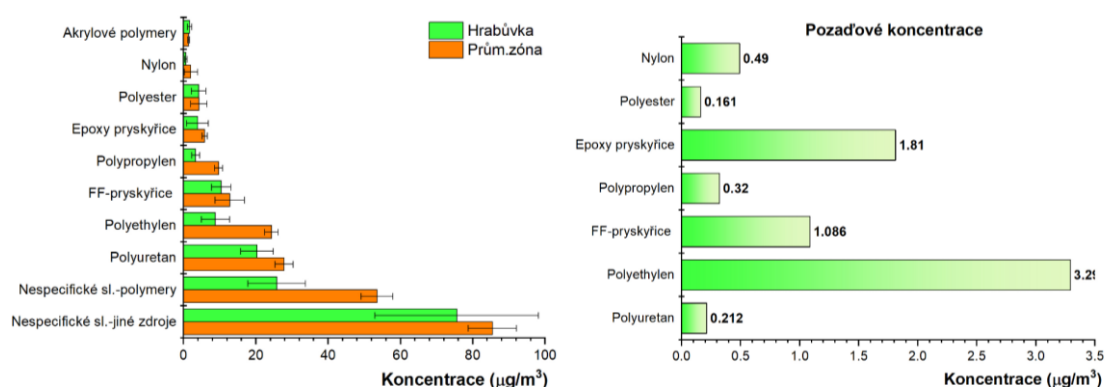
je  $20,30 \pm 4,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Během zápachové epizody dojde až ke **130násobnému** nárůstu sloučenin identifikujících přítomnost PUR ve srovnání s hodnotou pozadí (tj. v období bez zápachu). Všechny sloučeniny uvolněné z polyuretanu jsou silně zapáchající a toxické.



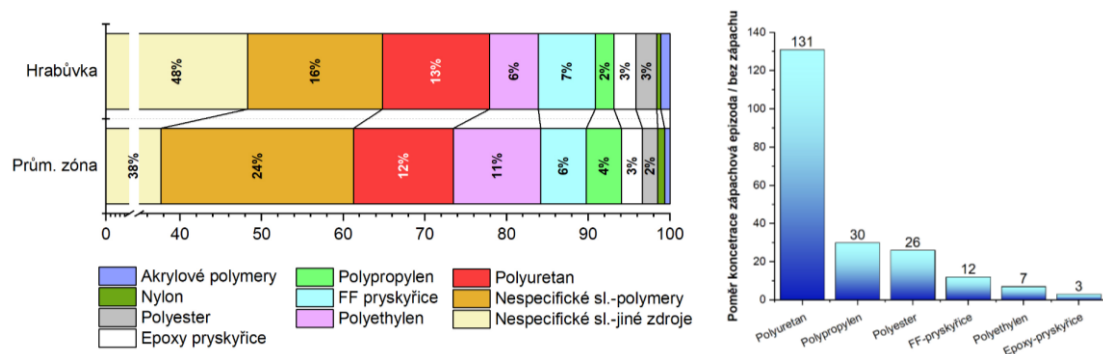
**Obr. 34** Box-ploty pro koncentrace polymerů v ovzduší: průmyslová zóna Hrabová, Hrabůvka během zápachových epizod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). PE – polyetylen, PP – polypropylen, FF-fenol-formaldehyd.

Druhým nejvíce zastoupeným polymerem ve vzdušnině je během zápachových period je **fenol-formaldehydová pryskyřice a polyetylen** (obr. 34). Fenol-formaldehydová pryskyřice v průmyslové zóně se vyskytuje v koncentraci od 8,82 do 16,97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou hodnotou  $12,78 \pm 4,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sloučeniny indikující fenol-formaldehydovou pryskyřici v průmyslové zóně tvoří 4,17 až 6,96 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin. Fenol-formaldehydová pryskyřice v městské části Hrabůvka se vyskytovala v koncentraci od 7,53 do 15,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou hodnotou koncentrace  $10,46 \pm 2,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (obr. 35). V obytné zóně tvoří sloučeniny indikující fenol-formaldehydové pryskyřice 4,64 až 10,15 % ze všech identifikovaných organických sloučenin. **V zápachových epizodách se sloučeniny charakterizující FF-pryskyřice nabohatily cca 12× ve srovnání s obdobím bez zápachu (pozařadové hodnoty).**

V zápachových epizodách jsou sloučeniny indikující **polyetylen** v průmyslové zóně Hrabová v rozsahu od 22,10 do 25,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $24,29 \pm 1,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sloučeniny indikující polyetylen v ovzduší v průmyslové zóně tvoří 10,3-11,4 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin (obr. 36). Sloučeniny indikující polyetylen v městské části Hrabůvka jsou v rozsahu od 2,64 do 15,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $8,82 \pm 3,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Tvoří 1,5 až 10,1 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin. Během zápachové epizody se sloučeniny charakterizující PE nabohatily cca 7,4× ve srovnání s pozadím (koncentrace v období bez zápachu).**



**Obr. 35** Průměrné koncentrace polymerů a nespecifických sloučenin v průmyslové zóně a obytné zóně Hrabůvka během zápachových epizod (vlevo), koncentrace charakterizující pozadí (vypočteno jako průměr pro průmyslovou zónu a obytnou zónu).



**Obr. 36** Průměrné procentuální zastoupení polymerů a aditiv včetně nespecifických sloučenin z jiných zdrojů v průmyslové zóně a Hrabůvce (vlevo), nabohacení polymerů v ovzduší vyjádřené poměrem průměrné koncentrace během zápachových epizod a v období bez zápachu.

V zápachových epizodách jsou **epoxy-pryskyřice** v ovzduší průmyslové zóny Hrabová zastoupeny v rozsahu od 5,09 do 6,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $5,83 \pm 0,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Epoxy-pryskyřice tvoří v ovzduší v průmyslové zóně 2,40 až 2,65 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin (**obr. 36**). V městské části Hrabůvka se epoxy-pryskyřice vyskytovaly v koncentraci od 0,94 do 11,37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $3,85 \pm 2,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Epoxy-pryskyřice v Hrabůvce tvoří 0,6 až 7,7 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin v ovzduší. **Sloučeniny, které charakterizují epoxy-pryskyřice se během zápachové epizody nabohatily cca trojnásobně ve srovnání s obdobím bez zápachu.**

**Polyester** je zastoupen v ovzduší průmyslové zóny v koncentraci od 2,06 do 6,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $4,24 \pm 2,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V zápachové epizodě tvoří sloučeniny indikující polyester 0,9 až 2,7 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin v průmyslové zóně. V městské části Hrabůvka jsou sloučeniny indikující polyester v rozsahu od 1,34 do 7,54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $4,18 \pm 2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sloučeniny indikující polyester v městské části Hrabůvka tvoří 1,4 - 4,3 %. **Během zápachových epizod dochází k cca sedminásobnému obohacení ovzduší sloučeninami tvořících PES ve srovnání s hodnotou zjištěnou pro období bez zápachu.**

V zápachových epizodách jsou **akrylové polymery** v ovzduší v průmyslové zóně Hrabová zastoupeny v rozsahu od 1,16 do 1,64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $1,42 \pm 0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Akrylové polymery tvoří 0,5 - 0,7 % ze všech stanovených sloučenin v průmyslové zóně. V městské části Hrabůvka jsou akrylové polymery v rozsahu od 0,98 do 2,74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $1,70 \pm 0,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sloučeniny indikující akrylové polymery v Hrabůvce tvoří 0,6 až 1,6 % ze sumy všech organických sloučenin. Přítomnost akrylátových polymerů nebyla v období bez zápachu prokázána. **Vyskytují se pouze v období se zápachovými epizodami.**

V zápachových epizodách jsou **nylonové polymery** zastoupeny v ovzduší v průmyslové zóně v rozsahu od 0,86 do 4,12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $2,02 \pm 1,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nylonové polymery tvoří v průmyslové zóně 0,4 – 1,8 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin. Ovzduší v městské části Hrabůvka obsahuje sloučeniny indikující nylon v rozsahu od 0,41 do 1,62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , s průměrnou koncentrací  $0,68 \pm 0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nylonové polymery tvoří 0,2 – 1,0 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin v Hrabůvce. **Během zápachových epizod dojde k cca čtyřnásobnému obohacení sloučenin charakterizujících nylon při srovnání s obdobím bez zápachu.**

**Aditiva** mohou pocházet z různých výše uvedených polymerů, nejsou specifické. V zápachových epizodách jsou aditiva v ovzduší v průmyslové zóně zastoupeny v koncentraci od 48,46 do 56,40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $53,53 \pm 4,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Aditiva tvoří 22,90 - 24,70 % ze sumy všech organických sloučenin v průmyslové zóně. V ovzduší v městské části Hrabůvka se aditiva nacházejí v rozsahu



od 12,39 do 36,67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (10.9.2024), s průměrnou koncentrací  $25,75 \pm 7,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Aditiva v městské části Hrabůvka tvoří 11,9 – 24 % ze sumy organických sloučenin. U aditiv (ftalátů) se koncentrace během zápachové epizody zvyšuje 5× až 25× ve srovnání s obdobím bez zápachu.

V období se zápachem se polypropylen v průmyslové zóně Hrabová vyskytuje v rozsahu od 8,48 do 10,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s průměrnou koncentrací  $9,73 \pm 1,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Polypropylen tvoří v průmyslové zóně 3,5 - 5,0 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin. V městské části Hrabůvka jsou sloučeniny indikující polypropylen v rozsahu od 2,31 do 6,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná koncentrace polypropylenu v Hrabůvce je cca 3× nižší než v průmyslové zóně. Polypropylen v ovzduší v Hrabůvce se vyskytuje v rozmezí od 1,6 do 5,6 % z celkové sumy všech identifikovaných organických sloučenin. Během zápachových epizod dochází až ke třicetinasobnému nabožení sloučenin indikujících PP ve srovnání s obdobím bez zápachu.

Průměrně cca 38 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin v Hrabové tvoří skupina sloučenin s nespecifikovaným původem (mohou pocházet z dopravy, spalování paliv a nevztahují se přímo k výrobním aktivitám v průmyslové zóně). V městské části Hrabůvka jsou nespecifické sloučeniny zastoupeny průměrně 48 %. Převážná část organických sloučenin v ovzduší v Hrabové (62 %) a Hrabůvce (52 %) pochází z aktivit uskutečňovaných v průmyslové zóně Hrabová.

Aktivity prováděné v průmyslové zóně Hrabová vnášejí aditiva, nezreagované zbytky polymerů a termické degradační produkty aditiv a polymerů do ovzduší nejen v průmyslové zóně, ale také i do městské části Hrabůvka. Během zápachových epizod roste koncentrace výše uvedených sloučenin, u mnohých je překročena koncentrace běžná pro městské ovzduší.

**Tabulka 40** Sloučeniny s koncentrací překračují ODT.

Polymer	Sloučenina	Průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		AVG	STD		
PE? nebo oxidační produkty mastných kyselin?	Octane	1,420	0,25	Zápach po benzínu	7,94
	Pentanal	1,378	0,38	Silný, štiplavý zápach	3,52
	Hexanal	4,213	0,16	Vůně čerstvé trávy nebo zelených listů	1,35
	Octanal	3,032	1,71	Vůně citrusů	0,89
	Nonanal	1,460	0,14	Vůně citrusů	3,08
	Decanal	1,550	0,45	Ovocná citrusům podobná vůně	0,639
PUR	Urethane	0,321	0,17	Éterický zápach	0,364
	N,N dimethyl formamide	0,545	0,36	Amoniakální charakter zápachu	1,4
FF-pryskyřice	2 methoxy-phenol	2,930	0,27	Fenolický zápach, sladký podobný dehtu	2,54
Akryláty	Isobutyl acrylate	0,229	0,11		4,72

Všechna vnášená aditiva, nezreagované zbytky zvláště polyuretanu a pryskyřic (fenol-formaldehydové, epoxy-pryskyřice, akrylátové laky) jsou silně zápachující a toxické sloučeniny i při velmi nízkých hodnotách ODT (odour determination threshold). Příklad 10 sloučenin, u kterých je překročen limit zápachu (ODT) nebo se naměřené koncentrace pohybují v podobném rozsahu jako limit ODT je uveden v **tab. 40**. Mezi hlavní znečišťovatele patří podniky používající polyuretanové barvy, akrylové laky, pryskyřice. Menší podíl mají zpracovatelé koberců, tkanin pro automobily.

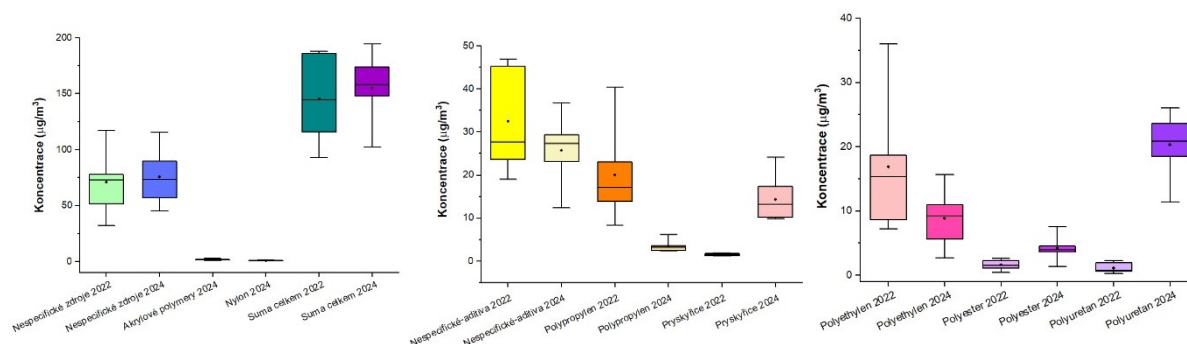
Aldehydy nemusí pocházet jen z termického rozkladu plastů, ale mohou vznikat i při rozkladu biomasy. Na zápachu se podílí hlavně aldehydy, které mohou vznikat i během spalování biomasy z organických kyselin, které mohou podléhat dekarboxylaci, což je proces, při kterém se ztrácí karboxylová skupina ( $-\text{COOH}$ ) a zůstává aldehydová skupina ( $-\text{CHO}$ ).

## 9 ZHODNOCENÍ VÝSKYTU POLYMERŮ A ADITIV V ROCE 2022 A 2024

Ve smlouvě mezi MMO a VŠB-TUO je zahrnuto zhodnocení výsledků šetření získaných v roce 2022 se současným stavem pro městskou oblast Ostrava - Hrabůvka. Vzorkování vzdušiny (plynné fáze) včetně analytické koncovky proběhlo v roce 2022 i 2024 stejným způsobem, výsledky jsou proto srovnatelné.

Sumární koncentrace organických sloučenin v O-Hrabůvce v roce 2022 (**obr. 37**) se pohybuje v rozsahu od 92,76 (20.10.2022) do 187,78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2.8.2022). V roce 2024 je sumární koncentrace v městské části Hrabůvka v rozsahu od 102,27 (19.10.24) do 194,75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30.9.2024). Průměrná hodnota **sumární koncentrace organických sloučenin v ovzduší v městské části Hrabůvka v roce 2024** ( $154,66 \pm 29,4\% \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je průměrně o 6 % vyšší než v roce 2022 ( $145,28 \pm 39,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Koncentrace **nespecifických organických sloučenin**, které mohou mít různý původ (doprava, spalování biomasy a nesouvisí s procesy a aktivitami v průmyslové zóně) v roce 2024 dosáhla ( $75,57 \pm 22,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a **je velmi podobná** koncentraci ( $70,73 \pm 28,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zjištěné v roce 2022 (**obr. 37**). V roce 2022 tvořily nespecifické sloučeniny od 34,48 do 72,10 %, zatímco v roce 2024 jsou nižší, v rozmezí od 38,07 do 59,30 %.



**Obr. 37** Boxploty pro koncentrace sledovaných skupin organických sloučenin rozdělených podle původu.

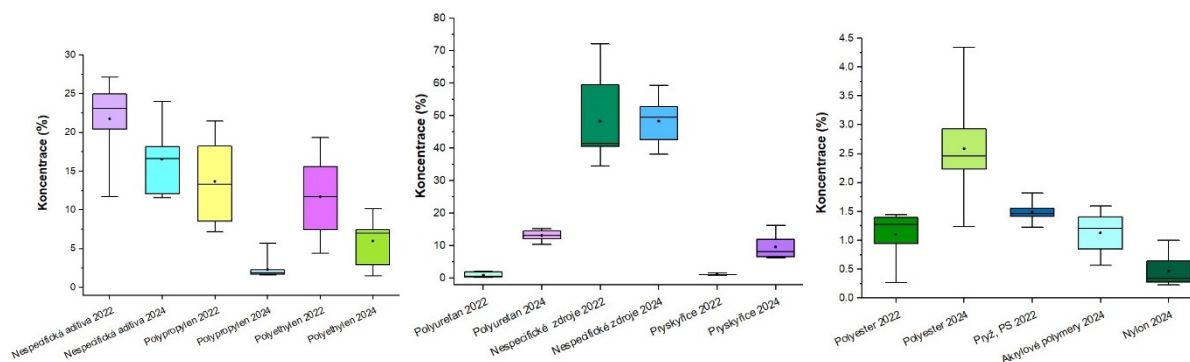
Koncentrace **aditiv** (nespecifické sloučeniny obsažené a uvolňované z různých polymerů a pryskyřic) v městské části Hrabůvka byla v roce 2022 ( $31,28 \pm 11,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) cca o 20 % vyšší než v roce 2024 ( $25,75 \pm 7,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Aditiva v ovzduší v městské části Hrabůvka v roce 2022 tvořila 11,7 až 27,2 % z  $\Sigma\text{VOC}$  a v roce 2024 11,5 až 24 %.

U koncentrace **polypropylenu** byl v roce 2024 ( $3,35 \pm 1,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pozorován **pokles o cca 80 %** ve srovnání s rokem 2022 ( $19,98 \pm 11,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V roce 2022 činily sloučeniny indikující polypropylen 7,2 až 21,5 % z celkové sumy organických sloučenin. V roce 2024 polypropylen reprezentoval 1,6 až 5,7 % z celkové sumy organických sloučenin.

Obdobně byl v roce 2024 pozorován v městské části Hrabůvka **pokles** koncentrací sloučenin odvozených od **pryže a polystyrenu** ve srovnání s rokem 2022 ( $2,21 \pm 0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). **Absenční byly** v roce 2022 sloučeniny indikující **akryláty a nylon**, které se v roce 2024 vyskytují v koncentraci  $1,70 \pm 0,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $0,68 \pm 0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sloučeniny indikující akryláty a nylon tvoří v ovzduší v roce 2024: 0,6 – 1,6 % a 0,2 až 1 %.

Přibližně **50 % pokles** koncentrace byl v roce 2024 ( $8,82 \pm 3,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pozorován u **polyethylenu** ve srovnání s rokem 2022 ( $16,84 \pm 10,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sloučeniny vznikající rozkladem polyethylenu tvořily v ovzduší v roce 2022 4,4 až 19,3 %, zatímco v roce 2024 je to 1,5 – 10,1 % (**obr. 38**). Naopak významný **nárůst koncentrací** v roce 2024 byl pozorován v městské části Hrabůvka v ovzduší u **pryskyřic (epoxy-**

formaldehydové-, resorcinolové), polyesteru, a polyuretanu. Sumární koncentrace pryskyřic v roce 2022 je  $1,56 \pm 0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ve srovnání s rokem 2022 byla v roce 2024 zjištěna 9× vyšší koncentrace pryskyřic cca ( $14,30 \pm 4,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pryskyřice se v roce 2022 podílely 0,96 – 1,65 % na  $\Sigma\text{VOC}$ , zatímco v roce 2024 je to 6,2 až 16,3 %.

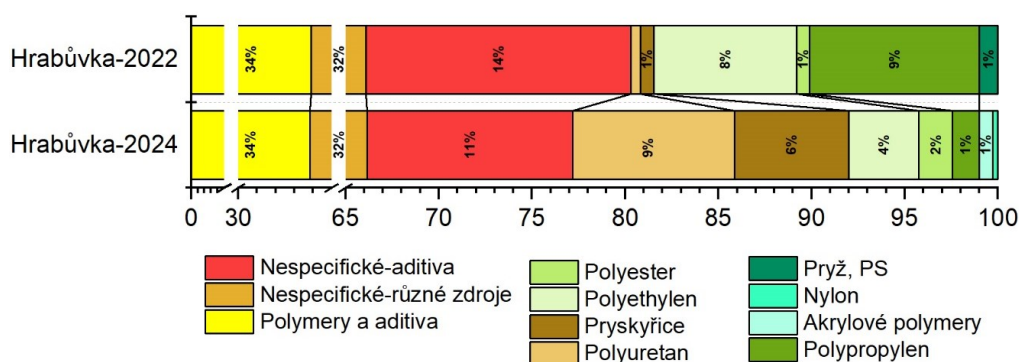


**Obr. 38** Porovnání množství polymerů, aditiv a nespecifických sloučenin v  $\Sigma\text{VOC}$  v ovzduší v roce 2022 a 2024.

Koncentrace sloučenin vznikajících termickým rozkladem polyesteru byly v roce 2024 cca 2,6× vyšší ( $4,18 \pm 2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v roce 2022 ( $1,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sloučeniny indikující polyester v roce 2022 odpovídaly 0,3 – 1,5 % ze  $\Sigma\text{VOC}$ , zatímco v roce 2024 je množství výrazně vyšší 1,2 až 4,3 %.

Koncentrace polyuretanu v roce 2024 v ovzduší v městské části Hrabůvka jsou cca 18× vyšší ( $20,30 \pm 4,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) než v roce 2022 ( $1,09 \pm 0,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sloučeniny indikující polyuretan v ovzduší tvořily v roce 2022 0,2 – 2,1 %, zatímco v roce 2024 tvoří 10,4 až 15,2 % ze sumy všech identifikovaných organických sloučenin.

V roce 2022 polymery a aditiva tvořily v ovzduší 27,9 – 65,5 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin s průměrnou hodnotou cca 52 %. V roce 2024 polymery a aditiva tvořily cca 41 – 62 % ze sumy všech identifikovaných sloučenin s průměrnou hodnotou 52 % (obr. 39).

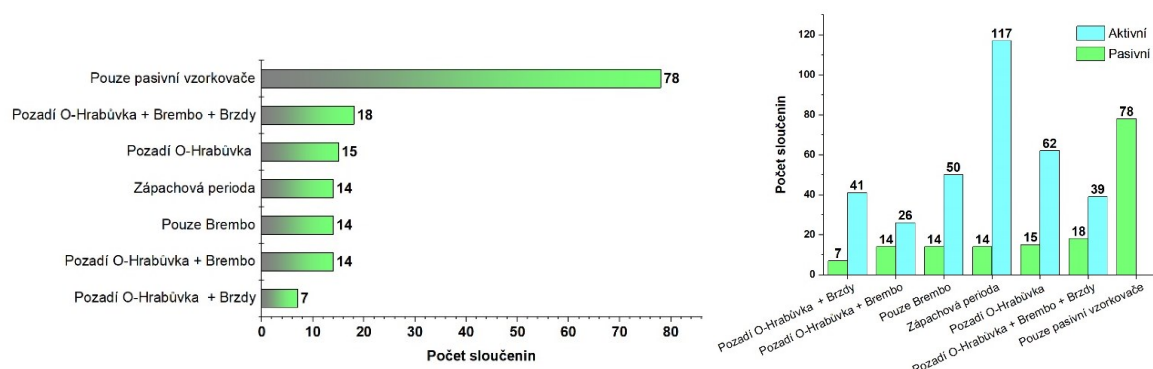


**Obr. 39** Průměrné procentuální zastoupení polymerů, aditiv a nespecifických organických sloučenin v Hrabůvce v roce 2022 a 2024.

Míra zatížení ovzduší polymery a aditivy (vyjádřená koncentrací) v Ostravě-Hrabůvce je pro rok 2022 a 2024 je stejná. Odlišnosti jsou dány pouze v druhovém zastoupení, kde v roce 2024 významně roste koncentrace sloučenin indikujících termický rozklad výrobků s obsahem polyuretanu (barva, výplňová hmot autodílů), akrylátů (laky) a pryskyřic. Ve větším množství se v roce 2024 používal polyester, zatímco u polypropylenu a polyethyleny dochází k poklesu koncentrací. Ovzduší městské části Hrabůvka je významně ovlivněno aktivitami v průmyslové zóně Hrabová, která je zdrojem nezreagovaných polymerů a aditiv.

## 10 IDENTIFIKACE VOC S VYUŽITÍM PASIVNÍCH VZORKOVAČŮ

Plánována byla instalace 10 vzorkovačů s tím, že 4 z nich měly náplň s vyšší citlivostí na záchyt organických sloučenin s obsahem síry. Výsledky z těchto vzorkovačů se nepodařilo vyhodnotit. Vzorkování probíhalo na 6 lokalitách (**obr. 3**). **Pasivní vzorkovače zachytili pouze 160 sloučenin, aktivní vzorkovače 335** (při sečtení sloučenin identifikovaných během sledování pozadí v období bez zápachu + v zápachových epizodách). Rozdělení sloučenin do jednotlivých skupin je uvedeno na **obr. 40**. V subkapitole 7.4 bylo použito dělení do 5 skupin, při zařazení sloučenin do těchto kategorií se ukázalo, že více než polovinu sloučenin nebylo možné zařadit. Proto byly přidány další dvě skupiny, a to skupina pro sloučeniny, které se vyskytovaly pouze v zápachové epizodě a skupina sloučenin, kde byly zařazeny sloučeniny identifikované pouze v rámci analýz z pasivních vzorkovačů, viz **příloha 3**).



**Obr. 40** Počet identifikovaných sloučenin při použití pasivních vzorkovačů (vlevo), počty sloučenin v jednotlivých skupinách sloučenin podle dělení ze subkapitoly 7.4.

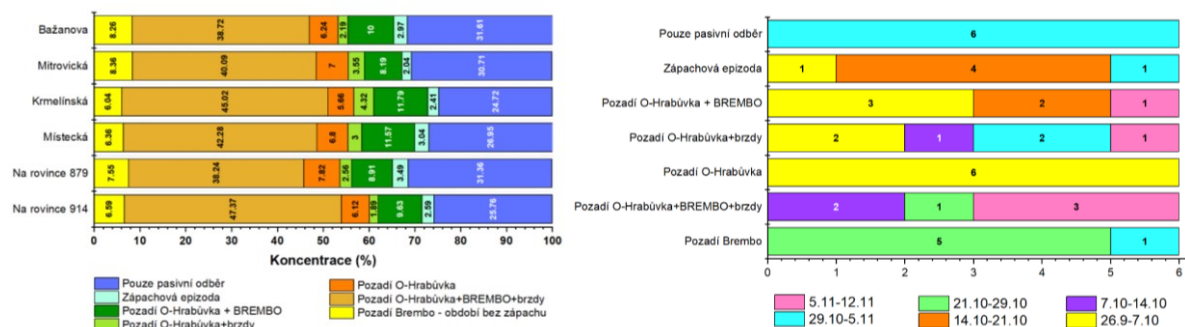
Rozložení sloučenin ve skupinách na základě průměrné koncentrace za celé vzorkované období je uvedeno na **obr. 41**. Největší skupinu tvoří sloučeniny, které se společně vyskytovaly jako pozadí v O-Hrabůvce + v průmyslové zóně odebrané před firmou Brembo Czech, s.r.o. a sloučeniny identifikované během termické degradace brzdových destiček. Druhou největší skupinu tvořily sloučeniny, které nebyly identifikovány během ostatních analýz. Nejmenší byla skupina sloučenin identifikovaná pouze pro zápachové epizody.

Dále byl sledován vliv doby odběru na rozložení skupin sloučenin, které vycházelo ze sledování období, ve kterém byla naměřena nejvyšší koncentrace. Pouze u dvou skupin byla prokázána nejvyšší koncentrace sloučenin vždy ve stejném termínu, a to pro sloučeniny ze skupiny „pozadí O-Hrabůvka“ ze dne 26.9.-7.10. a pro sloučeniny, které byly identifikovány pouze během vzorkování pomocí pasivních vzorkovačů 29.10.-5.11. Nejvyšší koncentrace sloučenin přítomných pouze během zápachových period byla prokázána 14.10.-21.10.

Rozložení skupin sloučenin pro jednotlivá vzorkovaná období je uvedeno na **obr. 42**. V nově přidané skupině „zápachová epizoda“ jsou označeny sloučeniny, které byly zjištěny během aktivního odběru a zároveň se vyskytovaly i v odběrech zajištěných pasivními vzorkovači. Do této skupiny bylo zařazeno **14 sloučenin**: 4 *aromatické uhlovodíky* (1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene, 1,3-dimethylbenzene, o,- a p-cymene), jedna *sloučenina ze skupiny methoxyphenols*: 2,6-dimethoxy-phenol a jeden *heterocyklický aromatický uhlovodík se sírou*: benzenethiol. Dále jsou ve skupině dva *estery kyseliny ftalové (PAEs)*: bis(2-ethylhexyl) phthalate a 1,2-Benzenedicarboxylic acid, dinonyl ester. *Ester pryskyřičných kyselin*: methyl dehydroabietate, *ester karboxylových kyselin*: methyl methacrylate a z *karboxylových kyselin*: octanoic acid. Ve skupině byl dále zařazen jeden *alkan*: octane, jeden

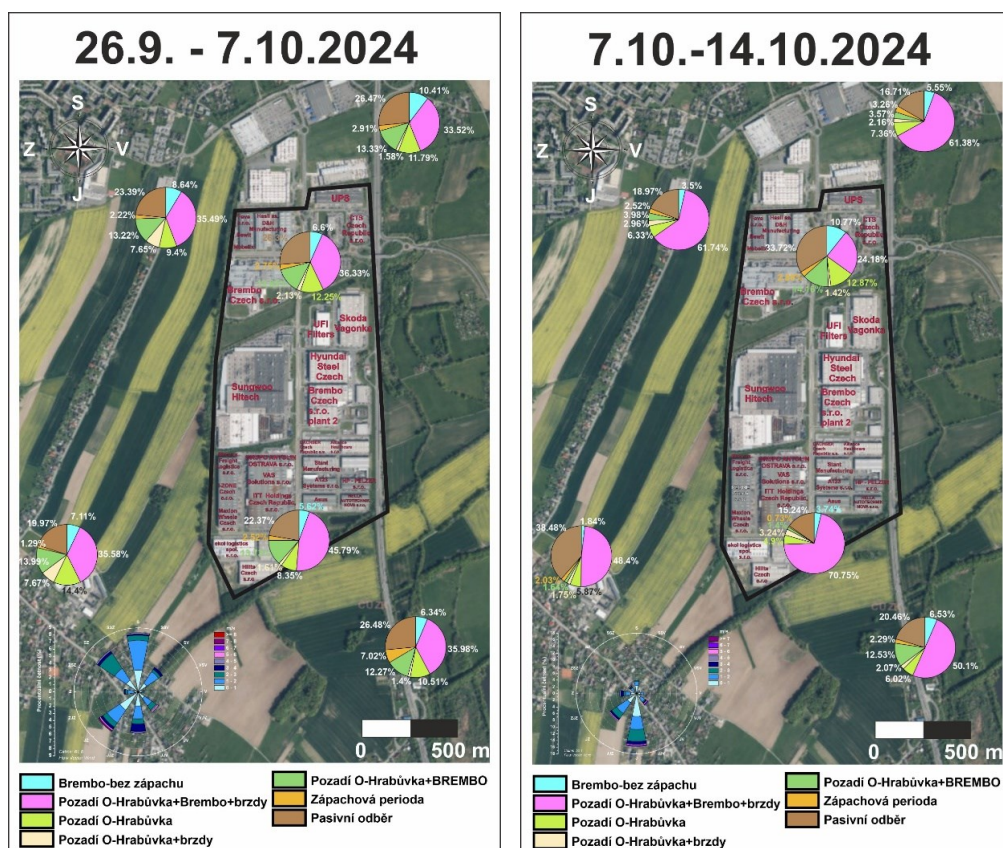


alken: 2,4-hexadiene a jedna heterocyklická sloučenina s dusíkem: N-decyl-N-methyl-1-decanamine. Na obr. 42 jsou zobrazeny mapy rozložení sloučenin v jednotlivých skupinách pro jednotlivé odběry.

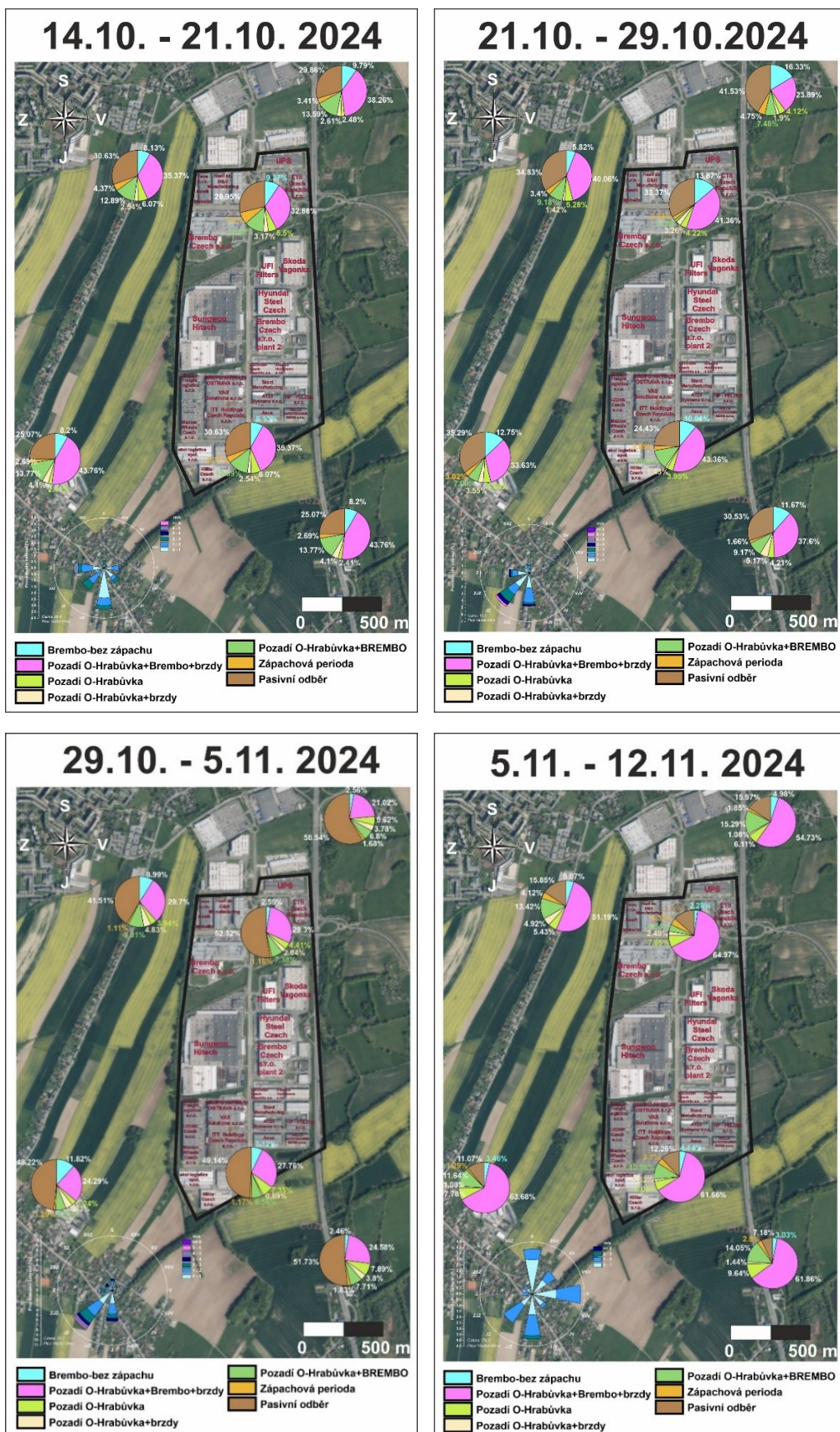


**Obr. 41** Rozložení sloučenin ve skupinách vyjádřené průměrnou hodnotou za celé vzorkované období pro každou lokalitu (vlevo), výskyt nejvyšších průměrných koncentrací pro jednotlivé lokality se řazené podle dat odběru.

Nejvyšší koncentrace sloučenin ze skupiny „zápachových sloučenin“ byla v odběru za období 26.9.-7.10. zjištěná v lokalitě Místecká. Lokalita je zřejmě ovlivněna firmou ITT Holdings Czech Republic s.r.o. V tomto vzorkovaném období, a ještě v termínu od 14.10.-21.10.2024 byla naměřená koncentrace nejvyšší > 7 % (lokalita Na rovině 879) ovlivněná činností firmy Brembo Czech, s.r.o. Druhá nejvyšší koncentrace (4.75 %) byla naměřena v termínu od 21.10. do 29.10. na stejné lokalitě. Ve dvou odběrech 29.10.-5.11. (1,81 %) a 5.11.-12.11 (3,70 %) byly nejvyšší koncentrace zjištěny v lokalitě Na rovině 914, pravděpodobně ovlivněné aktivitou ITT Holdings Czech Republic, s.r.o.







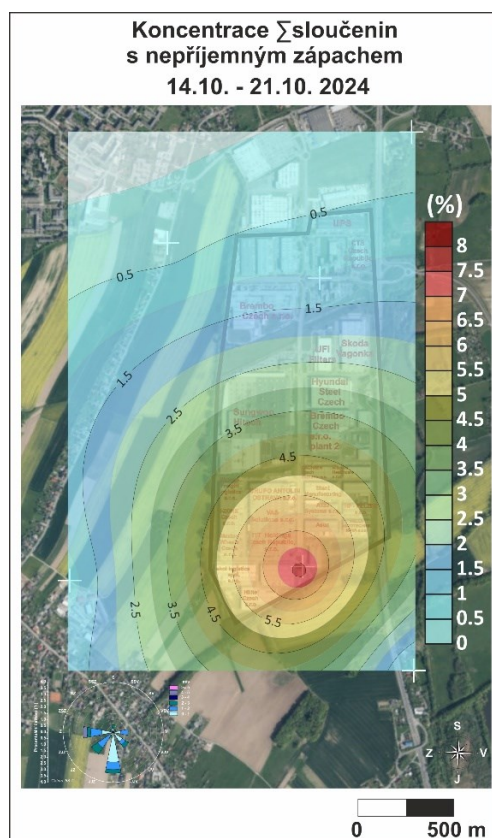
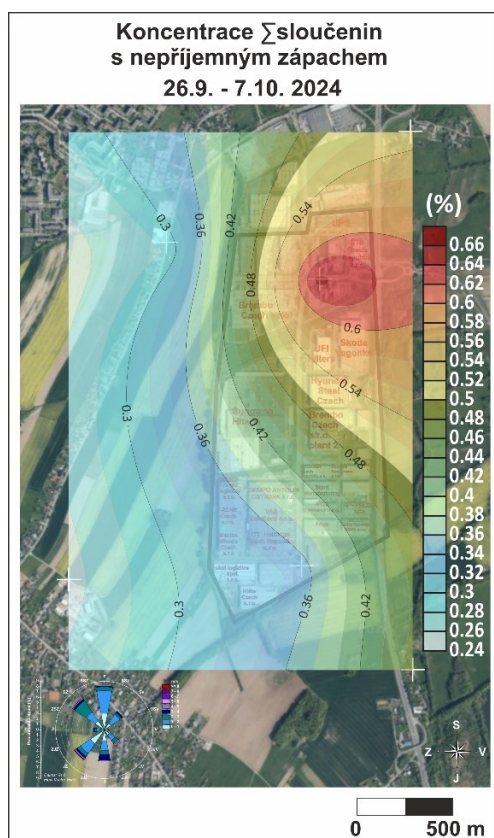
**Obr. 42** Mapa rozložení skupin organických sloučenin definovaných na základě společného výskytu pro jednotlivá období záchytu imisí pasivnímu vzorkovači.

## 10.1 Sloučeniny způsobující zápach – pasivní vzorkování

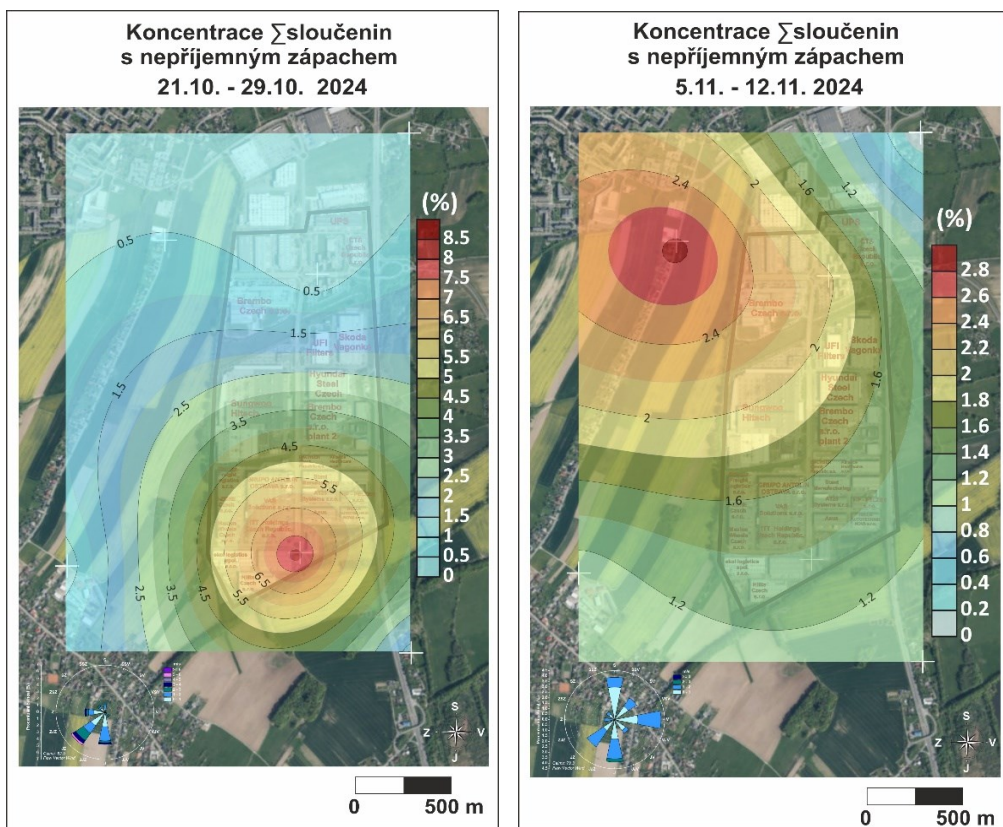
Pro identifikaci původu zápachu na základě výsledků pasivních odběrů vzorků jsme zvolili následující postup. U identifikovaných sloučenin byla s využitím AI doplněna charakteristika zápachu. Ze všech identifikovaných sloučenin byly vybrány takové, které vykazují obtěžující, velmi nepříjemný zápach. Přehled takových sloučenin je uveden v **tab. 41**. Pro vykreslení map plošné distribuce koncentrace sloučenin, které jsou možnou příčinou zápachu byly použity pouze sloučeniny, které jsou v tabulce označeny červeně: 3 mastné kyseliny a 2 sloučeniny vznikající při termickém rozkladu PUR (isoamyl cyanide a methallyl cyanide) a jedna sloučenina s organicky váznou sírou (benzenethiol). Barevně označené sloučeniny byly použity k vykreslení map izoliní (**obr. 43**).

**Tabulka 41** Průměrné koncentrace sloučenin (%) s intenzivním nepříjemným zápachem identifikované při odběru pasivními vzorkovači pro všechny odběry.

Sloučenina	Na rovince 914	Na rovince 897	Místecká	Krmelínská	Mitrovická	Bažanova	AVG	STD	AVG+STD	Popis vůně/zápachu
Ethylbenzene	0,158	0,236	0,196	0,207	0,205	0,215	0,203	0,03	0,229	Výrazný zápach, vůně benzínu
Mesitylene	0,139	0,226	0,129	0,149	0,098	0,194	0,156	0,05	0,202	Výrazný aromatický zápach
p-Cresol	0,049	0,028	0,053	0,036	0,039	0,047	0,042	0,01	0,051	Silný, fenolový zápach, podobný uhelnému dehtu
Toluene	15,023	6,978	12,103	8,974	11,075	8,585	10,456	2,89	13,346	Výrazná sladká, pronikavá vůně
Acetic acid	0,15	0,247	0,167	0,166	0,123	0,187	0,173	0,04	0,215	Silná štiplavá vůně, podobná octu
n-Decanoic acid	2,029	0,378	0,275	0,253	0,364	0,208	0,585	0,71	1,295	Silný nepříjemný zápach, zpcené ponožky
Nonanoic acid	1,419	0,535	0,198	0,635	0,333	0,137	0,543	0,47	1,013	Silný, nepříjemný zápach, který je často popisován jako žluklý nebo podobný zápachu starého, zkaženého másla.
Octanoic acid	0,487	0,197	0,287	0,086	0,08	0,063	0,2	0,16	0,365	Silný, žluklý pach, který je často popisován jako podobný pachu starého, zkaženého másla.
Methallyl cyanide (3-methyl-2-butenitrile)	0,008	0,005	0,006	0,011	0,002	0,009	0,007	0	0,01	Ostrý a nepříjemný zápach
Isoamyl cyanide	0,471	0,712	0,601	0,281	0,073	0,58	0,453	0,24	0,689	Ostrý a nepříjemný zápach
Methyl methacrylate	0,035	0,058	0,038	0,034	0,032	0,026	0,037	0,01	0,048	Zápach, ostrý - nepříjemný
Tetrachloroethylene (perchlorethylen)	0,441	0,194	0,132	0,152	0,438	0,225	0,264	0,14	0,404	Sladká a ostrá vůně
Benzenethiol		0,335	0,21			0,213	0,253	0,07	0,324	Silný, nepříjemný zápach, jako zkažená vejce nebo česnek
Σsloučeniny s nepříjemným zápachem	20,409	10,128	14,396	10,985	12,863	10,69	13,372	4,821	18,192	
Σsloučeniny s nepříjemným zápachem beztoluenu	5,385	3,15	2,292	2,011	1,788	2,105	2,915	1,931	4,846	

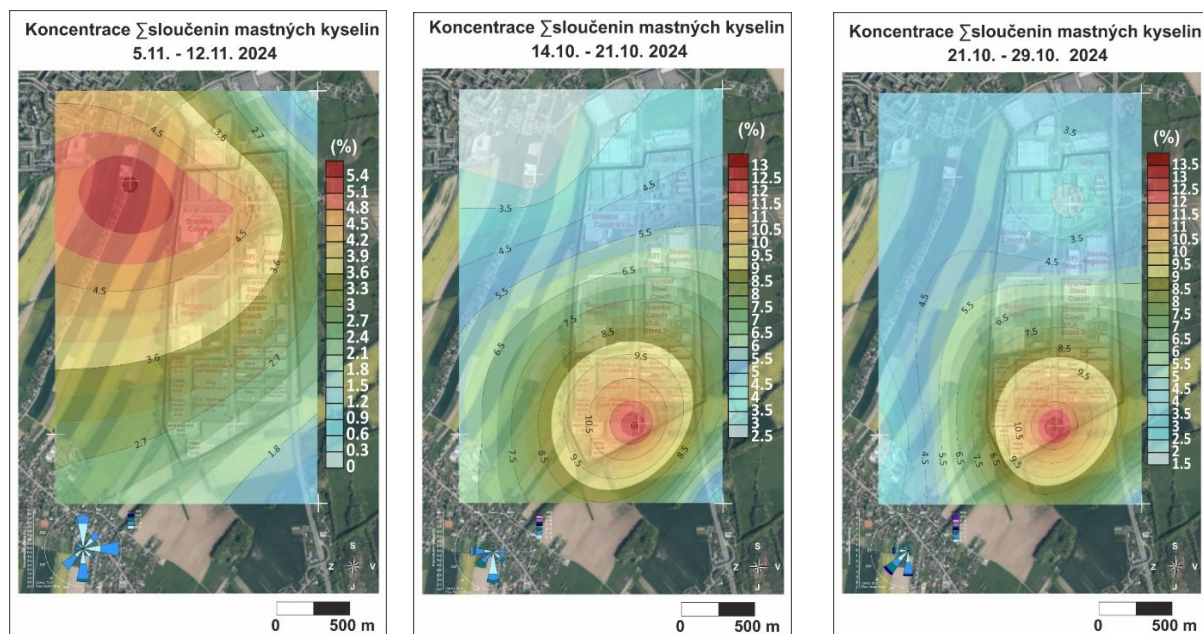






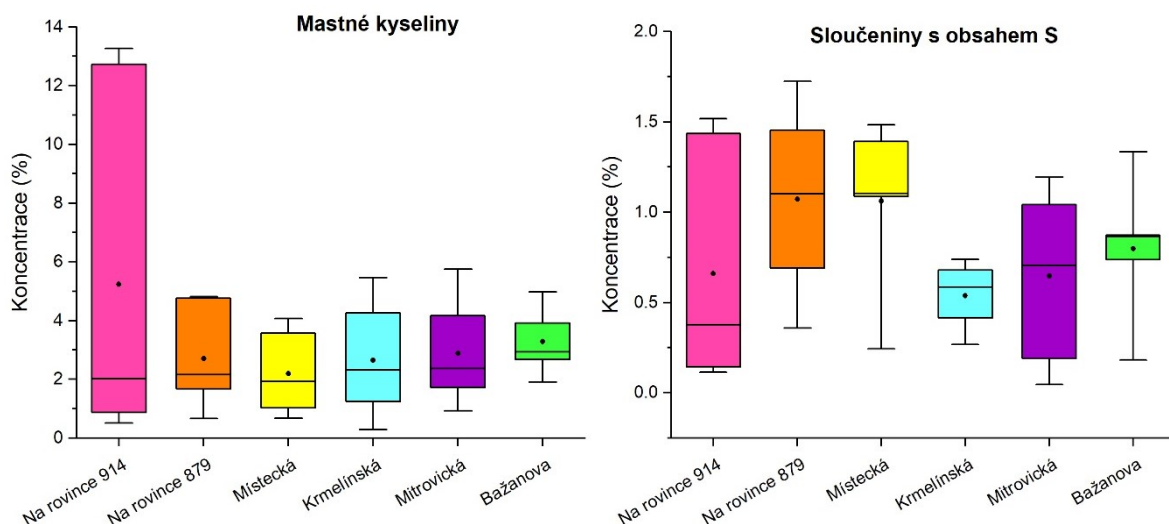
**Obr. 43** Mapy plošné distribuce  $\Sigma$  sloučenin s nepříjemným zápachem.

Mapy plošné distribuce byly sestaveny pro všech 6 odběrů. Prokázalo se, že se v prostoru průmyslové zóny vytváří 2 anomálie, jedna kolem ITT Holdings Czech Republic, s.r.o. (4× za vzorkované období) a 2 v okolí Brembo Czech, s.r.o. Vzhledem k tomu, že se na sloučeninách s velmi nepříjemným zápachem podílí hlavně mastné kyseliny, byly vytvořeny i mapky pro plošnou distribuci těchto kyselin (**obr. 44**). Podobně jako v předchozím případě převažovaly anomálie v oblasti ITT Holdings Czech Republic, s.r.o. (2 mapy měly atypické rozložení anomálií, které se nedají zdůvodnit).

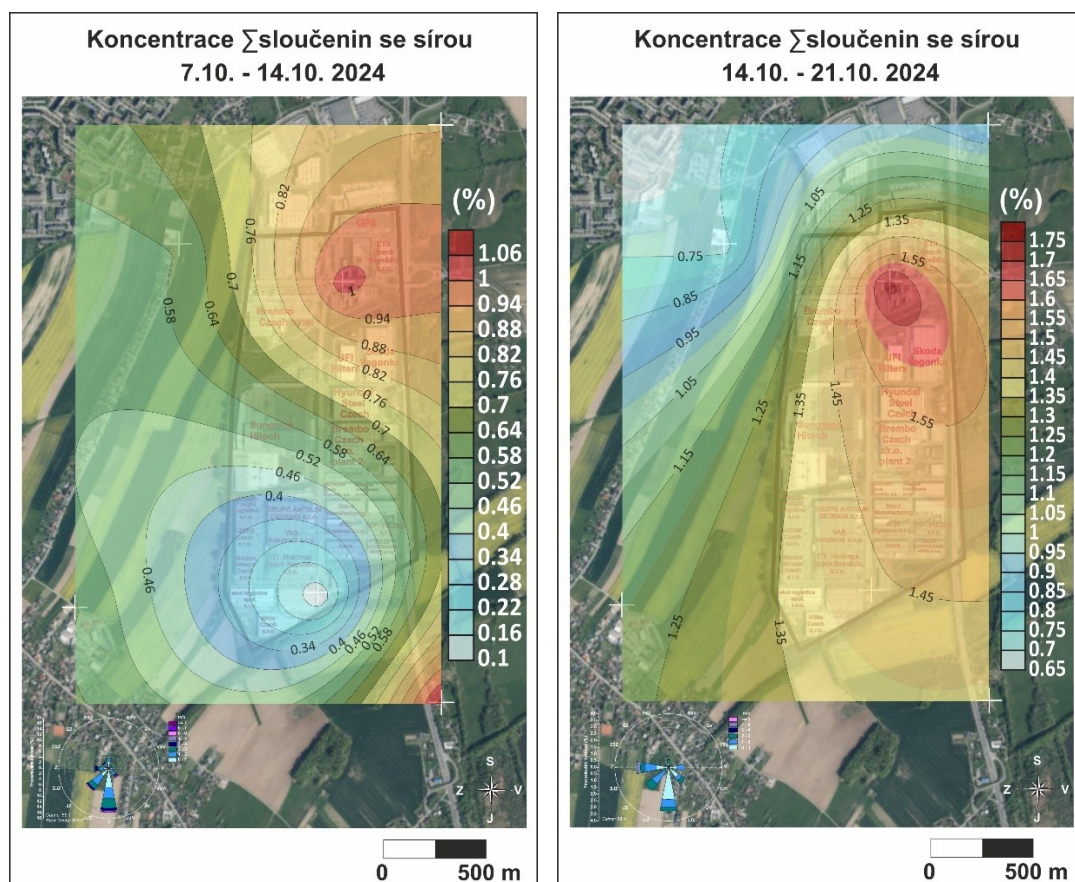


**Obr. 44** Mapy plošné distribuce  $\Sigma$  mastných kyselin (podle tabulky 42).

V souladu s mapami plošné distribuce  $\Sigma$  mastných kyselin poskytuje podobné výsledky i box-plot na **obr. 45**, kde výrazně nejvyšší koncentrace byly zjištěny pro lokalitu na rovince 914 v bezprostřední blízkosti ITT Holdings Czech Group, s.r.o. Pro vytvoření box-plotu pro sloučeniny s obsahem síry byly vybrány 3-ethyl-thiophene, 2-methyl-thiohene, benzenthiol. Lokalita Na rovince 914, vykazuje vysokou variabilitu koncentrace, nejvyšší koncentrace byla prokázána v lokalitě Na rovince 879 poblíž Brembo Czech, s.r.o. Podobné výsledky dokumentuje i mapa plošné distribuce na **obr. 46**, kde se střed anomálie rozkládá v oblasti lokality Brembo Czech, s.r.o.



**Obr. 45** Box-plot pro koncentrace mastných kyselin a sloučenin s obsahem síry.



**Obr. 46** Mapy plošné distribuce organických sloučenin s obsahem síry.



Na základě výsledků z pasivního vzorkování byl výzkum rozšířen o identifikaci původu mastných kyselin (**tab. 42**). V rámci aktivního vzorkování se prokázala přítomnost kyseliny máselné (butanoic acid) a jejího esteru a dále dalších mastných kyselin s vyšším počtem uhlíků, které již mají vyšší hodnotu ODT. Bylo také prokázáno, že se tyto kyseliny uvolňují ze vzorku otěru z brzdových destiček (vzorek Brembo). Tyto kyseliny vznikají při termické degradaci kokosových vláken, což bylo následně potvrzeno vlastní analýzou kokosových vláken (podestýlka pro hlodavce), jejím zahřátím při teplotě 180 °C a zachytem emisí na sorpční trubičku s následnou analýzou TG-GC/MS.

**Tabulka 42** Mastné kyseliny identifikované při aktivním vzorkování ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sloučenina	Průmyslová zóna		Hrabůvka		Vzorek Brembo		Pozadí O-Hrabůvka		Pozadí průmyslová zóna		Vůně/zápach	ODT	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD		(ppb)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Butanoic acid</i>	1,266	0,07	2,195	1,89	2,658	1,880			0,266	0,07	Nepříjemný, připomínající	0,26	0,94
<i>Butanoic acid, ethyl ester</i>	0,082	0,03	0,269	0,26	3,434	1,791			0,062	0,043	zkažené máslo	0,04	0,19
<i>Dodecanoic acid</i>					13,641	1,569			1,062	0,109	Mýdlový, voskový		4*
<i>n-Decanoic acid</i>	0,451	0,21	0,666	0,38	17,736	13,693			0,431	0,016	Mýdlový, voskový	50 ppm	**
<i>Pentadecanoic acid</i>	0,219	0,03	0,156	0,04	23,176	0,220	0,454	0,221	0,776	0,280	Mýdlový, voskový	NIA	
<i>Octanoic acid</i>	0,105	0,05	0,123	0,05	12,804	3,458					Nepříjemný	0,2	1,18
<i>Nonanoic acid</i>					18,907	0,631					Ostrý, po sýru	NIA	***
<b>Celkem</b>	<b>2,123</b>	<b>0,384</b>	<b>3,408</b>	<b>2,628</b>	<b>92,357</b>	<b>23,242</b>	<b>0,454</b>	<b>0,221</b>	<b>2,596</b>	<b>0,517</b>			

**Vysvětlivky:** \*Pubchem (2025); \*\*RCT (2024), \*\*\*Haz-Map (2025b)

Mastné kyseliny nemusí vznikat jen při termickém rozkladu některých druhů biomasy, ale zároveň prostřednictvím fotokatalytické reakce může docházet k jejich přeměně, čímž se může zvyšovat jejich koncentrace v prostředí. Příkladem je fotokatalytická degradace kyselin C2-C4 (butanoic acid), kdy dochází ke tvorbě alkoholů, kyselin, aldehydů (nebo ketonů) a alkanů jako meziproduktů. Fotokatalytická degradace octanoic acid produkuje alcohol (heptanol) and heptanoic acid (Guillard 2000).

Výsledky analýzy, jako průměr ze tří měření je uveden v **tab. 43**. Výsledky jednoznačně potvrdily emise mastných kyselin během termického rozkladu kokosových vláken již při nízkých teplotách.



**Obr. 47** Dokumentace kokosových vláken použitých pro termický rozklad s následnou analýzou TD-GC/MS.

**Tabulka 43** Analýza emisí z kokosových vláken ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a přepočet na % z celkové sumy všech identifikovaných karboxylových kyselin.

Mastné kyseliny a jejich estery	AVG	STD	%
<i>Butanoic acid, methyl ester</i>	100,23	1,825	6,36
<i>2-Butenoic acid, methyl ester, (Z)-</i>	13,43	1,825	0,85
<i>2-Butenoic acid, methyl ester, (E)-</i>	45,34	1,337	2,88
<i>Butanoic acid</i>	83,27	1,825	5,28
<i>Butanoic acid, methyl ester</i>	19,43	1,825	1,23
<i>Butanoic acid, 2-oxo-, methyl ester</i>	1,75	0,135	0,11
<i>Hexadecanoic acid</i>	74,09	1,37	4,70
<i>Pentadecanoic acid</i>	349,97	3,14	22,20
<i>9-Octadecenoic acid, (E)-</i>	261,14	3,979	16,57
<i>Octadecanoic acid</i>	241,03	3,14	15,29



Během fotokatalytické degradace kyselin C2-C4 (butanoic acid) dochází ke tvorbě alkoholů, kyselin, aldehydů (nebo ketonů) a alkanů jako meziproduktů. Fotokatalytická degradace octanoic acid produkuje alcohol (heptanol) and heptanoci acid (Guillard 2000).

## 10.2 Identifikace původu organických sloučenin z výsledků získaných z pasivních vzorkovačů

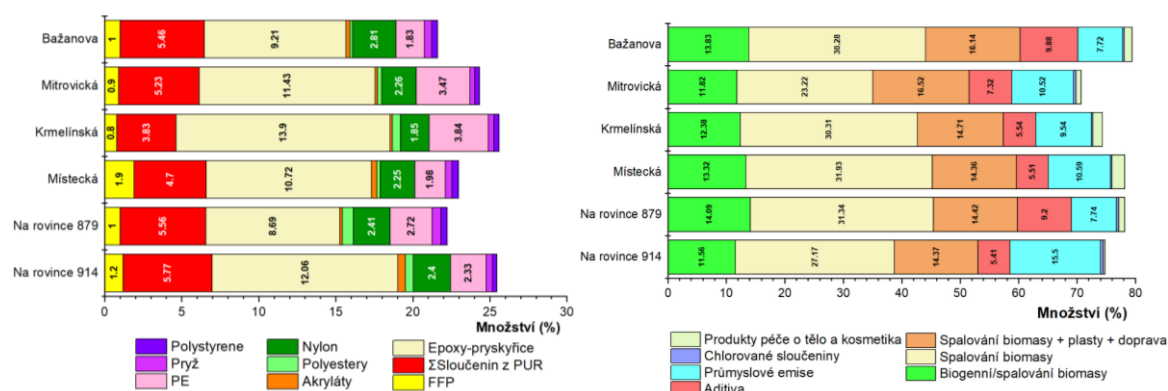
K rozdělení do skupin polymerů a na ostatní nespecifické sloučeniny bylo použito stejné třídění jako u aktivního vzorkování, a to na specifické sloučeniny charakterizující jednotlivé polymery (10 skupin) a nespecifické sloučeniny, které mohou pocházet z několika zdrojů (tab. 44a,b).

Specifické sloučeniny pro: fenolformaldehydové pryskyřice, sloučeniny uvolněné při termickém zpracování polyuretanu (PUR), epoxy-pryskyřice, akryláty, polyethylen (PE), polypropylen (PP), pryž, polystyren a z tkanin: polyester (PES) a nylon. Z průměrné hodnoty koncentrace jednotlivých polymerů v rámci celého souboru bylo zjištěno, že pro pasivní vzorkovače platí, že následující množství distribuce:

Epoxidové pryskyřice > PUR > polyethylen > nylon > fenol-formaldehydové pryskyřice  
(FFP) > PES = pryž > polystyren

Do kategorie nespecifických sloučenin, byly zařazeny sloučeniny, které tvoří: aditiva, průmyslové emise (chlorované sloučeniny), produkty péče o tělo a sloučeniny, vznikající ze spalovacích procesů: biogenní/spalování biomasy, spalování biomasy, spalování biomasy + doprava, spalování biomasy + plasty + doprava, spalování biomasy + plasty. Rozlišení sloučenin uvolňovaných ze spalování biomasy a dopravy není možné, neboť přidáváním biosložky do paliva se řada sloučenin vyskytuje společně. Na obr. 48. je znázorněna průměrná koncentrace specifických sloučenin pro jednotlivé skupiny polymerů za celé vzorkované období a rozdělení do skupin v kategorii nespecifických sloučenin. Přesnější zařazení nespecifických sloučenin do jednotlivých skupin není dále možné, protože jejich použití se v současné době značně prolínají (například použití biosložky v motorových palivech) nebo použití odpadní biomasy při výrobě brzdových destiček, což může zvyšovat přítomnost degradačních produktů celulózy v ovzduší (anhydrosacharidy) apod. Nejvyšší množství nespecifických sloučenin bylo zjištěno pro lokalitu Bažanova. Nejvyšší množství specifických sloučenin indikujících polymery bylo identifikováno v lokalitě Na rovině 914 (25,5 %) v okolí ITT Holdings Group, s.r.o. a Krmelínská (25,6 %) a Mitrovická (24,3 %). V kategorii průmyslové emise byl kromě o,p-xyleny (1-2 %) zařazen toluen ( $10,46 \pm 7,8 \%$ ), proto je jejich množství tak vysoké.

Box-ploty (obr. 49) byly sestaveny ze všech naměřených dat za celou vzorkovací kampaň. Udávají rozsah koncentrace, medián, aritmetický průměr a vlastní krabice (box) sahá od prvního kvartilu (25. percentil) k třetímu kvartilu (75. percentil).



**Obr. 48** Průměrné koncentrace specifických sloučenin charakterizujících jednotlivé polymery a nespecifické sloučeniny zařazené podle možného alternativního původu z více zdrojů.

**Tabulka 44a** Rozdělení na základě selektivních sloučenin (množství v %).

Polymer/materiál	Sloučenina	Min	Max	AVG	STD
<b>Fenol-formaldehydové pryskyřice</b>	2,4-Di-tert-butylphenol	0,028	0,669	0,160	0,113
	p-Cresol	0,015	0,088	0,043	0,105
	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	0,047	4,650	0,398	0,688
	Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-	0,026	0,478	0,138	0,648
	Thiophene, 3-ethyl-	0,035	0,980	0,337	0,257
	Thiophene, 2-methyl-	0,063	0,896	0,521	0,303
	<b>Σ</b>	<b>0,185</b>	<b>5,834</b>	<b>1,169</b>	<b>0,818</b>
<b>Polyuretan</b>	[1,1':3',1''-Terphenyl]-2'-ol	0,025	1,724	0,354	0,313
	1-Decanamine, N-decyl-N-methyl-	0,003	0,660	0,194	0,271
	Benzaldehyde	0,085	1,628	0,516	0,324
	Heptadecanenitrile	0,085	0,852	0,325	0,303
	Isoamyl cyanide	0,017	2,690	0,447	0,550
	Methallyl cyanide	0,001	0,019	0,007	0,614
	Octadecanamide	0,145	2,110	0,668	0,562
	Octadecanenitrile	0,014	0,689	0,272	0,500
	Tetradecan amide	0,396	4,010	1,814	1,068
	<b>Σ</b>	<b>0,527</b>	<b>6,020</b>	<b>3,553</b>	<b>1,519</b>
<b>Epoxy-pryskyřice</b>	Acetophenone	0,052	1,257	0,393	0,269
	Benzene	1,652	26,504	10,546	6,831
	Vanillin	0,073	1,690	0,672	6,843
	<b>Σ</b>	<b>2,489</b>	<b>27,729</b>	<b>11,303</b>	<b>7,113</b>
<b>Polyuretanové barvy</b>	Trimethylsilyl fluoride	0,010	0,985	0,441	0,266
	Silane, 9-anthracenyltrimethyl-	0,074	0,525	0,170	0,251
	Silanediol, dimethyl-	0,022	2,630	0,669	0,526
	1,8-Diazacyclotetradecane-2,7-dione	0,069	4,110	0,956	0,972
	<b>Σ</b>	<b>0,165</b>	<b>7,151</b>	<b>1,661</b>	<b>1,439</b>
<b>Chlrované sloučeniny</b>	Benzene, chloro-	0,007	0,305	0,120	0,089
	Benzene, 1,3-dichloro-	0,001	0,090	0,015	0,082
	Hexane, 1-chloro-	0,015	0,323	0,090	0,075
	Tetrachloroethylene	0,025	1,140	0,259	0,197
	<b>Σ</b>	<b>0,049</b>	<b>1,165</b>	<b>0,337</b>	<b>0,240</b>
<b>Akryláty</b>	Dodecyl acrylate	0,046	1,284	0,276	0,260
	Methyl methacrylate	0,011	0,077	0,036	0,224
	<b>Σ</b>	<b>0,057</b>	<b>1,313</b>	<b>0,312</b>	<b>0,484</b>
<b>PES, polyestery</b>	Benzoic acid	0,012	0,365	0,065	0,084
	o-Cymene	0,026	2,544	0,297	0,421
	p-Cymene	0,014	1,356	0,266	0,489
	<b>Σ</b>	<b>0,052</b>	<b>2,674</b>	<b>0,628</b>	<b>0,993</b>
<b>PE, polyethylen</b>	(Z), (Z)-2,4-Hexadiene	0,015	1,021	0,116	0,188
	1-Nonene	0,005	0,110	0,035	0,139
	Decanal	0,045	1,693	0,429	0,323
	Hexanal	0,015	0,268	0,080	0,331
	Heptadecane	0,005	0,423	0,111	0,105
	Heptanal	0,011	0,113	0,046	0,100
	Hexadecane	0,011	1,590	0,112	0,234
	Nonane	0,020	1,500	0,169	0,323
	Nonanal	0,091	1,948	0,636	0,453
	Octane	0,006	1,896	0,401	0,499
	Octanal	0,055	0,447	0,211	0,416
	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	0,120	6,712	1,308	1,345
	Tridecane	0,017	0,965	0,317	1,227
	<b>Σ</b>	<b>0,417</b>	<b>18,685</b>	<b>3,969</b>	<b>5,684</b>
<b>Nylon</b>	9-Octadecenamide, (Z)-	0,063	0,652	0,371	0,170
	Caprolactam	0,005	1,962	0,267	0,363
	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	0,013	0,965	0,172	0,382
	Benzene, 1,3-dimethyl-	0,076	0,415	0,206	0,180
	Benzene, propyl-	0,000	0,069	0,021	0,113
	Cyclododecane	0,052	1,285	0,294	0,268
	Dodecylacrylate	0,046	1,284	0,276	0,289
	Hexadecanamide	0,365	4,150	1,922	1,149
	Heptadecanenitrile	0,085	0,852	0,325	1,090
	<b>Σ</b>	<b>0,705</b>	<b>11,633</b>	<b>3,854</b>	<b>4,004</b>

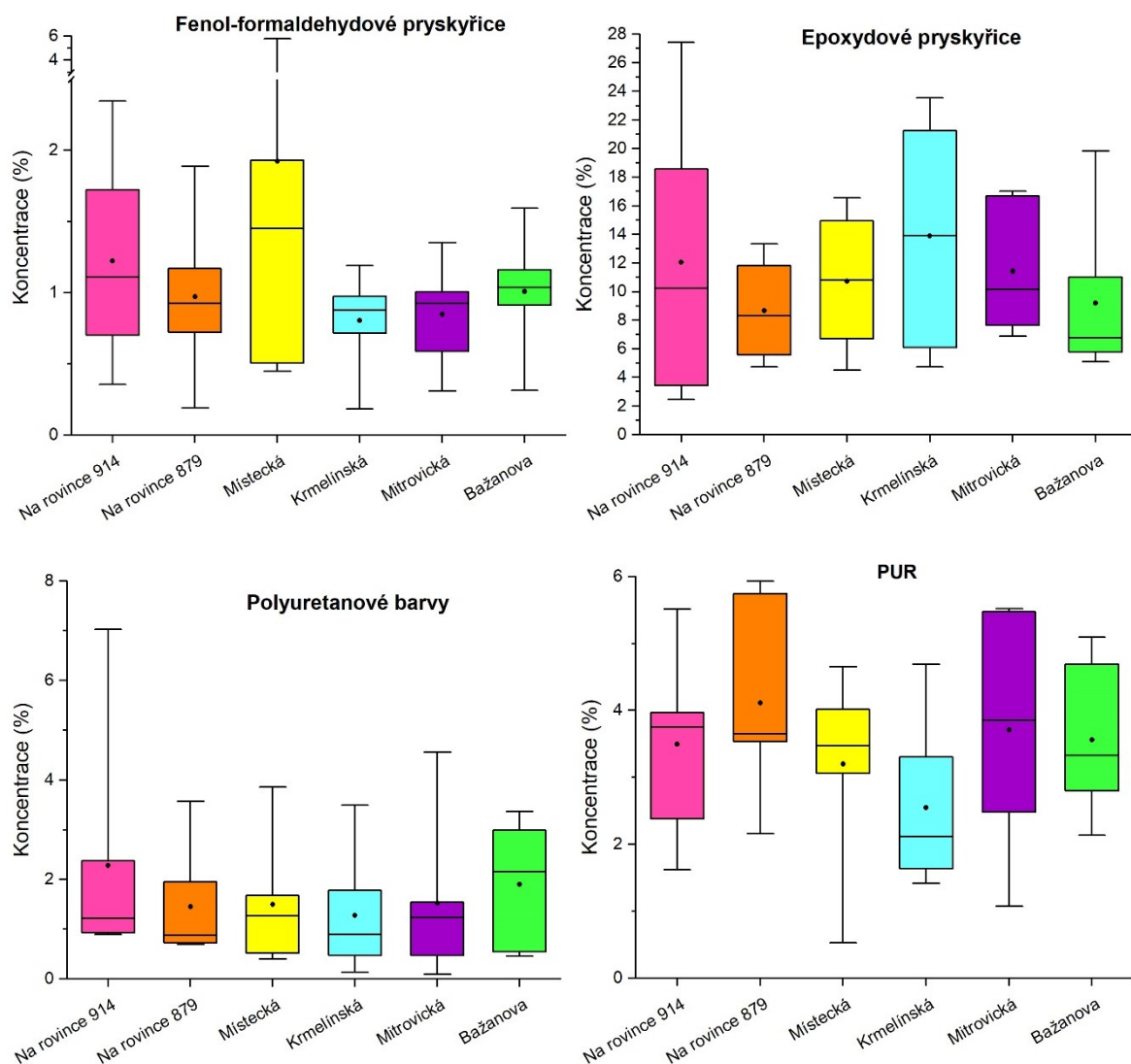
**Tabulka 44b** Neselektivní sloučeniny (výskyt v několika matricích nebo během různých procesů) uvedeno jako množství v %.

Původ	Sloučenina	Min	Max	AVG	STD
<b>Aditiva</b>	1-Hexanol, 2-ethyl-	0,058	0,534	0,220	0,098
	1,2-Benzenedicarboxylic acid, dinonyl ester ( <i>dinonyl phthalate</i> )	0,085	1,590	0,367	0,263
	1,3-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	0,020	2,695	0,327	0,450
	1,4-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	0,203	10,630	3,528	3,045
	2-Ethylhexyl salicylate	0,036	0,465	0,162	3,088
	2-Pentene, 2,4,4-trimethyl-	0,002	0,182	0,035	0,116
	Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)	0,000	0,000		0,041
	Benzoic acid, tetradecyl ester	0,018	0,401	0,161	0,107
	Benzoic acid, tridecyl ester	0,005	0,410	0,104	0,105
	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	0,256	3,152	1,048	0,702
	Didecan-2-yl phthalate	0,352	4,250	2,134	1,199
	Diethyl Phthalate	0,015	0,211	0,064	1,414
	Di-isononyl phthlate	0,024	1,690	0,386	0,346
	Octan-2-yl palmitate	0,201	6,613	1,840	1,587
	<b>Σ Aditiva</b>	<b>1,275</b>	<b>32,823</b>	<b>10,376</b>	<b>12,561</b>
<b>Biogenní původ/spalování biomasy</b>	.alpha.-Pinene	0,010	0,421	0,118	0,102
	.beta.-Pinene	0,011	1,000	0,214	0,173
	3-Carene	0,002	0,854	0,168	0,230
	Bacteriochlorophyll-c-stearyl	0,018	4,250	0,979	0,971
	Camphene	0,007	0,111	0,036	1,047
	Coniferyl aldehyde	0,085	0,620	0,276	0,160
	Heptacosane	0,078	1,986	0,769	0,445
	Hexacosane	0,018	3,260	1,160	0,977
	Hexatriacontane	0,082	1,757	0,476	0,986
	Levogluosenone	0,115	1,409	0,417	0,327
	Nonacosane	0,205	1,585	0,858	0,388
	Octacosane	0,147	1,676	0,609	0,396
	Pentacosane	0,245	2,540	0,999	0,530
	Pentadecane	0,016	2,050	0,302	0,626
	Tetracosane	0,135	2,050	0,590	0,463
	Tetradecane	0,014	2,520	0,415	0,484
	Triacontane	0,096	1,896	0,586	0,494
	Supraene	0,269	5,010	2,246	1,253
	Squalane (spinacane)	0,254	4,520	1,519	1,354
	Squalene	0,383	10,830	4,172	2,564
	<b>Σ Biogenní původ/spalování biomasy</b>	<b>5,387</b>	<b>21,598</b>	<b>13,341</b>	<b>7,142</b>
<b>Pryž</b>	Mesitylene	0,040	0,346	0,170	0,085
	4-Methyl-1,3-pentadiene	0,067	0,832	0,365	0,190
	Benzenethiol	0,210	0,335	0,261	0,189
	<b>Σ Pryž</b>	<b>0,317</b>	<b>1,514</b>	<b>0,796</b>	<b>0,464</b>
<b>Polystyrene</b>	Ethylbenzene	0,049	0,415	0,204	0,103
	Styrene	0,074	0,635	0,207	0,117
	<b>Σ Polystyrene</b>	<b>0,123</b>	<b>1,050</b>	<b>0,411</b>	<b>0,220</b>
<b>Kosmetické produkty/péče o tělo</b>	Isopropyl myristate	0,062	4,650	1,208	1,391
	o-Xylene	0,187	1,220	0,615	0,276
<b>Průmyslové emise</b>	p-Xylene	0,085	0,900	0,274	0,295
	Toluene	1,138	32,531	10,463	7,847
	<b>Σ Průmyslové emise</b>	<b>1,410</b>	<b>34,651</b>	<b>11,352</b>	<b>8,418</b>
<b>Spalování biomasy + plasty + doprava</b>	[1,1':3',1''-Terphenyl]-2'-ol	0,025	1,724	0,354	0,313
	1,3-Pentadiene, 3-methyl-, (E)-	0,035	0,874	0,256	0,280
	1,4-Cyclohexadiene	0,016	0,965	0,215	0,204
	1-Dodecanol	0,001	2,311	0,198	0,423
	1-Heptene	0,026	1,601	0,304	0,474
	2-Heptene, (E)-	0,010	2,595	0,408	0,481
	1-Hexadecanol, 2-methyl-	0,098	0,717	0,236	0,412
	2-Hexanone	0,021	0,486	0,240	0,145
	3-Hexanone	0,028	0,308	0,167	0,118
	2-Methoxy-4-vinylphenol	0,001	0,114	0,034	0,087
	2-Vinylfuran	0,065	0,401	0,174	0,095
	2,4-Hexadiene	0,019	0,474	0,120	0,105
	3-Hexanol	0,003	0,292	0,093	0,099
	Benzene, 1,4-diethyl-	0,010	0,108	0,042	0,054
	Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-	0,014	0,307	0,049	0,047
	Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, cis-	0,015	0,352	0,142	0,094
	Cyclohexane, ethyl-	0,011	0,367	0,090	0,092

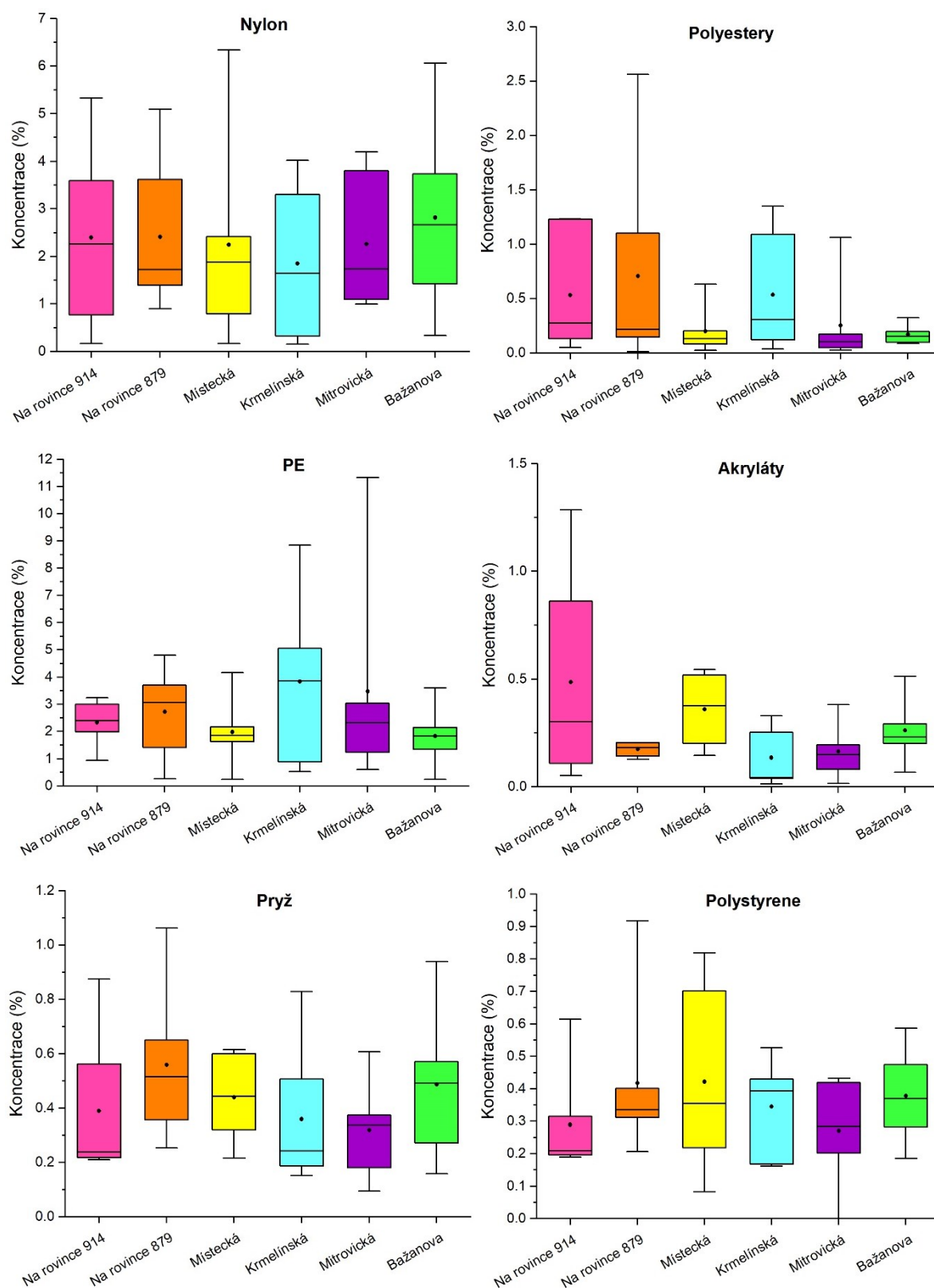
Původ	Sloučenina	Min	Max	AVG	STD
	Dodecanoic acid	0,023	3,930	0,662	0,641
	D-limonene	0,005	0,151	0,061	0,670
	Furan, 2,5-dimethyl-	0,061	21,874	3,924	3,446
	Heptane	0,025	0,422	0,218	3,405
	Hexadecane, 1,1-bis(dodecyloxy)-	0,035	0,546	0,165	0,121
	Methyl dehydroabietate	0,014	1,341	0,240	0,260
	n-Decanoic acid	0,085	4,103	0,645	0,825
	n-Hexadecanoic acid	0,036	3,939	1,239	1,162
	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-6-(1-phenylethyl)-	0,009	0,214	0,054	1,026
	Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-	0,009	0,255	0,080	0,067
	Naphthalene, 1-methyl-7-(1-methylethyl)-	0,163	0,917	0,359	0,198
	Octadecane, 3-ethyl-5-(2-ethylbutyl)-	0,056	0,698	0,255	0,206
	Octadecanoic acid	0,085	2,455	0,478	0,388
	Octadecanoic acid, octyl ester	0,022	1,013	0,362	0,391
	Octan-2-yl palmitate	0,201	6,613	1,840	1,577
	Octanoic acid	0,011	1,231	0,230	1,641
	Oxime-, methoxy-phenyl-	0,022	1,013	0,362	0,339
	Pentadecanoic acid	0,042	1,125	0,254	0,289
	Tetradecanoic acid	0,050	2,855	0,608	0,503
	<b>Σ Spalování biomasy + plasty + doprava</b>	<b>1,352</b>	<b>68,692</b>	<b>15,159</b>	<b>20,677</b>
Spalování biomasy + plasty	1-Dodecene	0,012	0,732	0,112	0,196
	1-Octadecanol	0,009	0,415	0,151	0,170
	1-Octadecanol, methyl ether	0,055	0,520	0,207	0,111
	1-o-Tolylprop-2-en-1-ol	0,011	0,111	0,044	0,108
	1-Tetradecanol	0,025	0,428	0,171	0,100
	2,4'-Dimethoxy-2'-(tert.-butyldimethylsilyl)oxychalcone	0,013	0,562	0,130	0,109
	2-Hexadecanol	0,025	0,852	0,231	0,203
	Acetic acid	0,023	0,502	0,179	0,208
	Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	0,055	0,602	0,236	0,151
	Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl-	0,059	0,639	0,197	0,145
	Cyclopentane, 1,1,3,4-tetramethyl-, cis-	0,011	0,130	0,047	0,124
	D-Limonene	0,006	0,350	0,105	0,063
	Heptamethyl-3-phenyl-1,4-cyclohexadiene	0,074	0,904	0,279	0,166
	Hexadecanoic acid, dodecyl ester	0,039	3,160	0,723	0,680
	Hexadecanoic acid, methyl ester	0,025	1,142	0,247	0,734
	2-Propanol, 1,3-dichloro-	0,003	0,031	0,012	0,254
	3-(2,5-Dimethylfuran-3-yl)-2-phenylcyclopent-2-en-1-one	0,041	0,632	0,163	0,135
	4-(4'-Hydroxyphenoxy)biphenyl	0,204	3,150	1,215	1,000
	4-Cyclopentene-1,3-dione, 2,4-diphenyl-	0,011	0,521	0,082	1,012
	Methyl stearate	0,085	1,186	0,435	0,295
	n-Nonadecanol-1	0,008	0,632	0,177	0,282
	Nonanoic acid	0,014	3,257	0,588	0,685
	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	0,025	1,206	0,192	0,669
	Furfural	0,036	2,124	0,243	0,344
	<b>Σ Spalování biomasy + plasty</b>	<b>0,869</b>	<b>23,789</b>	<b>6,165</b>	<b>7,943</b>
Spalování biomasy + doprava	1H-Indene, 1,3-dimethyl-	0,001	0,081	0,017	0,016
	1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene	0,032	0,522	0,175	0,117
	<b>Σ Spalování biomasy + doprava</b>	<b>0,033</b>	<b>0,603</b>	<b>0,192</b>	<b>0,134</b>
Spalování biomasy	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro- (Levoglucozan)	2,850	31,305	17,287	7,147
	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	0,085	5,020	1,049	9,770
	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucofuranose	0,325	10,652	3,563	2,756
	2,3-Anhydro-d-mannosan	0,008	16,020	7,856	3,987
	1H-Indene, 1,3-dimethyl-	0,001	0,081	0,017	4,823
	Acetic acid, butyl ester	0,015	0,225	0,064	0,047
	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0,005	1,150	0,261	0,230
	Indene	0,008	0,125	0,046	0,240
	<b>Σ Spalování biomasy</b>	<b>3,297</b>	<b>64,578</b>	<b>30,144</b>	<b>29,001</b>

*Nejvyšší množství specifických sloučenin využitých pro identifikaci jednotlivé polymery se vyskytovalo na lokalitách:*

- Na rovince 914 (v okolí ITT Holdings Czech Republic): sloučeniny pocházejících z termického rozkladu PUR, akryláty
- Na rovince 879 (v okolí Brembo Czech Republic, s.r.o.): sloučeniny pocházejících z termického rozkladu PUR srovnatelné s lokalitou 914, polyestery, pryž
- Místecká (poblíž ITT Holdings Czech Republic): fenol-formaldehydové pryskyřice
- Krmelínská (poblíž Brembo Czech Republic, s.r.o.): epoxy pryskyřice, polyethylen
- Mitrovická (poblíž ITT Holdings Czech Republic): mimo směr proudění větru
- Bažanova (poblíž Brembo Czech Republic, s.r.o.): sloučeniny pocházejících z termického rozkladu PUR srovnatelné s lokalitou 914 a 879 a nylonová vlákna



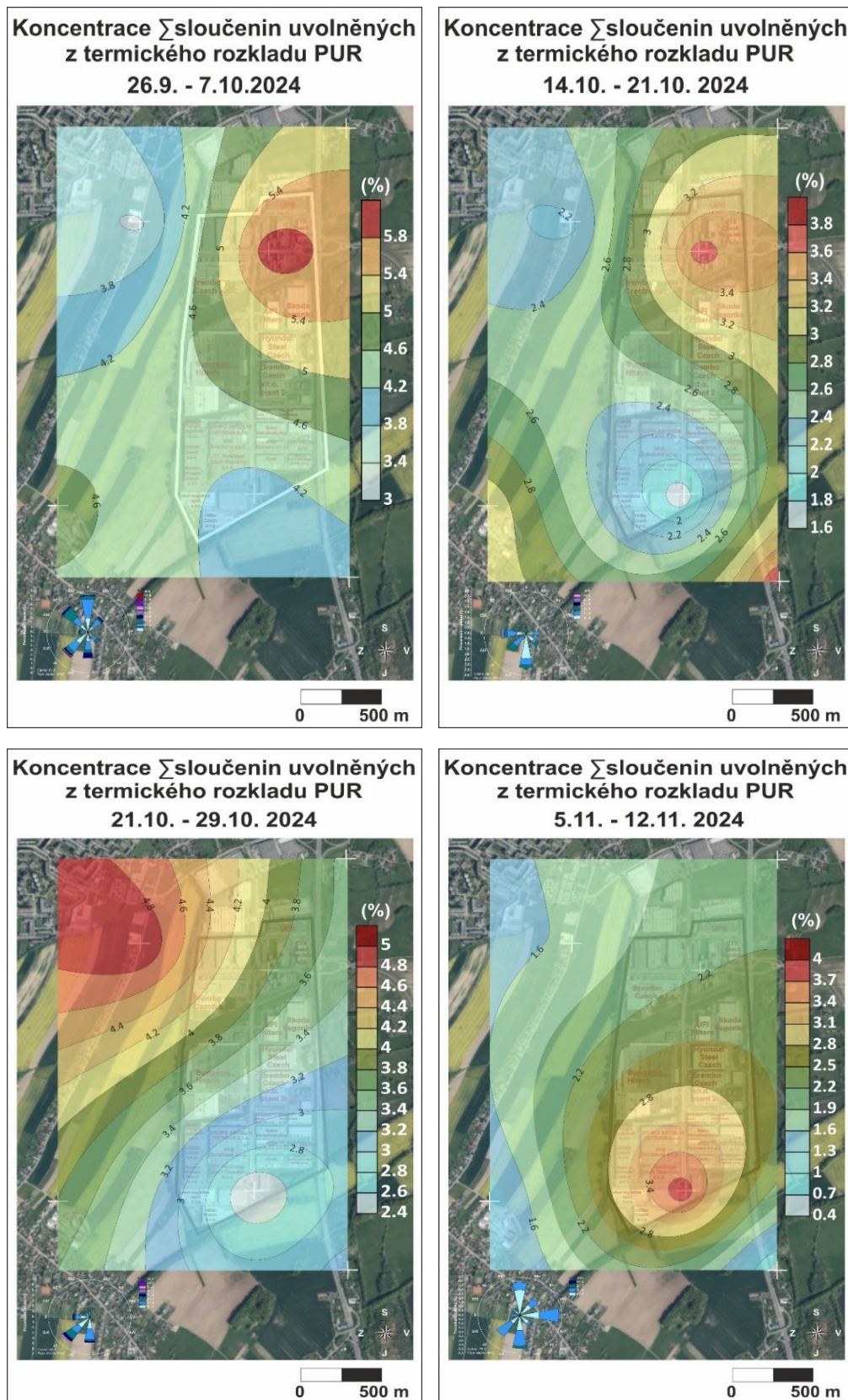




**Obr. 49** Box-plot koncentrace jednotlivých skupin polymerů a pryže pro jednotlivé lokality.

Mapy plošné distribuce polyuretanu (**obr. 50**) dokumentují předchozí výsledky, ze kterých vyplývá, že nejvyšší koncentrace PUR byly zjištěny jak v okolí Brembo Czech, s.r.o., tak ITT Holdings Czech

Republic (5.11. – 12.11. 2024). Jednoznačné ovlivnění obytné zástavby (Hrabůvka) dokumentuje mapa izoliní sestavená pro období 21.10. – 29.10. 2024, kdy jsme zároveň zachytili 2 zápachové epizody přímo v průmyslové zóně Hrabová na základě stížnosti obyvatel.



**Obr. 50** Mapy plošné distribuce polyuretanu.

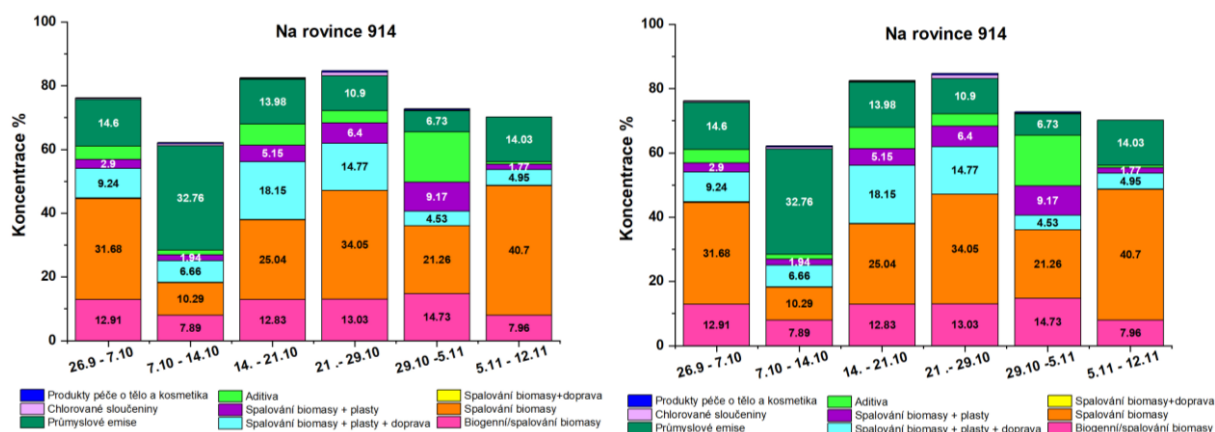
*Problematickou skupinou sloučenin uvolňovaných při termické degradaci PUR jsou isokyanáty. V následujícím přehledu jsou uvedena klíčová zdravotní rizika spojených s expozicí isokyanátů:*

- Respirační senzibilizace: Isokyanáty jsou silnými senzibilizátory dýchacích cest a mohou způsobit astma a další respirační problémy.
- Kožní senzibilizace: Isokyanáty mohou způsobit alergickou kontaktní dermatitidu, což vede k podráždění kůže, zarudnutí a svědění. Dlouhodobý nebo opakovaný kontakt s kůží může vést k senzibilizaci, což činí jedince náchylnějšími k alergickým reakcím při následných expozicích.
- Oční podráždění: Expozice isokyanátům může způsobit podráždění očí, což vede k zarudnutí, natržení a nepříjemným pocitům.
- Karcinogenita: Některé isokyanáty jsou spojovány se zvýšeným rizikem rakoviny. Dlouhodobá expozice isokyanátům může přispět k rozvoji některých typů rakoviny.
- Další zdravotní účinky: Isokyanáty mohou také způsobit další nepříznivé zdravotní účinky, včetně bolesti hlavy, závratí a nevolnosti

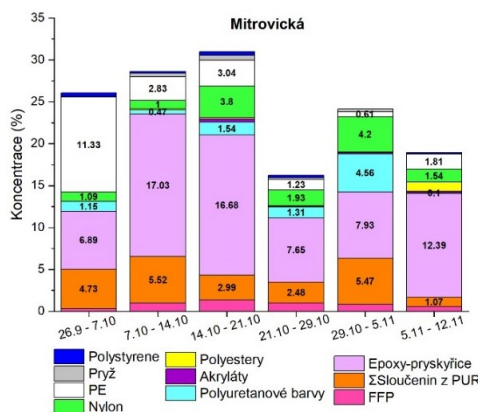
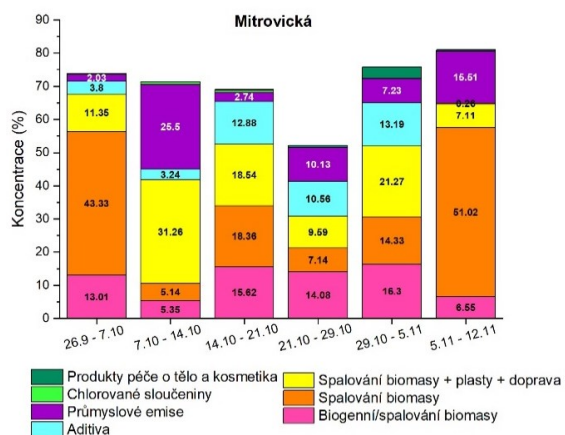
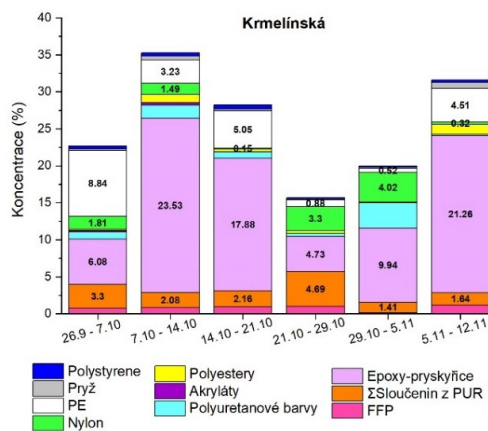
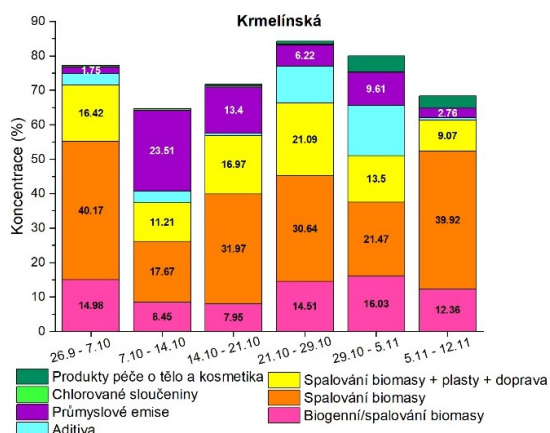
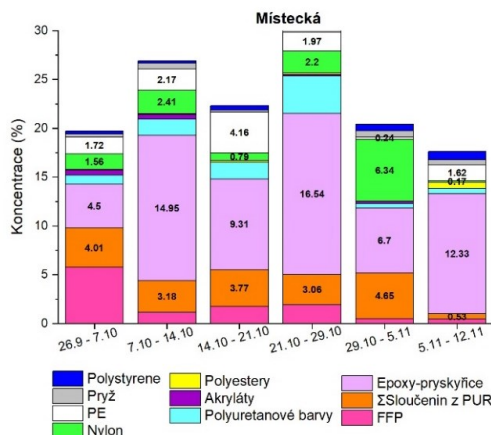
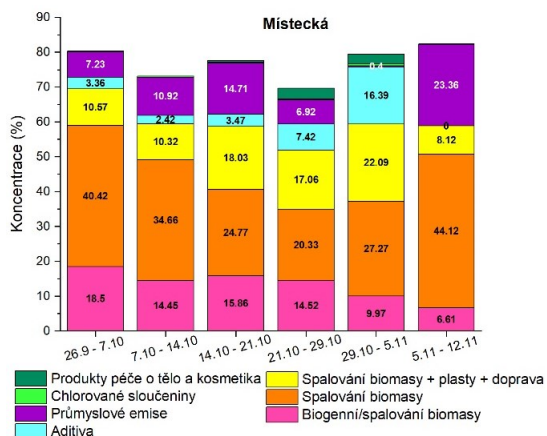
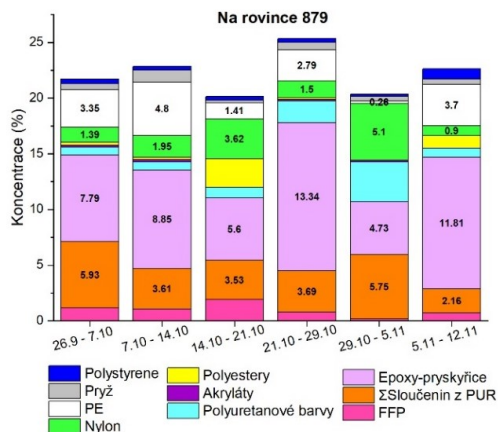
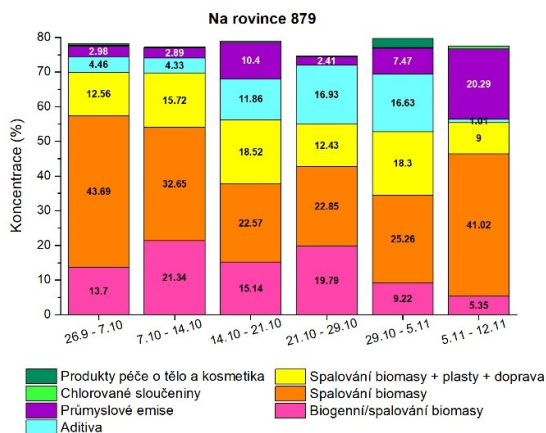
Sloučeniny ze skupiny isokyanátů patří mezi sloučenin se silným nepříjemným zápachem, jejich hodnota ODT se pohybuje v rozmezí od 0,69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (hexamethylene diisocyanate) až do 17,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

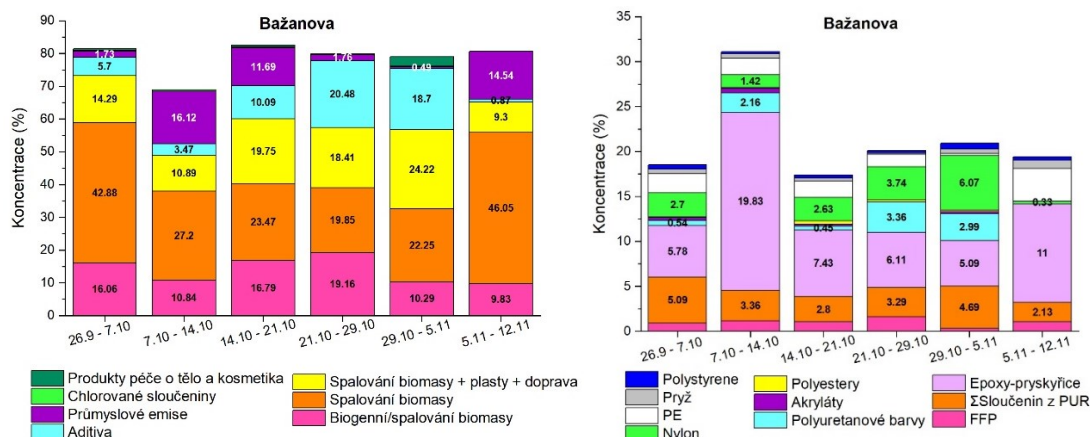
Rozložení jednotlivých polymerů na základě výskytu specifických sloučenin a nerozlišitelných sloučenin je na **obr. 51**. vyjádřené skládanými sloupcovými grafy. Nejvyšší množství sloučenin pocházejících ze spalování biomasy nebo biogenního původu bylo zjištěno v lokalitě Bažanova (60,25 %) a Na rovině 879 (59,85 %) a Místecká (59,61 %). Nejnižší podíl těchto sloučenin byl vykazován v lokalitě Na rovině 914 v okolí (ITT Holdings Czech Republic). Výrazně se neprojevil nárůst sloučenin v kategorii biogenní/spalování biomasy + spalování biomasy v závislosti na době odběru vzorku, i když se přecházelo z pozdního léta do zimního období.

Ve skupině nerozlišitelných sloučenin je zařazena i specifická skupina aditiv, které jsou používána nejen v průmyslu. Nejvyšší množství aditiv, vyjádřené jako průměr za celkové vzorkované období bylo zjištěno v imisích na lokalitě Bažanova (9,88 %), Na rovině 897 (9,20 %), Mitrovická (7,72 %) v oblasti okolo ITT Holdings Czech Republic, a na ostatních lokalitách se vyskytovaly v rozmezí 5.41 – 5.51 %. Aditiva, většinou nevykazují nepříjemný zápach, ale jsou problematická ze zdravotního hlediska, zvláště phthalates (PAEs), které působí jako endokrinní disruptory a v analýzách z pasivních i aktivních vzorkovačů byly identifikovány.









**Obr. 51** Rozložení jednotlivých polymerů na základě výskytu specifických sloučenin a nerozlišitelných sloučenin.

### 10.3 Zhodnocení

Uplatnění pasivních vzorkovačů přineslo následující výsledky:

- Rozšíření skupiny sloučenin o další producenty zápachu: nižší mastné kyselina zvláště kyselina máselná (butanoic acid) a jejich estery, u kterých byla překročena hodnota ODT. Prokázalo se, že butanoic acid je uvolňována z koksových vláken, které jsou využívány jako náhrada za azbest. Další mastné kyseliny byly identifikovány při analýze vzorku brzdových destiček Brembo. Z mapy plošné distribuce mastných kyselin se prokázalo, že obytná zóna byla expozicí mastných kyselin ovlivněna 5.11. – 12.11. 2024, v dalších obdobích od 14.10. – 21.10. a 21.10 – 29.10. 2024 se prokázaly koncentrační maxima v oblasti ITT Holdings Czech Republic, které již do obytné zóny nedosáhly.
- Využití map plošné distribuce pro sloučeniny nebo skupiny polymerů definovalo hlavní anomálie, a tím i původce. Například u sloučenin uvolňovaných z polyuretanů byly identifikovány anomálie v oblasti Brembo Czech, s.r.o. i ITT Holdings Czech Republic. V týdnu od 21.10. do 29.10. byl prokázán dosah sloučenin vznikajících degradací PUR až do obytné zóny Hrabůvka. Během tohoto vzorkovaného období jsme také zachytili 2x zápach v průmyslové zóně, který byl ovzorkován i aktivními vzorkovači. PUR uvolňují isokyanáty, které mohou zapáchat, ale hlavně některé z nich patří mezi karcinogeny a způsobují senzibilizaci kůže a astma, případně jiné choroby.
- Dalším zdrojem zápachu mohou být sloučeniny z organicky vázanou sírou, které vykazují výrazné maximum v okolí Brembo Czech Republic, s.r.o.
- Z identifikovaných sloučenin byly na základě výsledků informací v chemických databázích doplněna informace o charakteru vůně/zápachu, z nich byly vybrány sloučeniny s nepříjemným, obtěžujícím zápachem, ze kterých byly vytvořena mapy plošné distribuce, které prokázaly 2x anomálii v okolí Brembo Czech, s.r.o. a 2 x anomálii v okolí ITT Holdings Group. V období od 5.11. do 12.11. 2024 zasahovala anomálie do obytné zóny Hrabůvka. Ve zbývajících dvou odběrech se průkazná anomálie nevytvořila.



## 11 VYUŽITÍ TERMORIZNÍ KAMERY KE SLEDOVÁNÍ ÚNIKŮ VOC

**Termografie** je zobrazovací metoda, která umožňuje zviditelnit infračervené spektrum, jež je pro lidské oko běžně neviditelné. Zařízení, které umožňuje pozorovat tuto část elektromagnetického spektra, se nazývá **termovize** (*termokamery-flir.cz*).

Na základě tohoto, že všechna tělesa s teplotou vyšší než absolutní nula ( $-273,15\text{ °C} = 0\text{ K}$ ) – tedy prakticky všechna reálná tělesa na Zemi – vyzařují tepelné záření, lze pomocí termovize měřit povrchovou teplotu jakéhokoli objektu. Každé těleso vyzařuje elektromagnetické záření, jehož intenzita odpovídá jeho teplotě, a toto záření může být zachyceno termovizní kamerou (*termokamery-flir.cz*).

Princip fungování termovize spočívá v tom, že optické čočky zaostří paprsek vyzařovaný sledovaným tělesem do detektoru, který následně generuje elektrický signál úměrný intenzitě záření. Tento signál je zesílen, digitálně zpracován a převeden do výstupního obrazu, který odráží teplotu pozorovaného tělesa (*termokamery-flir.cz*).

### 11.1 Termovize pro detekci plynů

Starší metody detekce plynů vyžadovaly přímý kontakt s místem měření pomocí tzv. „čichové“ technologie a sond. Tyto metody jsou časově náročné, mohou přehlédnout některé úniky a často vystavují pracovníky neviditelným a potenciálně škodlivým chemikáliím. Navíc jsou nespolehlivé při větrném počasí nebo v nepříznivých podmínkách, což může vést k nepřesným měřením. Na rozdíl od těchto zastaralých metod pracují infračervené termokamery bezkontaktně a dokážou vizualizovat únik plynu v reálném čase. Úniky plynů se na displeji kamery zobrazují jako viditelný „kouř“ a obraz lze snadno archivovat na paměťové médium. Moderní termovizní kamery jsou schopné efektivně detekovat také plyny, které jsou pro lidské oko neviditelné (*termokamery-flir.cz*).

Při detekci plynů představuje termovize rychlý, bezkontaktní měřicí nástroj, který lze využít i v těžko přístupných místech. Dokáže odhalit malé úniky z několika metrů i větší úniky na vzdálenosti stovek metrů (*termokamery-flir.cz*).

Termokamery umožňují detekovat desítky těkavých organických sloučenin, včetně nebezpečného skleníkového plynu hexafluoridu síry ( $\text{SF}_6$ ), což výrazně přispívá k ochraně životního prostředí. Termovizní kamera slouží nejčastěji k odhalení úniků těchto látek: benzen, butan, ethan, etylbenzen, etylen, heptan, hexan, izopren, MEK, metan, methanol, MIBK, oktan, pentan, 1-pentan, propan, propylen, toluen a xylen (*termokamery-flir.cz*).

Při pohledu termokamerou na scénu bez úniku plynu vyzařují objekty infračervené záření, které kamera zachycuje pomocí objektivu a filtru. Filtr propouští pouze určité vlnové délky záření, ze kterých kamera generuje obraz radiální intenzity. Pokud se mezi kamerou a objektem objeví plyn, absorbuje část záření v pásmu propustnosti filtru, čímž se snižuje množství záření dopadajícího na detektor. Aby byl oblak plynu viditelný, musí být patrný rozdíl mezi zářením vycházejícím z oblaku a pozadím. Tento kontrast závisí na rozdílu teplot mezi plynem a okolím – čím větší je rozdíl, tím lépe je plyn viditelný (*termokamery-flir.cz*).

## 11.2 Záznam z použití termokamery Testo 868s v průmyslové zóně Ostrava Hrabová

Použití termokamery pro kontrolu budov je nejefektivnější v zimním období nebo za chladného počasí, protože teplotní rozdíly mezi interiérem a exteriérem jsou výraznější. Tento kontrast umožňuje snadněji odhalit tepelné mosty, úniky tepla, nedostatečnou izolaci či netěsnosti oken a dveří. V chladném počasí tak termokamera poskytuje přesnější a spolehlivější výsledky, což usnadňuje identifikaci problémových míst a následnou údržbu. Z toho důvodu byla termokamera v areálu Hrabová použita 13. ledna 2025, kdy byla průměrná teplota  $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (v rozsahu  $-2$  až  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a dala se předpokládat přesnější identifikace možných nežádoucích úniků z budov.

Umístění budov a jejich části, které byly sledovány pomocí termokamery jsou uvedeny na **obr. 52**. Bylo provedeno 21 reálných fotografií a teplotních snímků vybraných budov a jejich částí (např. průduchů, výduchů či technologických částí provozů), kde byl předpokládán možný únik vzduchu s obsahem látek znečišťujících ovzduší („fugitivní emise“), viz **obr. 53**. Teplotní snímky byly pořízeny pouze u budov, kde byl předpokládán možný únik škodlivin a nebyly pořízeny pro administrativní budovy, skladovací prostory apod.

Bohužel použití termokamery Testo 868s nepotvrdilo teplotní úniky ani úniky vzduchu s obsahem látek znečišťujících ovzduší (fugitivní emise) ze sledovaných budov.

Pro sledování úniku škodlivin (fugitivních emisí) z jednotlivých průmyslových podniků by se jako vhodnější jevílo využít teplé období roku, kdy se často v průmyslových provozech větrá pomocí otevřených oken. Ale bohužel by se skryly teplotní rozdíly mezi teplotou budovy/teplotou unikajícího vzduchu s případnými škodlivinami/nebo plynů a okolím, takže by byly možné úniky na snímku těžce rozlišitelné/zaznamenatelné. Jako vhodnější pro použití termokamery ke sledování fugitivních emisí se jeví použití UAV techniky. Bohužel toto nebylo možné, jelikož jednotlivé průmyslové podniky neudělily souhlas s přelétáním UAV (dronu) nad jejich areály.

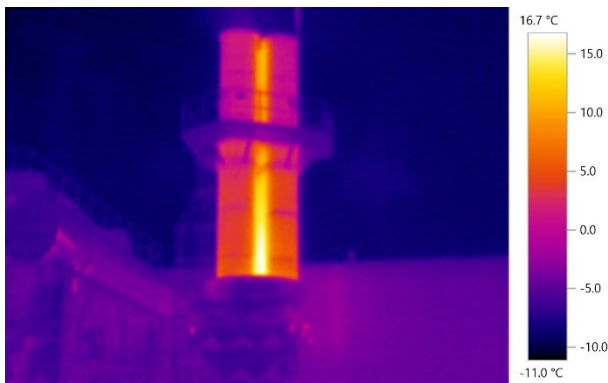


**Obr. 52** Mapa zobrazující rozmístění vzorkovacích bodů pro jednotlivé budovy a jejich části, ze kterých byly pořízeny „termosnímky“.



---

### 1. Brembo

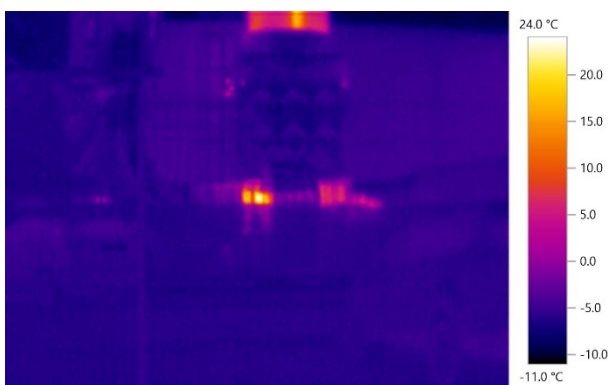


**Záznam z termokamery**



**Reálná fotografie objektu**

### 2. Brembo



**Záznam z termokamery**



**Reálná fotografie objektu**

### 3. Brembo



**Záznam z termokamery**



**Reálná fotografie objektu**

---

#### 4. Brembo



**Záznam z termokamery**



**Reálná fotografie objektu**

#### 5. Brembo

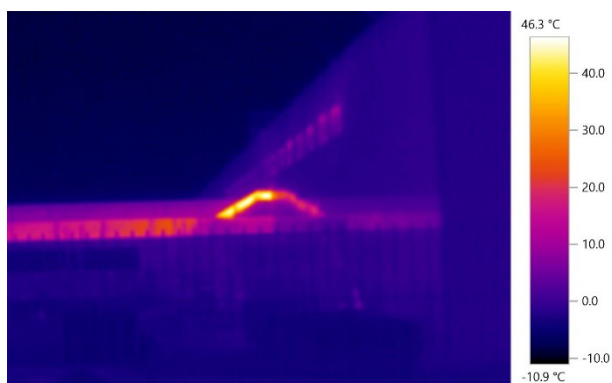


**Záznam z termokamery**



**Reálná fotografie objektu**

#### 6. Brembo



**Záznam z termokamery**



**Reálná fotografie objektu**



---

### 7. Brembo

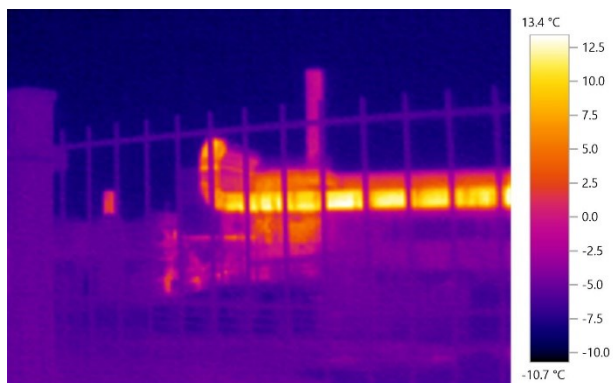


Záznam z termokamery

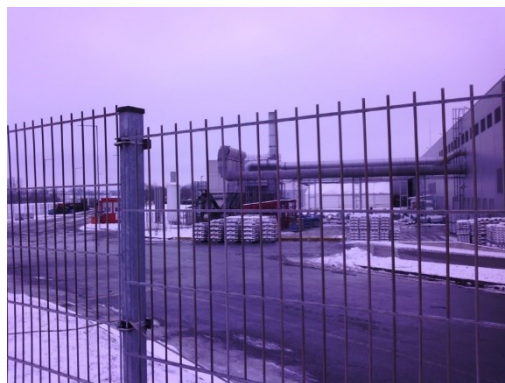


Reálná fotografie objektu

### 8. Brembo

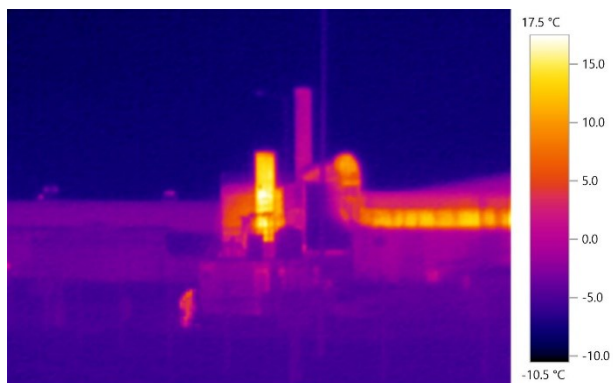


Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

### 9. Brembo



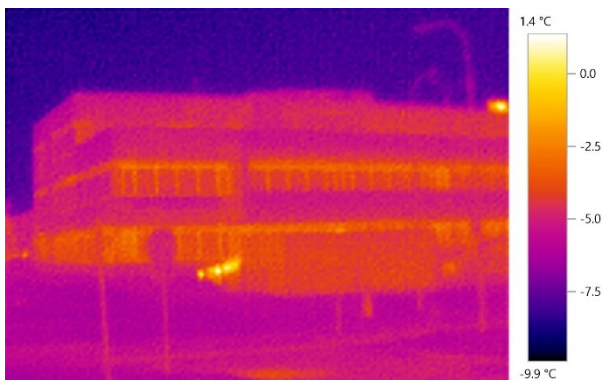
Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

---

### 10. Sungwoo Hitech



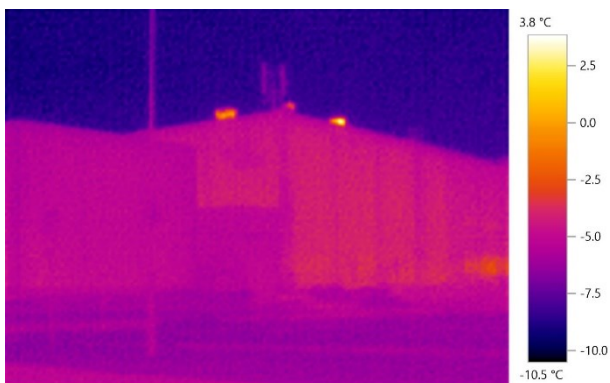
Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

---

### 11. Grupo Antolin



Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

---

### 12. ITT



Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

---

### 13. ITT

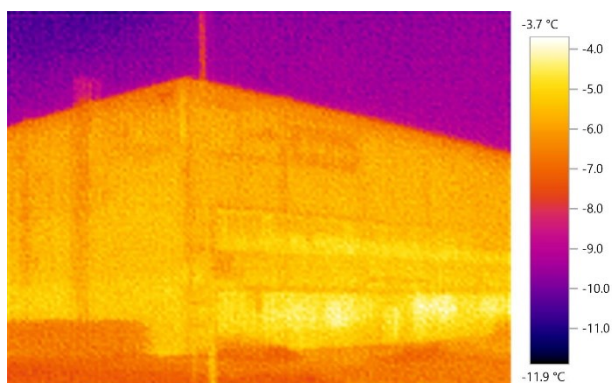


Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

### 14. Škoda

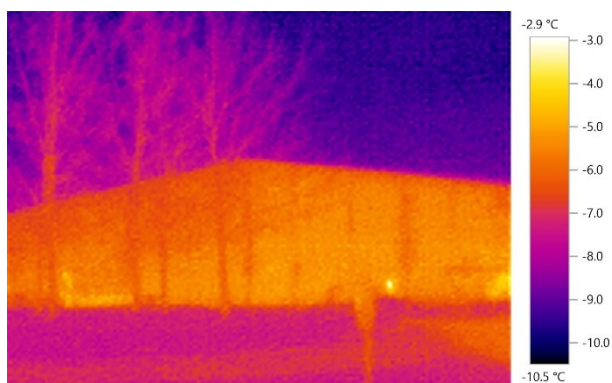


Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

### 15. Asus



Záznam z termokamery

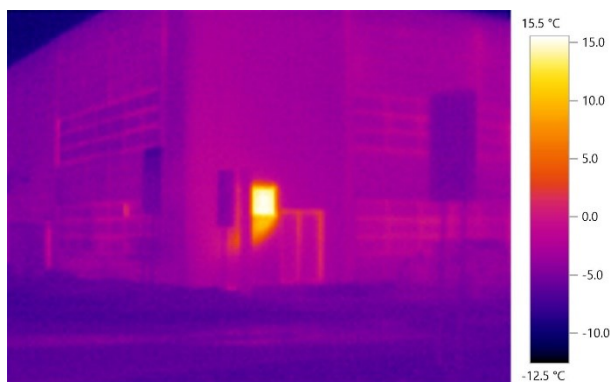


Reálná fotografie objektu



---

## 16. A123 Systems



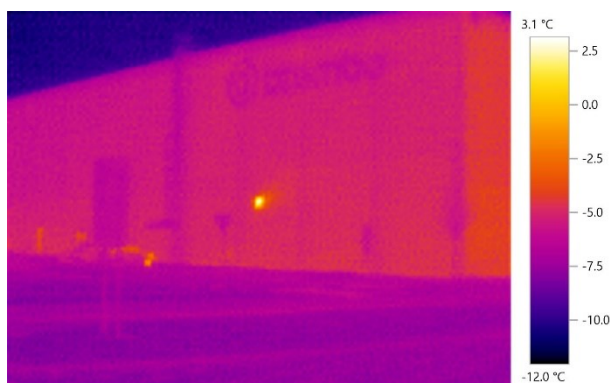
Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

---

## 17. Brembo



Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

---

## 18. Brembo

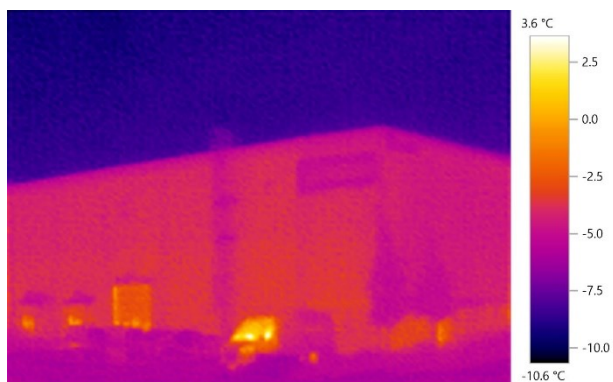


Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

### 19. Škoda Vagonka

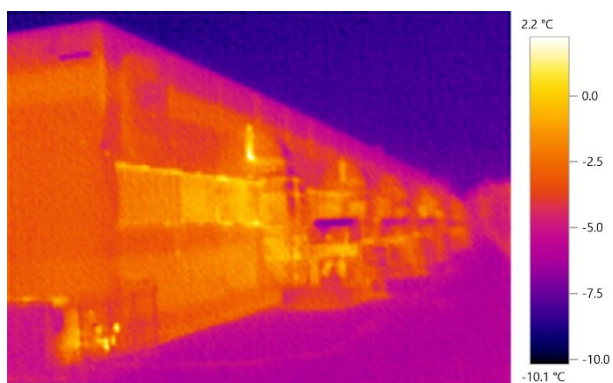


Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

### 20. UFI

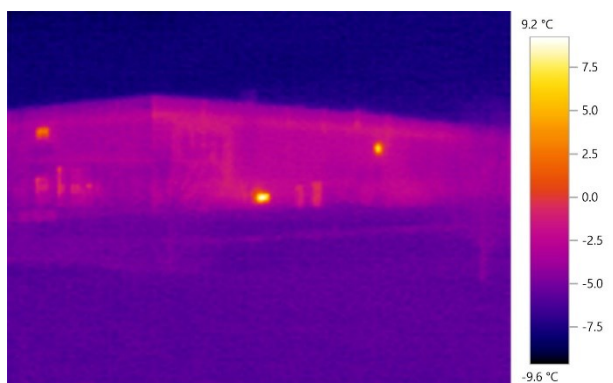


Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

### 21. UFI



Záznam z termokamery



Reálná fotografie objektu

Obr. 53 Teplotní snímky budov a jejich částí.



## 12 OLFAKTOMETRICKÉ MĚŘENÍ

Světová zdravotnická organizace (WHO) definuje zdraví jako „stav fyzické, psychické, sociální a estetické pohody". Pokud nám tedy zápach ubírá na pohodě, škodí zároveň našemu zdraví.

**Vůně a pachy** jsou čichové vjemy, které získáváme prostřednictvím čichových receptorů. Jedná se o smyslové vnímání chemických látek obsažených v plynech nebo aerosolech. Pachová koncentrace (vyjádřená v pachových jednotkách) udává úroveň zápachu ve vzduchu. Počet pachových jednotek vyjadřuje, kolikrát je nutné vzorek naředit čistým vzduchem, aby zápach nebyl detekovatelný. Tento proces probíhá postupným ředěním vzorku až na hranici čichové prahu, který určuje skupina vyškolených hodnotitelů (*EnviWeb 2015*).

Pokud je člověk vystaven obtěžujícímu zápachu, mohou se u něj projevit žaludeční problémy, nechutenství, zvracení apod. Podle některých hypotéz může dlouhodobá expozice zápachu ovlivnit náladu a emoce lidí, ale také mít dopad na imunitní a endokrinní systém, v extrémním případě může dojít k sekundárnímu ovlivnění kardiovaskulárního systému v důsledku psychického vypětí a stresu (*EnviWeb 2015*).

**Citlivost na pachy** závisí na chemických vlastnostech jednotlivých látek. Člověk je schopen detekovat i velmi nízké koncentrace některých vonných nebo zapáchajících látek, které nelze zjistit ani přesnými analytickými metodami. Například u některých sloučenin lze pachovou detekcí rozpoznat koncentraci v poměru 1 díl látky na 50 miliard dílů vzduchu. Odhady schopnosti rozpoznávání pachů se liší, ale obecně se uvádí, že netrénovaný člověk rozeznává přibližně 4 000 pachů, trénovaný jedinec až 10 000, a odborníci v oblasti parfumerie či senzorické analýzy dokáží rozlišovat až 100 000 různých vůní (*EnviWeb 2015*).

**Olfaktometrie** je metoda měření intenzity a koncentrace pachových látek v ovzduší. Používá se k objektivnímu hodnocení pachových emisí, které mohou pocházet z průmyslových provozů, zemědělství, skládek, čistíren odpadních vod nebo jiných zdrojů. Posouzení vlivu zápachu na okolní prostředí je klíčovým aspektem environmentální ochrany. Měření okolního zápachu v okolním prostředí zdrojů zápachu je obtížné a nákladné (*Motalebi Damuchali a Guo 2019*).

### *Proč se provádí olfaktometrie?*

- **Hodnocení pachových emisí** – Pomáhá určit, jak moc je daný zdroj odpovědný za zápach v okolí.
- **Regulace a legislativa** – V mnoha zemích, včetně EU, existují normy (např. EN 13725) pro měření pachů, které musí provozovatelé splňovat.
- **Ochrana životního prostředí a zdraví** – Nadměrná pachová zátěž může snižovat kvalitu života obyvatel a negativně ovlivňovat zdraví.
- **Plánování a optimalizace technologií** – Pomáhá při výběru a návrhu technologií na snižování zápachu (např. filtrace, biofiltry).
- **Řešení stížností veřejnosti** – Umožňuje objektivní posouzení oprávněnosti stížností obyvatel na zápach v dané oblasti.

### 12.1.1 Metody měření a legislativa

Podle norem pro zápach, jako je evropská norma **EN 13725** (Stacionární zdroje emisí - Stanovení koncentrace pachových látek dynamickou olfaktometrií a míry emise zápachu ze stacionárních zdrojů 2022) a americká ASTM (American Society for Testing Materials) **E679-04** (Standardní postup pro stanovení prahových hodnot pachu a chuti metodou vzestupné koncentrační řady s nucenou volbou limitů 2011), je  $\text{ou m}^{-3}$  definováno jako počet požadovaných úrovní ředění, aby vzorek pachu dosáhl prahu detekce.

Rozdíly mezi ASTM E679-04 a EN13725 jsou většinou ve screeningu panelistů a v menších detailech olfaktometrie. Jedním z vysoce kontroverzních rozdílů je prezentační průtok, který je v ASTM E679-04 nastaven na minimálně 5 litrů za minutu a v EN13725 na 20 litrů za minutu. Technicky je však možné provozovat 20 litrů za minutu a přitom vyhovovat normě ASTM (*Scentroid 2025a*).

Získání prahů vůně a chuti vyžaduje senzorké odezvy vybrané skupiny vyškolených odborníků nazývaných jako panelisté. Tyto prahové hodnoty mohou být stanoveny za účelem zaznamenání účinku různých přidaných látek na vůni a chuť média. Mohou být také stanoveny za účelem charakterizace a srovnání citlivosti na vůni nebo chuť jednotlivců nebo skupin (*ASTM 2011*).

Uznává se, že nelze stanovit přesné prahové hodnoty pro danou látku stejným způsobem jako hodnoty tlaku par. Schopnost detekovat látku čichem nebo chutí je ovlivněna individuálními fyziologickými faktory a metodologií použité při hodnocení panelisty. Další proměnnou představují podmínky prezentace vzorků. To znamená, že rychlost průtoku plynného vzorku obsahujícího pachové látky ovlivňuje jeho detekovatelnost. Existuje však koncentrační rozmezí, pod kterým nebude zápach ani chuť látky detekovatelná za žádných praktických podmínek, a nad kterým ji osoby s normálním čichem nebo chutí spolehlivě rozpoznají (*ASTM 2011*).

Prahová hodnota určená touto praxí není konvenční skupinová prahová hodnota (úroveň stimulu detekovatelná s pravděpodobností 0,5 na 50 % populace), jak ji získala praxe E1432, ale spíše nejlepší odhad nedaleko od ní. Zkreslení odhadu závisí na zvolených krocích koncentrační stupnice a na míře, do jaké je práh každého panelisty vycentrován v rozsahu koncentrací, které obdrží. Uživatel také musí mít na paměti velmi vysoký stupeň náhodných chyb spojených s odhadem pravděpodobnosti detekce od pouhých 50 do 100 prezentací 3-AFC (*ASTM 2011*).

Prahová hodnota stanovená touto metodikou není konvenční skupinovou prahovou hodnotou (úroveň stimulu detekovatelnou s pravděpodobností 50 % v populaci), jak ji definuje norma E1432, ale spíše nejlepší možný odhad v její blízkosti. Přesnost tohoto odhadu závisí na rozlišení použité koncentrační stupnice a na tom, jak přesně odpovídá individuální práh citlivosti každého panelisty rozsahu koncentrací, kterým je vystaven. Uživatel by měl rovněž vzít v úvahu vysokou míru náhodných chyb, které jsou spojeny s odhadem pravděpodobnosti detekce při omezeném počtu opakování (typicky 50 až 100) v testu 3-AFC (Three-Alternative Forced Choice) (*ASTM 2011*).

## 12.2 Metody

### *Olfaktometrické metody*

Vzorky vzduchu s pachovými látkami se odebírají do vzorkovacích vaků o objemu 15 l. Vybrané skupině posuzovatelů je předkládán vzorek vzduchu, který je ve známém poměru smísen se vzduchem. Zařízení umožňující toto zkoumání se nazývá olfaktometr. Princip tohoto měření spočívá v přesném ředění sledovaného vzorku pachu čistým vzduchem až k hranici čichového prahu zjištěného měřícími osobami.

### *Měření v pachové stopě*

Tato metoda vychází z normy ČSN 83 5031 a je vhodná pro zjištění okamžitého stavu. Posuzovatelé přichází na stanoviště a hodnotí kvalitu venkovního ovzduší pravidelným vdechováním po stanovenou dobu. Přípustná míra obtěžování zápachem je překročena, jestliže je zápach vnímán jako obtěžující u více než 5% sledované populace žijící ve městech vybrané náhodným výběrem po více než 2% sledované doby při periodickém sledování a u více než 15% sledované populace žijící na venkově vybrané náhodným výběrem po více než 10% sledované doby. V případě jednorázového měření obtěžování zápachem nesmí koncentrace pachových látek překročit 3 pachové jednotky.

### *Polní olfaktometrie*

Je metoda měření zápachu přímo v terénu, bez nutnosti odběru vzorků a laboratorní analýzy. Používá se k rychlému hodnocení pachových emisí a jejich šíření v reálných podmínkách.

### *Laboratorní olfaktometrie*

Je vědecká metoda používaná k měření a hodnocení pachových látek ve vzduchu. Tato metoda se provádí v kontrolovaných laboratorních podmínkách pomocí olfaktometru.

## 12.3 Definice pachové jednotky

Pachová jednotka (OU) je měrná jednotka koncentrace zápachu. V různých zemích existují rozdílné způsoby jejího definování:

Americká a australská jednotka zápachu (OU): Pachová jednotka se definuje na základě prahu detekce v panelovém testování. Jedna pachová jednotka je číslo, kde jsou na panelu prezentovány pachy v klesajícím ředění (vzrůstající koncentraci) až do detekce. To se nazývá detekční práh (DT) a je 1 jednotka zápachu. Především, pokud byl vzorek zředěn 500krát, je koncentrace zápachu 500 ředění na 1 OU vzorku. Výsledkem by bylo 500 OU. To lze vyjádřit jako „ředění na prahovou hodnotu“.

Evropská jednotka zápachu ( $\text{OU}_E/\text{m}^3$ ):  $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$  odpovídá koncentraci n-butanolu v množství 123  $\mu\text{g}$  na  $1 \text{ m}^3$  neutrálního plynu. Tato hodnota je referenčním standardem pro kalibraci olfaktometrů. Je to množství pachové látky odpařené do jednoho metru krychlového neutrálního plynu. Za standardních podmínek vyvolává fyziologickou odpověď panelu (práh detekce). Evropská referenční pachová jednotka (EROM - European Reference Odour Mass), odpovídá odpaření 123  $\mu\text{g}$  n-butanolu v  $1 \text{ m}^3$  neutrálního plynu. Když jsou pachy detekovány na prahu, je to vyjádřeno jako násobek referenčního materiálu.  $1 \text{ EROM} \equiv 123 \mu\text{g n-butanolu} \equiv 1 \text{ OU}_E$  pro směs odorantů (*Scenoid 2025b*). Tato rovnice definuje návaznost jednotky koncentrace libovolné pachové látky na jednotku koncentrace referenční pachové látky. Obsah pachových látek je tak účinně vyjádřen v jednotkách „ekvivalentní hmotnosti n-butanolu“.

Jedna pachová jednotka se rovná čichovému prahu, a musí být měřena za přesně definovaných podmínek (výběr respondentů podle toho, jak splňují podmínky při určení čichového prahu n-butanolu při určité koncentraci a současně za dalších přísných podmínek). V případě, že se pach zředuje

neutrálním plynem (medicinální O<sub>2</sub>) až k prahu vnímání pachu člověkem (50 % prahové koncentraci), kdy je definičně koncentrace látek rovna 1 ouE/m<sup>3</sup>, vyjadřuje se jako "prahová detekce pachu".

Počet pachových jednotek nám říká, kolikrát musíme naředit 1 m<sup>3</sup> zapáchajícího vzduchu, abychom nic necítili. Například 50 ouE.m<sup>-3</sup> nám říká, že musíme vzduch ze zdroje 50× naředit, abychom vůbec nic necítili.

Úroveň koncentrací pachových látek významně ovlivňuje rovněž počasí - teplota, vlhkost, srážky a vítr. Při vyšších teplotách, nízkém atmosférickém tlaku dochází k vyššímu uvolňování pachových látek, které jsou následně intenzivněji vnímány. Nejhorší je však inverzní charakter počasí.

#### *Posouzení hodnot koncentrace pachových látek:*

- 1 ouE.m<sup>-3</sup> - (koncentrace pachových jednotek ou E na 1 m<sup>3</sup>) u 50 % respondentů může být pach vnímán, avšak nemůže být rozpoznán (identifikován). V podstatě vnímáme nějakou změnu. Jsme na stavu prahové detekce pachu.
- 3-5 ouE.m<sup>-3</sup> - koncentrace pachových látek, kdy může být pach rozpoznán, v závislosti na hedonickém tónu pachu. Citlivý jedinci jsou schopni identifikovat co cítí.
- 5 ouE.m<sup>-3</sup> a více - koncentrace pachových látek již může být pro respondenty obtěžující. Lze konstatovat, že jsme schopni identifikovat co cítíme.

Hedonický tón vyjadřuje míru příjemnosti či nepříjemnosti pachových látek a zpravidla se vyjadřuje číselnou hodnotou ze stupnice od -5 do +5. Čím nižší je hedonický tón pachové látky, tím méně je vjem pachové látky příjemný. Např. hedonický tón rozkládajícího se masa či močůvky je na samém okraji stupnice (-5). Pach emitovaný z čerstvě posekaného travního porostu může být z hlediska hedonického tónu pro většinu populace neutrální (0). Příjemné pachy, jako např. káva, čokoláda, parfémy mají hedonický tón v kladné části stupnice (+1 až +5). Avšak i hedonický tón je závislý na koncentraci pachu, který vjem způsobil. Se zvyšující koncentrací pachu může hedonický tón za normálních okolností příjemného pachu značně klesat, až se stane nepříjemným (Král 2019)

#### **12.4 Legislativa**

Současná problematika zápachu z hlediska legislativy, emisních limitů a opatření je zpracována ve zprávě „Regulace pachových látek v ovzduší“ (Veřejný ochránce práv 2022).

V České republice dosud neexistují jednotné právní limity pro obtěžování zápachem. Ministerstvo životního prostředí v minulosti argumentovalo, že stanovení emisních limitů pro zápach není efektivní, protože zápach často uniká nedefinovanými výduchy, jako jsou netěsnosti či okna, což emisní limity nedokážou postihnout.

Přesto existují snahy o regulaci zápachu prostřednictvím metodik a doporučení. Například projekt TITOMZP903 „Metodika – stanovení stupňů vybavenosti stacionárních zdrojů působících obtěžování zápachem a odstupových vzdáleností proti obtěžování zápachem“ se zaměřil na stanovení ochranných zón a modelových nástrojů pro umísťování nových staveb jako prevenci obtěžování zápachem. Tento projekt navrhl metodiku pro určení odstupových vzdáleností mezi zdroji zápachu a obytnou zástavbou, včetně technických opatření ke snížení emisí pachových látek (MŽP 2023).

Navzdory těmto iniciativám zůstává regulace zápachu v České republice nejednotná a často závisí na místních podmínkách a konkrétních opatřeních jednotlivých provozovatelů zdrojů zápachu.



## 12.5 Výsledky

Výsledky pachů testovaných vzorků byly získané pomocí olfaktometru SM 100i Scentroid v laboratorních podmínkách. Měření v laboratorních podmínkách bylo zvoleno z důvodu, že od doby, kdy jsme měli přístroj k dispozici, nebylo venku zaznamenáno žádné výrazné znečištění, nebo jsme ho nezachytili. Použitý standardní olfaktometr byl navržen v souladu s evropskou normou EN 13725 (2022). Simulace pachů byla provedena na termogravimetrickém analyzátoru TGA/DSC 2 Mettler Toledo. Vzorky byly postupně zahřívány na požadované teploty degradace jejich složek a při těchto teplotách drženy pro olfaktometrickou analýzu panelistů.

### Materiály a metodika

Vzorky, které byly měřeny na zápach byly kokosové vlákna ROBIMAUS, brzdové obložení Brembo a lak z brzdového obložení Brembo viz. **obr. 54**. Vzorky byly spáleny za použití termoanalyzátoru TGA/DSC 2 (Metler Toledo). Vzorky o hmotnosti asi 20 mg byly zahřívány v kelímcích  $\text{Al}_2\text{O}_3$  o objemu  $150 \mu\text{l}$  z pokojové teploty až na  $800^\circ\text{C}$  při rychlosti ohřevu  $50^\circ\text{C}/\text{min}$  a době zdržení 3min pro danou teplotu 200,300,400,500,600, a  $800^\circ\text{C}$ . Jako nosný plyn byl použit vzduch s průtokem  $20 \text{ ml}/\text{min}$ . Konečná teplota je zvolena na základě potřeby degradace vzorku pro zajištění pachové stopy. V dané době zdržení došlo k naměření pachu na olfaktometru SM 100i. Panelista viz. **obr. 55** pracoval s destičkou U-H a naměřené hodnoty tedy byla v rozmezí 1,9 – 211,1 ou/ $\text{m}^3$  viz. **obr. 3**.



**Obr. 54** Analyzované vzorky a) brzdové obložení; b) lak brzdového obložení; c) kokosová vlákna.



**Obr. 55** Panelista měří zápach pomocí olfaktometru SM 100i.

**Tabulka 45** uvádí výsledky naměřeného pachu ze vzorků pomocí olfaktometru SM 100i. Brzdové obložení začalo zapáchat při 400 °C připomínající zkažené vejce může se jednat o síru a dusíkaté sloučeniny. Při 600 a 800 °C zápach připomínal pálení kovů.

Vzhledem k tomu, že brzdové destičky mohou obsahovat kokosová vlákna jako náhradu azbestu, byla vybrána k ověření informací, že při termické degradaci uvolňují nižší mastné kyseliny (kyselina mravenčí (methanová), octová, propionová (propanová) a máselná (butanová). Výsledky analýzy mastných kyselin včetně nižších mastných kyselin jsou uvedeny v **tab. 45** v předchozí kapitole. Kokosové vlákna zapáchala již při teplotě 200 a 300 °C spíše po pachu spáleného dřeva-dehtu. Zápach byl snesitelný. V těchto teplotách dochází k degradaci hemicelulózy a celulózy. Při 400 °C se začal projevovat nepříjemný zápach připomínající žluklý tuk indikující mastné kyseliny.

Při měření laku z brzdového obložení byl zápach intenzivní už od 400 °C a naměřené hodnoty dosahovaly po celou dobu hodnotu 211 OU/m<sup>3</sup>. Zápach byl podobný brzdovému obložení ale více štiplavý až kyselý, při 800 °C již byl zápach méně intenzivní což bylo způsobeno i minimální degradací vzorku.

**Tabulka 45** *Výsledky měření pachů.*

Komentář k zápachu	Vzorek	Teplota (°C)	Hodnota OU/m <sup>3</sup>	Destička	ITE
Jako by něco zkaženého možná sulfan nebo jiné sloučeniny s organicky vázanou sírou - benzeniol	Brzdové obložení	400	53	U-H	69
Podobný zápach jako z kovovýroby	Brzdové obložení	400	91	U-H	139
Kovovýroba	Brzdové obložení	600	211	U-H	/
Kovovýroba	Brzdové obložení	800	211	U-H	/
Kovovýroba	Brzdové obložení	800	211	U-H	/
Pálení dřeva-dehtu snesitelné	Brzdové obložení	800	91	U-H	139
Pálení dřeva-dehtu snesitelné	Kokosové vlákno	200	0	U-H	/
Pálení dřeva +/- něco -> nepříjemný zápach	Kokosové vlákno	300	0	U-H	/
Pálení dřeva +/- něco -> nepříjemný zápach	Kokosové vlákno	400	53	U-H	69
Podobné jako brzdové obložení spíše štiplavý/kyselejší	Kokosové vlákno	400	91	U-H	139
Podobné jako brzdové obložení spíše štiplavý/kyselejší	Lak brzdového obložení	400	211	U-H	/
Podobné jako brzdové obložení spíše štiplavý/kyselejší	Lak brzdového obložení	500	211	U-H	/
Podobné jako brzdové obložení spíše štiplavý/kyselejší	Lak brzdového obložení	600	211	U-H	/
Podobné jako brzdové obložení spíše štiplavý/kyselejší	Lak brzdového obložení	800	211	U-H	/
- méně intenzivní (skoro žádný rozklad)					

**Vysvětlivky:** ITE - Individual Threshold Estimation or Individual Threshold Evaluation. Individuální odhad/vyhodnocení prahu.

#### Pro vysvětlení rozdílu v intenzitě zápachu lze použít tyto informace:

- **50 OU/m<sup>3</sup>:** To znamená, že zápach je přítomen, ale není příliš intenzivní. Může být patrný, ale neobtěžuje.
- **250 OU/m<sup>3</sup>:** To znamená, že zápach je mnohem silnější. Je pravděpodobnější, že jej lze cítit a může být obtěžující až velmi obtěžující.
- **Praktický příklad:** při 50 OU/m<sup>3</sup> lze jen slabě zaznamenat zápach vařeného jídla, při 250 OU/m<sup>3</sup> se jedná o silný zápach, jako například u spáleného toustu, který je těžké ignorovat.

V Evropě lze pro omezení zápachu použít „Směrnice o průmyslových emisích (*Industrial Emission Directive-IED, 2010/75/EU*), která stanoví obecný rámec pro kontrolu emisí zápachu v mnoha průmyslových činnostech. Například BREF (referenční dokument o nejlepších dostupných technikách) stanoví rozmezí 200 až 1000 OU/m<sup>3</sup> jako maximální povolenou koncentraci zápachu pro některé procesy zpracování biologického odpadu.

## 12.6 Možné zdroje zápachu

### 12.6.1 Možné zdroje zápachu při pálení brzdového obložení

Při pálení brzdového obložení vznikají různé **těkavé a dráždivé látky**, které způsobují charakteristický **štiplavý, spálený zápach**. Tento zápach může být výsledkem termického rozkladu organických pojiv, kovových příměsí a vláknitých materiálů.

#### 1. Organická pojiva a pryskyřice

- Brzdová obložení často obsahují **fenol-formaldehydové pryskyřice**, které se při zahřátí rozkládají a mohou uvolňovat:
  - **Formaldehyd** – štiplavý, dusivý zápach.
  - **Fenolové sloučeniny** – zápach připomínající spálený plast nebo dehet.

#### 2. Guma a elastomery (v některých typech obložení)

- Mnohá brzdová obložení obsahují syntetické polymery nebo pryžové složky. Při spalování se uvolňují:
  - **Oxid uhelnatý (CO)** – bez zápachu, ale toxický.
  - **Benzen a styren** – štiplavý, plastový zápach.
  - **Síra a dusíkaté sloučeniny** – mohou mít zápach podobný spálené gumě nebo zkaženým vejším.

#### 3. Kovové částice (měď, železo, antimon, wolfram)

- Při extrémním zahřátí (přes 500 °C) mohou kovové složky oxidovat nebo se odpařovat, což může přispět k zápachu připomínajícímu spálený kov.

#### 4. Grafit a třecí přísady

- Brzdové obložení často obsahuje grafit nebo jiné třecí materiály, které se mohou rozkládat na oxidy uhlíku a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Výsledkem může být zápach podobný hořícímu uhlí nebo dehtu.

#### 5. Azbest nebo keramické složky (u starších nebo speciálních brzd)

- Moderní brzdy už obvykle neobsahují azbest, ale starší obložení mohlo uvolňovat azbestový prach při zahřátí.
- Keramické složky většinou nemají silný zápach, ale mohou přispívat k tvorbě kouře.

#### 6. Saze a neúplné spalování

- Pokud je brzdové obložení silně přehřáté, může dojít k částečnému zuhelnatění organických složek, což způsobuje:
  - Hustý černý kouř.
  - Zápach **podobný hořícímu plastu, spálenému dřevu nebo gumě**.

### 12.6.2 Možné zdroje zápachu při pálení laku brzdového obložení

Při pálení laku na brzdovém obložení vznikají různé **těkavé a dráždivé látky**, které mohou způsobit charakteristický **štiplavý, chemický a někdy i plastický zápach**. Tento zápach je výsledkem **termického rozkladu organických sloučenin** používaných v nátěrech.

#### 1. Organická rozpouštědla a pojiva v laku

- Při zahřátí se mohou odpařovat **zbytky rozpouštědel**, jako jsou:
  - **Toluen, xylen, benzen** → silně **chemický, lepidlový zápach**.
  - **Acetony a ketony** → mohou vytvářet štiplavý, sladký zápach.
- Organická pojiva (např. **epoxidové nebo polyuretanové pryskyřice**) se mohou rozkládat na:
  - **Fenoly, formaldehyd** → štiplavý, dráždivý zápach.

#### 2. Termický rozklad polymerů

- Lak na brzdovém obložení často obsahuje **akryláty, epoxidy nebo polyuretany**.
- Při spalování nebo přehřátí těchto materiálů vznikají:
  - **Isokyanáty** (z polyuretanů) → **extrémně dráždivý, toxický zápach**.
  - **Spálený plastový zápach** podobný hořícímu PVC nebo polyethylenu.

#### 3. Příměsi kovových pigmentů a aditiv

- Některé laky mohou obsahovat **oxid titaničitý ( $\text{TiO}_2$ ), chromové pigmenty** nebo jiné kovové přísady.
- Při velmi vysokých teplotách mohou uvolňovat oxidy kovů s **kovově-hořkým zápachem**

#### 4. Tvorba sazí a dehtových látek

- Při **nedokonalém spalování** může vznikat kouř obsahující:
  - **Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)** → **dehtovitý, hořký zápach**.
  - **Oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ )** → dusivý, štiplavý zápach, připomínající hořící gumu.

#### 5. Fluorované nebo silikonové nátěry (některé speciální laky)

- Některé **teplotně odolné laky** mohou obsahovat **fluoropolymery** nebo **silikonové pryskyřice**, které při hoření uvolňují:
  - **Fluorovodík (HF) nebo jiné toxické plyny** → velmi nebezpečné, mají štiplavý zápach.
  - **Pach připomínající spálený teflon nebo hořící dráty**.



### 12.6.3 Možné zdroje zápachu při pálení kokosových vláken

Při **pálení kokosových vláken** vzniká několik chemických látek, které mohou být zdrojem nepříjemného **zápachu**. Kokosová vlákna obsahují celulózu, lignin, hemicelulózu a malé množství **tuků a vosků**, které při spalování produkují různé těkavé látky.

#### 1. Rozklad celulózy a hemicelulózy

- Produkují **karamelový, sladko-spálený zápach** (připomínající spálené dřevo).
- Mohou vznikat i **aldehydy** (např. formaldehyd, acetaldehyd), které mají štiplavý a dráždivý pach.

#### 2. Spalování ligninu

- Lignin obsahuje **fenolické sloučeniny**, které při hoření uvolňují:
  - **Kreosol a guajakol** – pach spáleného dřeva nebo dehtu.
  - **Vanilinové deriváty** – mírně sladký kouř.
  - **Fenol a benzopyreny** – štiplavý zápach, může být i dráždivý pro dýchací cesty.

#### 3. Spalování kokosového tuku a vosků

- Kokosová vlákna obsahují **zbytky tuků a mastných kyselin**, které se při hoření rozkládají na:
  - **Aldehydy a ketony** – mohou připomínat spálený olej nebo žluklý tuk.
  - **Kyselina kaprinová (decanoic acid), kaprylová (octanoic acid), laurová (dodecanoic acid)** – mohou vytvářet mírně **živočišný nebo máselný zápach**.

#### 4. Uhlovodíky a dehtové látky

- Pokud hoření není úplné, může dojít k uvolnění **polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU)**, které mají dusivý, štiplavý zápach připomínající hořící plast nebo dehet.

#### 5. Dým a saze

- Pokud není dostatek kyslíku, může se spalování kokosových vláken chovat podobně jako hoření dřeva nebo uhlí – s produkcí sazí a hustého černého kouře, který má **typický dehtovitý a štiplavý zápach**.

## 13 ZÁVĚR

Měření VOC mobilním analyzátozem v průmyslové oblasti Ostrava-Hrabová ukázalo, že nejvyšší koncentrace VOC byly naměřeny v severní části průmyslové zóny (v oblasti lokality 4 = Na rovině 879, Brembo Czech, s.r.o.), zatímco nejnižší hodnoty byly zaznamenány v oblastech s rodinnou zástavbou. Z map plošné distribuce vyplývá, že anomálie v okolí odběrového místa v blízkosti Brembo Czech, s.r.o. se vyskytuje ve všech měřeních, při nízké i vysoké koncentraci VOC i pro průměrnou koncentraci ze všech provedených měření. Průměrné koncentrace v severní části průmyslové zóny Ostrava-Hrabová ( $0,93 \pm 0,76 \text{ mg/m}^3$ ) převyšují hodnoty z jiných průmyslových oblastí, například v Číně. Rozložení koncentrace VOC bylo ovlivněno směrem a rychlostí větru, přičemž nejvyšší hodnoty byly zjištěny při západním a jižním proudění vzduchu.

Při použití aktivního vzorkování se nám podařilo 2× zajistit paralelní odběr, a to v průmyslové zóně před vrátnicí Brembo Czech, s.r.o. a v obytné zóně (22.09.2024 a 19.10.2024). Při odběru v průmyslové zóně jsme také ověřili, že v severní části zóny byl zápach výrazně nižší, zdrojem bylo Brembo Czech, s.r.o.

Při aktivním odběru na sorpční trubičky MARKES byly identifikovány hodnoty pozadí pro období bez zápachu, a to jak pro průmyslovou zónu (okolí Brembo Czech, s.r.o.), tak i pro obytnou zónu (168 sloučenin), celkem bylo identifikováno 218 sloučenin. V období se zápachem bylo navíc identifikováno dalších 117 sloučenin, z nichž 8 vykazuje ostrý pronikavý zápach a 13 sloučenin vykazuje nepříjemný zápach. Z porovnání s hodnotami ODT vyplývá, že pouze u jedné sloučeniny benzyhydrazide byla překročena hodnota ODT a u dalších 3 sloučenin jsou hodnoty koncentrace blízké hodnotě ODT: benzene thiol, ethyl isocyanide a octanoic acid (kyselina kaprylová).

Při tomto typu měření vzrostla v období se zápachem koncentrace VOC v obytné zóně dvojnásobně ve srovnání s obdobím bez výskytu zápachu (pozadí) a v lokalitě Brembo Czech, s.r.o. vzrostla koncentrace v období pachové epizody trojnásobně ve srovnání s obdobím bez výskytu zápachu. V období s nízkým prouděním vzduchu byla v pachové epizodě v zóně se zástavbou naměřena koncentrace VOC dvojnásobně nižší než pro lokalitu Brembo Czech, s.r.o.

Polymery identifikované při aktivním odběru v rámci zápachových epizod lze podle koncentrace uspořádat v následujícím pořadí: PUR > PE > fenol-formaldehydové pryskyřice > PP > epoxy-pryskyřice + barvy > PES > nylon > akryláty. Celkově 24 sloučenin v období zápachové periody pochází z PUR, z toho je překročeno ODT u urethane, a u thiocyanic acid methylester a u N,N-dimethyl-formamide jsou hodnoty ODT v koncentraci blízké ODT, ke sloučeninám s nepříjemným zápachem, který pochází z PUR lze zařadit methallyl cyanaide (3-methyl-2-butenitrile) a isoamyl cyanide, které byly zjištěny při stanovení geochemického pozadí.

Během zápachové epizody jsou koncentrace fenolických sloučenin, které se uvolňují z fenol-formaldehydových pryskyřic cca 10× vyšší než pozadové koncentrace. U devíti sloučenin je známa hodnota ODT, u 2-methoxy-phenol byla hodnota ODT mírně překročena.

Během zápachové epizody byla překročena hodnota ODT pro sloučeniny ze skupiny aldehydů: hexanal, octanal a decanal cca 3×. U dalších tří sloučenin: octane, pentanal a nonanal jsou koncentrace ve stejném řádu jednotek, jako hodnota ODT. Předpokládá se, že tyto sloučeniny pocházejí z termického rozkladu PE, ale mohou vznikat i z PUR. Jejich přítomnost byla prokázána i analýzou textilní hmoty z čalounění, stropnic, koberečků apod. Tyto sloučeniny mohou vznikat i při oxidaci mastných kyselin, jejichž výskyt byl v ovzduší prokázán. Mastné kyseliny, speciálně butanoic acid (kyselina máselná) a její ester (butanoic acid, ethyl ester) vykazovaly významné překročení hodnot ODT během zápachových period. Zahříváním tkanin v teplotním rozsahu 25 - 150 °C se uvolňují zapáchající aldehydy (pentanal, nonanal, hexanal, heptanal, octanal, decanal).

Pasivní vzorkovače byly použity pro zjištění výskytu sloučenin VOC během týdenního sledování, umožnily tak zachyt sloučenin v období bez zápachu i v období s výskytem zápachových epizod. Při odběru vzorků vzdušiny pomocí pasivního vzorkovačů bylo pořadí identifikovaných polymerů ve vzdušnině následující: epoxidové pryskyřice > PUR > polyethylen > nylon > fenol-formaldehydové pryskyřice (FFP) > PES = pryž > polystyren. Na prvním místě se vyskytovaly epoxidové pryskyřice, což bylo ovlivněno započtením koncentrace benzenu. Použitá náplň (adsorbent) v pasivních vzorkovačích pravděpodobně vykazovala vyšší selektivitu vůči benzenu než náplň pro aktivní vzorkování. Na základě výsledků z pasivního vzorkování lze ještě rozšířit skupinu sloučenin, které jsou možným zdrojem zápachu o methallyl cyanide (3-methyl-2-butenitrile) a isoamyl cyanide, které mohou pocházet z termického rozkladu PUR a methyl metacrylate z termického rozkladu akrylátů.

Přínosem použití pasivních vzorkovačů byla možnost sestavení map plošné distribuce. Při vykreslení mapy koncentrace pro „sloučeniny, které jsou charakteristické nepříjemným zápachem“ byly získány 2 typy podkladů. Jeden s výskytem koncentračního maxima v okolí ITT Holdings Czech Republic (14.-21.10., a 21.-29.10.) a druhý okolo Brembo Czech Republic, s.r.o. s protažením maxima až do obytné zóny Hrabůvka (26.9.-7.10., 5.11.-12.11.). Na anomálii v oblasti ITT Holdings Czech Republic se podílela n-decanoic acid, nonanoic acid, octanoic acid), na anomálii v oblasti Brembo Czech Republic, s.r.o. se podílely stejné kyseliny, a navíc methallyl cyanide, isoamyl cyanide, methyl methacrylate a benzenethiol. Z map plošné distribuce sloučenin s organicky vázanou sírou se také potvrdil výskyt koncentračních maxim v okolí Brembo Czech Republic, s.r.o. Ke koncentračním maximům přispívá **benzenethiol a dimethyl disulfid (DMS)**, s hodnotou ODT 3,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dosahoval v nejvyšší naměřené koncentraci v oblasti **Brembo Czech, s.r.o.** hodnoty 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , což odpovídá rozsahu ODT, a může tedy přispívat k zápachu v této lokalitě.

Při pasivním vzorkování byly sledovány sloučeniny, které jsou uvolňovány z PUR během termických procesů. Z map plošné distribuce těchto sloučenin vyplývá, že koncentrační maxima se tvoří 4 – 5,8 % ze sumy celkových VOC. Mapy plošné distribuce polyuretanu dokumentují, že nejvyšší koncentrace PUR byly zjištěny jak v okolí Brembo Czech, s.r.o., tak ITT Holdings Czech Republic (5.11. – 12.11. 2024). Jednoznačné ovlivnění obytné zástavby (Hrabůvka) dokumentuje mapa izolinií sestavená pro období 21.10. – 29.10. 2024, kdy jsme zároveň zachytili 2 zápachové epizody přímo v průmyslové zóně Hrabová na základě stížnosti obyvatel.

Z výsledků vyplývá, že se při zápachových periodách objevuje spousta zdravotně závadných až karcinogenních sloučenin.

### ***Jak dosáhnout vyšší zodpovědnosti firem?***

Instalací zařízení, které „nově“ umožňuje měřit zápach on-line. Na trhu se objevil přístroj MSEM 3200 je určen pro výhledovou normu IOMS, která se plánuje v EU, ačkoli tato norma ještě není vydána ani vyžadována. Díky meteorologické stanici mohou zařízení projektovat a mapovat oblasti, které budou zasaženy pachovou událostí. Mnoho zákazníků zjistilo, že proaktivní monitorování vede ke zlepšení vztahů se samosprávnými orgány, veřejnou správou a občany. Zařízení MSEM 3200 je vybaveno funkcí identifikace zápachu (OdorID), která umožňuje učit se a identifikovat specifické směsi zápachu. V případě více zdrojů zápachu, dokáže rozpoznat a nahlásit zápach z kompostování nebo z výroby automobilů odděleně, aby pomohl identifikovat zdroj zápachu v případě stížnosti (Sensigent, 2025).

*Opakování anomálních zápachových událostí ukazuje, že se nejedná o „provozní nehodu“ ale spíše o cílený záměr, při nedodržování schválené technologie.*

## 14 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ACGIH, 2022. *TLVs and BEIs: Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices*. [online]. ISBN : 978-1-607261-52-0. Dostupné z: <https://escuelasq.com/wp-content/uploads/2023/03/TLVs-2022.pdf>
- ACHEBE, Ch, JI CHUKWUNEKE, Fa ANENE a Cm EWULONU, 2019. A retrofit for asbestos-based brake pad employing palm kernel fiber as the base filler material. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications* [online]. **233**(9), 1906–1913 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1464-4207, 2041-3076. Dostupné z: doi:10.1177/1464420718796050
- AINI, Q., Z. JALIL, M. MURSAL a Ismail ISMAIL, 2024. Milling Time Effects on the Thermal Degradation, Density, and Porosity of Coconut Shell-Reinforced Epoxy Biocomposites. *ASM Science Journal* [online]. **18**, 1–9 [vid. 2025-02-17]. ISSN 2682-8901, 1823-6782. Dostupné z: doi:10.32802/asmscj.2023.1420
- AKINDOYO, John O., M. D. H. BEG, Suriati GHAZALI, M. R. ISLAM, Nitthiyah JEYARATNAM a A. R. YUVARAJ, 2016. Polyurethane types, synthesis and applications – a review. *RSC Advances* [online]. **6**(115), 114453–114482 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2046-2069. Dostupné z: doi:10.1039/C6RA14525F
- AKYÜZ, Mehmet, 2007. Simultaneous determination of aliphatic and aromatic amines in indoor and outdoor air samples by gas chromatography–mass spectrometry. *Talanta* [online]. **71**(1), 486–492 [vid. 2025-02-24]. ISSN 00399140. Dostupné z: doi:10.1016/j.talanta.2006.10.028
- ALLEN, S. K. a C. W. ALLEN, 1997. Phenol Concentrations in Air and Rain Water Samples Collected near a Wood Preserving Facility. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* [online]. **59**(5), 702–707 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0007-4861, 1432-0800. Dostupné z: doi:10.1007/s001289900537
- AL-MUDHAF, H.F., A.-S.I. ABU-SHADY a N.M. AL-KHULAIFI, 2020. Indoor and outdoor volatile organic compounds at office buildings in Kuwait. *Air, Soil and Water Research* [online]. **6**(1), 53–72. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/ASWR.S12153>
- AN, Junlin, Bin ZHU, Honglei WANG, Yongyu LI, Xu LIN a Hui YANG, 2014. Characteristics and source apportionment of VOCs measured in an industrial area of Nanjing, Yangtze River Delta, China. *Atmospheric Environment* [online]. **97**, 206–214 [vid. 2025-01-08]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2014.08.021
- Anon., [b.r.].
- ARIAS, Rosa, Carla Perucca IANNITELLI, Anastasia RONIOTES, Nora Salas SEOANE, Johana BURBANO a Miguel HERNÁNDEZ, 2021. *Green Paper on Odour Pollution* [online]. 2021. B.m.: Distributed Network for Odour Sensing, Empowerment and Sustainability. Dostupné z: <https://odourobbservatory.org/wp-content/uploads/sites/2/2021/12/DNOSES.GreenPaper.pdf>
- ASTM, 2011. *E679-04: Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds By a Forced Choice Ascending Concentration Series Method of Limits* [online]. 2011. Dostupné z: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/77856/ce990080178f4d5489e34a6f5d7d53c6/ASTM-E679-04-2011-.pdf>
- BAEK, Sung-Ok, Lakshmi SUVARAPU a Young-Kyo SEO, 2015. Occurrence and Concentrations of Toxic VOCs in the Ambient Air of Gumi, an Electronics-Industrial City in Korea. *Sensors* [online]. **15**(8), 19102–19123 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s150819102
- BESIS, Athanasios, Iraklis LATSIOS, Eleni PAPAKOSTA, Theodoros SIMEONIDIS, Athanasios KOURAS, Aristeidis VOLIOTIS a Constantini SAMARA, 2021. Spatiotemporal variation of odor-active VOCs in Thessaloniki, Greece: implications for impacts from industrial activities. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. **28**(42), 59091–59104 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0944-1344, 1614-7499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-020-08573-y
- BOATENG, Laurene, Richard ANSONG, William OWUSU a Matilda STEINER-ASIEDU, 2016. Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review. *Ghana Medical Journal* [online]. **50**(3), 189–196 [vid. 2025-02-17]. ISSN 0016-9560. Dostupné z: doi:10.4314/gmj.v50i3.11
- BORAWSKI, Andrzej, 2020. Conventional and unconventional materials used in the production of brake pads – review. *Science and Engineering of Composite Materials* [online]. **27**(1), 374–396 [vid. 2025-02-17]. ISSN 2191-0359, 0792-1233. Dostupné z: doi:10.1515/secm-2020-0041

- BOULTER, P.G., 2006. *A Review of Emission Factors and Models for Road Vehicle Non-Exhaust Particulate Matter*. 2006. B.m.: Department for the Environment, Food and Rural Affairs, Scottish Executive, Welsh Assembly Government, and Department of Environment in Northern Ireland.
- CAPELLI, Laura, Selena SIRONI a Renato DEL ROSSO, 2013. Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types. *Sensors* [online]. **13**(1), 938–955 [vid. 2025-02-06]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s130100938
- CLAUSS, M., S. M. ANDREWS, J. H. BOTKIN a L. MACENA, 1997. Antioxidant Systems for Stabilization of Flexible Polyurethane Slabstock Foams. *Journal of Cellular Plastics* [online]. **33**(5), 457–476 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0021-955X, 1530-7999. Dostupné z: doi:10.1177/0021955X9703300503
- COMETTO-MUÑIZ, J. Enrique a Michael H. ABRAHAM, 2010. Structure–activity relationships on the odor detectability of homologous carboxylic acids by humans. *Experimental Brain Research* [online]. **207**(1–2), 75–84 [vid. 2025-02-17]. ISSN 0014-4819, 1432-1106. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-010-2430-0
- CONTI, Cecilia, Marcella GUARINO a Jacopo BACENETTI, 2020. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. *Environment International* [online]. **134**, 105261 [vid. 2025-02-24]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2019.105261
- CUEVAS, José, Rubén SEOANE-RIVERO, Rodrigo NAVARRO a Ángel MARCOS-FERNÁNDEZ, 2020. Coumarins into Polyurethanes for Smart and Functional Materials. *Polymers* [online]. **12**(3), 630 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym12030630
- DE COSTER, Gynaika, Preben VAN OVERMEIREN, Lore VANDERMEERSCH, Herman VAN LANGENHOVE, Kristof DEMEESTERE a Christophe WALGRAEVE, 2023. Indoor and outdoor air quality assessment in daycare centres in Ghent (Belgium) in view of outdoor sleeping in an urban environment. *Atmospheric Environment* [online]. **303**, 119711 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2023.119711
- DELHOMME, Olivier, Stephane MORVILLE a Maurice MILLET, 2010. Seasonal and diurnal variations of atmospheric concentrations of phenols and nitrophenols measured in the Strasbourg area, France. *Atmospheric Pollution Research* [online]. **1**(1), 16–22 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13091042. Dostupné z: doi:10.5094/APR.2010.003
- DÍEZ-PALET, Isabel, Clara JAÉN, Esther MARCO, Barend L. VAN DROOGE, Pilar FERNÁNDEZ a Joan O. GRIMALT, 2024. Measurement of volatile organic compounds using tethered balloons in a polluted industrial site in Catalonia (Spain). *Environmental Science and Pollution Research* [online]. [vid. 2025-02-17]. ISSN 1614-7499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-024-34020-3
- DIRISU, Joseph O., Imhade P. OKOKPUJIE, Olufunmilayo O. JOSEPH, Sunday O. OYEDEPO, Oluwasegun FALODUN, Lagouge K. TARTIBU a Firdaussi D. SHEHU, 2024. Sustainable Biocomposites Materials for Automotive Brake Pad Application: An Overview. *Journal of Renewable Materials* [online]. **12**(3), 485–511 [vid. 2025-02-17]. ISSN 2164-6341. Dostupné z: doi:10.32604/jrm.2024.045188
- DONG, Zhangsen, Dong ZHANG, Tiantian WANG, Xinshuai SONG, Yanyan HAO, Shanshan WANG a Shenbo WANG, 2024. Sources and environmental impacts of volatile organic components in a street canyon: Implication for vehicle emission. *Science of The Total Environment* [online]. **917**, 170569 [vid. 2025-02-17]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2024.170569
- DYMIŃSKA, Lucyna, Abduladhim Moamer Moftah ALBEGAR, Wojciech SAŚIADEK, Edyta KUCHARSKA, Adam ZAJĄC a Jerzy HANUZA, 2022. Spectroscopic Evidence of Thermal Changes in Plant Oils during Deep-Frying—Chemical and Infrared Studies. *Plants* [online]. **11**(14), 1813 [vid. 2025-02-17]. ISSN 2223-7747. Dostupné z: doi:10.3390/plants11141813
- EGAN, Denise, Richard O’KENNEDY, Elizabeth MORAN, Dermot COX, Ena PROSSER a R. Douglas THORNES, 1990. The Pharmacology, Metabolism, Analysis, and Applications of Coumarin and Coumarin-Related Compounds. *Drug Metabolism Reviews* [online]. **22**(5), 503–529 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0360-2532, 1097-9883. Dostupné z: doi:10.3109/03602539008991449
- ELBIR, Tolga, Banu CETIN, Eylem CETIN, Abdurrahman BAYRAM a Mustafa ODABASI, 2007. Characterization of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Sources in the Air of Izmir, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **133**(1–3), 149–160 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0167-6369, 1573-2959. Dostupné z: doi:10.1007/s10661-006-9568-z
- ENVIWEB, 2015. Jak se měří zápach? *EnviWeb* [online] [vid. 2025-02-10]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/103560>
- FERNINE, Y., N. ARROUSSE, Rajesh HALDHAR, Chaitany Jayprakash RAORANE, E. ECH-CHIHBI, Seong-Cheol KIM, F. EL HAJJAJI, A. ALAMI, M. Ebn TOUHAMI a M. TALEB, 2022. Novel thiophene derivatives as eco-friendly corrosion inhibitors for mild



- steel in 1 M HCl solution: Characterization, electrochemical and computational (DFT and MC simulations) methods. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [online]. **10**(6), 108891 [vid. 2025-02-17]. ISSN 22133437. Dostupné z: doi:10.1016/j.jece.2022.108891
- GALLEGO, E., F.X. ROCA, F. PERALES, A. RIBES, G. CARRERA, X. GUARDINO a M.J. BERENGUER, 2007. Isocyanatocyclohexane and isothiocyanatocyclohexane levels in urban and industrial areas and possible emission-related activities. *Atmospheric Environment* [online]. **41**(37), 8228–8240 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2007.06.036
- GALLEGO, Eva, José Francisco PERALES a Josep Maria CALAF, 2023. Continuous monitoring of volatile organic compounds through sensorization. Automatic sampling during pollution/odour/nuisance episodic events. *Atmospheric Environment* [online]. **299**, 119657 [vid. 2024-11-19]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2023.119657
- GAO, Xin, Yanan WANG, Lin WU, Fangyuan ZHENG, Naixiu SUN, Guangxun LIU, Yongji LIU, Peng MENG, Luna SUN a Boyu JING, 2023a. The Impact of Anthropogenic VOC Emissions on Atmospheric Pollution: A Case Study of a Typical Industrialized Area in China. *Atmosphere* [online]. **14**(10), 1586 [vid. 2024-11-20]. ISSN 2073-4433. Dostupné z: doi:10.3390/atmos14101586
- GAO, Xin, Yanan WANG, Lin WU, Fangyuan ZHENG, Naixiu SUN, Guangxun LIU, Yongji LIU, Peng MENG, Luna SUN a Boyu JING, 2023b. The impact of anthropogenic VOC emissions on atmospheric pollution: a case study of a typical industrialized area in China. *Atmosphere* [online]. **14**(10), 1586 [vid. 2025-02-17]. ISSN 2073-4433. Dostupné z: doi:10.3390/atmos14101586
- GENG, Chunmei, Jing WANG, Baohui YIN, Ruojie ZHAO, Peng LI, Wen YANG, Zhimei XIAO, Shijie LI, Kangwei LI a Zhipeng BAI, 2020. Vertical distribution of volatile organic compounds conducted by tethered balloon in the Beijing-Tianjin-Hebei region of China. *Journal of Environmental Sciences* [online]. **95**, 121–129 [vid. 2025-02-17]. ISSN 10010742. Dostupné z: doi:10.1016/j.jes.2020.03.026
- GIRI, Balendu Shekher a R.A. PANDEY, 2013. Biological treatment of gaseous emissions containing dimethyl sulphide generated from pulp and paper industry. *Bioresource Technology* [online]. **142**, 420–427 [vid. 2025-02-17]. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2013.04.100
- GUADALUPE-FERNANDEZ, Victor, Manuela DE SARIO, Simona VECCHI, Lisa BAULEO, Paola MICHELOZZI, Marina DAVOLI a Carla ANCONA, 2021. Industrial odour pollution and human health: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health* [online]. **20**(1), 108 [vid. 2024-11-19]. ISSN 1476-069X. Dostupné z: doi:10.1186/s12940-021-00774-3
- GUENTHER, Alex, C. Nicholas HEWITT, David ERICKSON, Ray FALL, Chris GERON, Tom GRAEDEL, Peter HARLEY, Lee KLINGER, Manuel LERDAU, W. A. MCKAY, Tom PIERCE, Bob SCHOLLES, Rainer STEINBRECHER, Raja TALLAMRAJU, John TAYLOR a Pat ZIMMERMAN, 1995. A global model of natural volatile organic compound emissions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* [online]. **100**(D5), 8873–8892 [vid. 2025-02-17]. ISSN 0148-0227. Dostupné z: doi:10.1029/94JD02950
- GUILLARD, C., 2000. Photocatalytic degradation of butanoic acid. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* [online]. **135**(1), 65–75 [vid. 2025-02-26]. ISSN 10106030. Dostupné z: doi:10.1016/S1010-6030(00)00275-6
- GUPTA, Bhupender S., Mei-Yueh FANG a Ming-Jer LEE, 2016. Separation of 1,3-dioxolane from its azeotropic aqueous solution by using Good's buffer ionic liquid [TMA][EPPS]. *Fluid Phase Equilibria* [online]. **418**, 119–124 [vid. 2025-02-24]. ISSN 03783812. Dostupné z: doi:10.1016/j.fluid.2015.10.033
- HAN, Yu, Tao WANG, Rui LI, Hongbo FU, Yusen DUAN, Song GAO, Liwu ZHANG a Jianmin CHEN, 2023. Measurement report: Volatile organic compound characteristics of the different land-use types in Shanghai: spatiotemporal variation, source apportionment and impact on secondary formations of ozone and aerosol. *Atmospheric Chemistry and Physics* [online]. **23**(4), 2877–2900 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1680-7324. Dostupné z: doi:10.5194/acp-23-2877-2023
- HAZ-MAP, 2025b. Nonanoic acid. *Haz-Map* [online] [vid. 2025-02-04]. Dostupné z: <https://haz-map.com/Agents/6387>
- HE, C.Q., Y. ZOU, S.J. LV, R.M. FLORES, X.L. YAN, T. DENG a X.J. DENG, 2024. The importance of photochemical loss to source analysis and ozone formation potential: Implications from in-situ observations of volatile organic compounds (VOCs) in Guangzhou, China. *Atmospheric Environment* [online]. **320**, 120320 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2023.120320
- HE, Lejian, Jian HANG, Xuemei WANG, Borong LIN, Xiaohui LI a Guangdong LAN, 2017. Numerical investigations of flow and passive pollutant exposure in high-rise deep street canyons with various street aspect ratios and viaduct settings. *Science of The Total Environment* [online]. **584–585**, 189–206 [vid. 2025-02-17]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.138

- HEINÄLÄ, M., K. YLINEN, T. ALEKSANDROVA, T. SANTONEN a S.P. PORRAS, 2017. Assessment of Occupational Exposure to Bisphenol A in Five Different Production Companies in Finland. *The Annals of Occupational Hygiene* [online]. [vid. 2025-02-24]. ISSN 1475-3162. Dostupné z: doi:10.1093/annweh/wxw006
- HO, K. F., S. C. LEE, Steven Sai Hang HO, Kimitaka KAWAMURA, Eri TACHIBANA, Y. CHENG a Tong ZHU, 2010. Dicarboxylic acids, ketocarboxylic acids,  $\alpha$  -dicarbonyls, fatty acids, and benzoic acid in urban aerosols collected during the 2006 Campaign of Air Quality Research in Beijing (CAREBeijing-2006). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* [online]. **115**(D19), 2009JD013304 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0148-0227. Dostupné z: doi:10.1029/2009JD013304
- HOUGHTON, David C., Samuel L. HOWARD, Thomas W. UHDE, Caitlin PAQUET, Rodney J. SCHLOSSER a Bernadette M. CORTESE, 2019. Odor sensitivity impairment: a behavioral marker of psychological distress? *CNS Spectrums* [online]. **24**(4), 404–412 [vid. 2024-11-19]. ISSN 1092-8529, 2165-6509. Dostupné z: doi:10.1017/S1092852918001177
- CHAN, L.Y a W.S KWOK, 2000. Vertical dispersion of suspended particulates in urban area of Hong Kong. *Atmospheric Environment* [online]. **34**(26), 4403–4412 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/S1352-2310(00)00181-3
- CHEN, Chun-Hao, Yen-Chang CHUANG, Chu-Chin HSIEH a Chih-Sheng LEE, 2019. VOC characteristics and source apportionment at a PAMS site near an industrial complex in central Taiwan. *Atmospheric Pollution Research* [online]. **10**(4), 1060–1074 [vid. 2025-01-08]. ISSN 13091042. Dostupné z: doi:10.1016/j.apr.2019.01.014
- CHMI, 2024. Zdroje znečišťování ovzduší za roky 2022 a 2023. *EMIS* [online]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web\\_generator/plants/ostrava\\_mesto\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/ostrava_mesto_CZ.html)
- IDES, 2016. *Scentroid Model SM100i Operating and Maintenance Manual* [online]. 2016. B.m.: IDES Canada INC. Dostupné z: <https://scentroid.com/products/olfactometers/sm100i-intelligent-olfactometer/>
- ISMAIL, Ismail, Quratul AINI, Zulkarnain JALIL, Niyi Gideon OLAIYA, Mursal MURSAL, C.K. ABDULLAH a Abdul Khalil H.P.S., 2022. Properties Enhancement Nano Coconut Shell Filled in Packaging Plastic Waste Bionanocomposite. *Polymers* [online]. **14**(4), 772 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym14040772
- JANKOWSKI, Mikolaj Jan, Raymond OLSEN, Yngvar THOMASSEN a Paal MOLANDER, 2017. Comparison of air samplers for determination of isocyanic acid and applicability for work environment exposure assessment. *Environmental Science: Processes & Impacts* [online]. **19**(8), 1075–1085 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2050-7887, 2050-7895. Dostupné z: doi:10.1039/C7EM00174F
- Ji, Haifeng a Xiaojie ZHANG, 2021. Thiophene-Based Polymers: Synthesis and Applications. In: Xing-Hong ZHANG a Patrick THEATO, ed. *Sulfur-Containing Polymers* [online]. 1. vyd. B.m.: Wiley, s. 265–304 [vid. 2025-02-17]. ISBN 978-3-527-34670-7. Dostupné z: doi:10.1002/9783527823819.ch8
- JIA, Chunrong, Stuart BATTERMAN a Christopher GODWIN, 2008. VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods, Part 1: Indoor and outdoor concentrations, variation, and risk drivers. *Atmospheric Environment* [online]. **42**(9), 2083–2100 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2007.11.055
- JIANG, Xuguang, Chunyu LI, Yong CHI a Jianhua YAN, 2010. TG-FTIR study on urea-formaldehyde resin residue during pyrolysis and combustion. *Journal of Hazardous Materials* [online]. **173**(1–3), 205–210 [vid. 2025-02-24]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2009.08.070
- KARLSSON, Daniel, Marianne DALENE, Gunnar SKARPING a Åsa MARAND, 2001. Determination of isocyanic acid in air. *Journal of Environmental Monitoring* [online]. **3**(4), 432–436 [vid. 2025-02-24]. ISSN 14640325, 14640333. Dostupné z: doi:10.1039/b103476f
- KARNER, Alex A., Douglas S. EISINGER a Deb A. NIEMEIER, 2010. Near-Roadway Air Quality: Synthesizing the Findings from Real-World Data. *Environmental Science & Technology* [online]. **44**(14), 5334–5344 [vid. 2025-02-17]. ISSN 0013-936X, 1520-5851. Dostupné z: doi:10.1021/es100008x
- KHAN, Sulaiman, Stéphane LE CALVÉ a David NEWPORT, 2020. A review of optical interferometry techniques for VOC detection. *Sensors and Actuators A: Physical* [online]. **302**, 111782 [vid. 2024-11-19]. ISSN 09244247. Dostupné z: doi:10.1016/j.sna.2019.111782
- KHWAJA, Haider A., 1995. Atmospheric concentrations of carboxylic acids and related compounds at a semiurban site. *Atmospheric Environment* [online]. **29**(1), 127–139 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/1352-2310(94)00211-3

- KIM, Min-Ji, Young-Kyo SEO, Jong-Ho KIM a Sung-Ok BAEK, 2020. Impact of industrial activities on atmospheric volatile organic compounds in Sihwa-Banwol, the largest industrial area in South Korea. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. **27**(23), 28912–28930 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0944-1344, 1614-7499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-020-09217-x
- KRÁL, Miroslav, 2019. Pachové látky v ovzduší hodnocené normativně a jejich vliv na pocity a zdraví člověka. *Práce a mzda* [online] [vid. 2025-02-04]. Dostupné z: <https://www.praceamzda.cz/clanky/7325/pachove-latky-v-ovzdusi-hodnocene-normativne-a-jejich-vliv-na-pocity-a-zdravi-cloveka>
- KULAKOVA, E S, A M SAFAROV, V I SAFAROVA, M A MALKOVA a E A KANTOR, 2020. Phenol monitoring in the air of the city residential part. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. **579**(1), 012102 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1755-1307, 1755-1315. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/579/1/012102
- LAWAL, S.S., N.A. ADEMOH, K.C. BALA a A.S. ABDULRAHMAN, 2019. A Review of the Compositions, Processing, Materials and Properties of Brake Pad Production. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. **1378**(3), 032103 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1742-6588, 1742-6596. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1378/3/032103
- LEE, Hyung-Don, Soo-Bin JEON, Won-Joon CHOI, Sang-Sup LEE, Min-Ho LEE a Kwang-Joong OH, 2013. A novel assessment of odor sources using instrumental analysis combined with resident monitoring records for an industrial area in Korea. *Atmospheric Environment* [online]. **74**, 277–290 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2013.04.001
- LENÍČEK, Jan, Ivan BENEŠ, Eva RYCHLÍKOVÁ, David ŠUBRT, Ondřej ŘEZNÍČEK, Tomáš ROUBAL a Joseph P. PINTO, 2022. VOCs and Odor Episodes near the German–Czech Border: Social Participation, Chemical Analyses and Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. **19**(3), 1296 [vid. 2025-02-06]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph19031296
- LI, Jianghao, Shunxi DENG, Abla TOHTI, Guanghua LI, Xiaoxiao YI, Zhenzhen LU, Jiayao LIU a Shuai ZHANG, 2022a. Spatial characteristics of VOCs and their ozone and secondary organic aerosol formation potentials in autumn and winter in the Guanzhong Plain, China. *Environmental Research* [online]. **211**, 113036 [vid. 2025-01-08]. ISSN 00139351. Dostupné z: doi:10.1016/j.envres.2022.113036
- LI, Jie, Hongyan LI, Qiusheng HE, Lili GUO, Hefeng ZHANG, Guishi YANG, Yuhang WANG a Fahe CHAI, 2020. Characteristics, sources and regional inter-transport of ambient volatile organic compounds in a city located downwind of several large coke production bases in China. *Atmospheric Environment* [online]. **233**, 117573 [vid. 2025-01-08]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2020.117573
- LI, Junling, Kun LI, Hong LI, Xuezhong WANG, Weigang WANG, Ke WANG a Maofa GE, 2022b. Long-chain alkanes in the atmosphere: A review. *Journal of Environmental Sciences* [online]. **114**, 37–52 [vid. 2025-02-24]. ISSN 10010742. Dostupné z: doi:10.1016/j.jes.2021.07.021
- LI, Mingxiao, Qi LI, Michael H. NANTZ a Xiao-An FU, 2018. Analysis of Carbonyl Compounds in Ambient Air by a Microreactor Approach. *ACS Omega* [online]. **3**(6), 6764–6769 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2470-1343, 2470-1343. Dostupné z: doi:10.1021/acsomega.8b00503
- LIN, Nan, Lexuan ZHONG, Christopher GODWIN a Stuart BATTERMAN, 2022. Be alert for vapor intrusion of 1,4-dioxane from contaminated groundwater. *Science of The Total Environment* [online]. **825**, 153713 [vid. 2025-02-24]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2022.153713
- LIU, Chengtang, Yanyan XIN, Chenglong ZHANG, Junfeng LIU, Pengfei LIU, Xiaowei HE a Yujing MU, 2023a. Ambient volatile organic compounds in urban and industrial regions in Beijing: Characteristics, source apportionment, secondary transformation and health risk assessment. *Science of The Total Environment* [online]. **855**, 158873 [vid. 2025-01-08]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2022.158873
- LIU, W, J ZHANG, L ZHANG, B TURPIN, C WEISEL, M MORANDI, T STOCK, S COLOME a L KORN, 2006. Estimating contributions of indoor and outdoor sources to indoor carbonyl concentrations in three urban areas of the United States. *Atmospheric Environment* [online]. **40**(12), 2202–2214 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2005.12.005
- LIU, Wen-Tzu, Wei-Cheng LIAO, Stephen M. GRIFFITH, Chih-Chung CHANG, Yue-Chuen WU, Chieh Heng WANG a Jia-Lin WANG, 2022. Characterization of odorous industrial plumes by coupling fast and slow mass spectrometry techniques for volatile organic compounds. *Chemosphere* [online]. **304**, 135304 [vid. 2025-02-24]. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2022.135304

- LIU, Zhaoyun, Fugeng ZHA, Yinghong WANG, Bin YUAN, Baoxian LIU a Guiqian TANG, 2023b. Vertical evolution of the concentrations and sources of volatile organic compounds in the lower boundary layer in urban Beijing in summer. *Chemosphere* [online]. **332**, 138767 [vid. 2025-02-17]. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2023.138767
- LUCERNONI, Federico, Laura CAPELLI a Selena SIRONI, 2016. Odour sampling on passive area sources: principles and methods. *Chemical Engineering Transactions* [online]. **54**, 55–60 [vid. 2025-02-06]. Dostupné z: doi:10.3303/CET1654010
- LV, Weixun, Yan WU a Jianbin ZANG, 2021. A Review on the Dispersion and Distribution Characteristics of Pollutants in Street Canyons and Improvement Measures. *Energies* [online]. **14**(19), 6155 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en14196155
- MACEIRA, Alba, Francesc BORRULL a Rosa Maria MARCÉ, 2019. Occurrence of plastic additives in outdoor air particulate matters from two industrial parks of Tarragona, Spain: Human inhalation intake risk assessment. *Journal of Hazardous Materials* [online]. **373**, 649–659 [vid. 2025-02-24]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2019.04.014
- MACEIRA, Alba, Rosa Maria MARCÉ a Francesc BORRULL, 2018. Occurrence of benzothiazole, benzotriazole and benzenesulfonamide derivatives in outdoor air particulate matter samples and human exposure assessment. *Chemosphere* [online]. **193**, 557–566 [vid. 2025-02-17]. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2017.11.073
- MARKES, 2025. *Passive sampling* [online] [vid. 2025-12-21]. Dostupné z: <https://markes.com/sampling-technologies/passive-sampling>
- MARYNOWSKI, Leszek, Ewa ŁUPIKASZA, Katarzyna DĄBROWSKA-ZAPART, Łukasz MAŁARZEWSKI, Tadeusz NIEDŹWIEDŹ a Bernd R.T. SIMONEIT, 2020. Seasonal and vertical variability of saccharides and other organic tracers of PM10 in relation to weather conditions in an urban environment of Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment* [online]. **242**, 117849 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2020.117849
- MARYNOWSKI, Leszek a Bernd R.T. SIMONEIT, 2022. Saccharides in atmospheric particulate and sedimentary organic matter: Status overview and future perspectives. *Chemosphere* [online]. **288**, 132376 [vid. 2025-02-17]. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2021.132376
- MAYER, F. a K. BREUER, 2006. Material odor–odoractive compounds identified in different materials – the surprising similarities with certain foods, possible sources and hypotheses on their formation. *Indoor Air* [online]. **16**(5), 373–382 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0905-6947, 1600-0668. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0668.2006.00431.x
- MILCZAREK, J.M., M. DZIADOSZ a J. ZIEBA-PALUS, 2009. Way to Distinguish Car Paint Traces Based on Epoxy Primer Layers Analysis by Pyrolysis-Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Chemia Analityczna*. (54), 173–185.
- MISHRA, Pradyumna Kumar, Hariom PANWAR, Arpit BHARGAVA, Venkata Raghuram GORANTLA, Subodh Kumar JAIN, Smita BANERJEE a Kewal Krishan MAUDAR, 2008. Isocyanates induces DNA damage, apoptosis, oxidative stress, and inflammation in cultured human lymphocytes. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology* [online]. **22**(6), 429–440 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1095-6670, 1099-0461. Dostupné z: doi:10.1002/jbt.20260
- MKOMAA, L.S., G.O. DA ROCHAB a J.B. DE ANDRADE, 2014. Determination of carboxylic acids and water-soluble inorganic ions by ion chromatography in atmospheric aerosols from Tanzania. *South African Journal of Chemistry*. **67**, 118–123.
- MONFORTI-FERRARIO, F., A. BOROWIAK, J.P. PUTAUD, P. PEREZ BALLESTA, F. CAVALLI a G. MANCA, 2022. *Air pollutants of emerging concern :potential air pollutants and how they could be monitored under future air quality directives*. [online]. LU: European Commission. Joint Research Centre. [vid. 2025-02-17]. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/607292>
- MORIN, Nicolas, Hans Peter H. ARP a Sarah E. HALE, 2015. Bisphenol A in Solid Waste Materials, Leachate Water, and Air Particles from Norwegian Waste-Handling Facilities: Presence and Partitioning Behavior. *Environmental Science & Technology* [online]. **49**(13), 7675–7683 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0013-936X, 1520-5851. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.5b01307
- MOTALEBI DAMUCHALI, Ali a Huiqing GUO, 2019. Evaluation of a field olfactometer in odour concentration measurement. *Biosystems Engineering* [online]. **187**, 239–246 [vid. 2025-02-27]. ISSN 15375110. Dostupné z: doi:10.1016/j.biosystemseng.2019.09.007
- MUNGALL, Emma L., Jonathan P. D. ABBATT, Jeremy J. B. WENTZELL, Gregory R. WENTWORTH, Jennifer G. MURPHY, Daniel KUNKEL, Ellen GUTE, David W. TARASICK, Sangeeta SHARMA, Christopher J. COX, Taneil UTTAL a John LIGGIO, 2018. High gas-phase mixing ratios of formic and acetic acid in the High Arctic. *Atmospheric Chemistry and Physics* [online]. **18**(14), 10237–10254 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1680-7324. Dostupné z: doi:10.5194/acp-18-10237-2018

- MŽP, 2023. *Metodika – stanovení stupňů vybavenosti stacionárních zdrojů působících obtěžování zápachem a odstupových vzdáleností proti obtěžování zápachem* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdroje\\_znecistovani\\_ovzduchi/\\$FILE/000-ProjektTACR\\_TITOMZP903\\_%20Zaverecna\\_%20zprava-20240531.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdroje_znecistovani_ovzduchi/$FILE/000-ProjektTACR_TITOMZP903_%20Zaverecna_%20zprava-20240531.pdf)
- NASAR, A. Sultan a S. KALAIMANI, 2016. Synthesis and studies on forward and reverse reactions of phenol-blocked polyisocyanates: an insight into blocked isocyanates. *RSC Advances* [online]. **6**(80), 76802–76812 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2046-2069. Dostupné z: doi:10.1039/C6RA15643F
- NOLLET, Leo M. L. a Dimitra A. LAMBROPOULOU, ed., 2017. *Chromatographic Analysis of the Environment: Mass Spectrometry Based Approaches* [online]. 4. vyd. Fourth edition / edited by Leo M. L. Nollet and Dimitra Lambropoulou. | Boca Raton, FL: CRC Press, [2017]: CRC Press [vid. 2025-02-24]. ISBN 978-1-315-31620-8. Dostupné z: doi:10.1201/9781315316208
- ODOUR, 2018a. *Studie pachových látek Ostrava-Hrabová – druhá část* [online]. 19. prosinec 2018. B.m.: ODOUR. [vid. 2025-01-02]. Dostupné z: [https://www.hrabova.info/wp-content/uploads/2022/01/982191286\\_20180413\\_Studie-OSTRAVA-HRABOVA-1.-část\\_final.pdf](https://www.hrabova.info/wp-content/uploads/2022/01/982191286_20180413_Studie-OSTRAVA-HRABOVA-1.-část_final.pdf)
- ODOUR, 2018b. *Studie pachových látek Ostrava-Hrabová – první část* [online]. 27. červen 2018. B.m.: ODOUR. [vid. 2025-01-02]. Dostupné z: [https://www.hrabova.info/wp-content/uploads/2022/01/982191286\\_20180413\\_Studie-OSTRAVA-HRABOVA-1.-část\\_final.pdf](https://www.hrabova.info/wp-content/uploads/2022/01/982191286_20180413_Studie-OSTRAVA-HRABOVA-1.-část_final.pdf)
- OLUWAFEMI, E.I., F.L. INAMBAO a G. ADEWUMI, 2019. Biomass-based composites for brake pads: A review. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* [online]. **10**(3), 920–943. Dostupné z: <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=3>
- OUYANG, Xingzi, Meng XIA, Xueyou SHEN a Yu ZHAN, 2019. Pollution characteristics of 15 gas- and particle-phase phthalates in indoor and outdoor air in Hangzhou. *Journal of Environmental Sciences* [online]. **86**, 107–119 [vid. 2025-02-24]. ISSN 10010742. Dostupné z: doi:10.1016/j.jes.2019.05.008
- PABÓN ROJAS, Jonathan Javier, Bladimir Azdrubal RAMÓN VALENCIA, Francisco Javier BOLÍVAR OSORIO a Daniel RAMÍREZ, 2021. The role of fiber-matrix compatibility in vacuum processed natural fiber/epoxy biocomposites. *Cellulose* [online]. **28**(12), 7845–7857 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0969-0239, 1572-882X. Dostupné z: doi:10.1007/s10570-021-04055-7
- PACIORKOVÁ, J., P. FIEDLER, T. BARTEK a J. TOMŠŮ, 2011. *CTPark Ostrava Hrabová objekt O13 ITT Technologie provozu – Rozšíření A. Oznámení dle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (dle přílohy č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb. ve znění pozdějších zák.),* [online]. 2011. Dostupné z: [https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTeYm19wb3N1ZGVrRE9DXzMyNzI4ODc0MDU4MTIyMjY5MDYu cGRm/OV9123\\_posudek.pdf](https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTeYm19wb3N1ZGVrRE9DXzMyNzI4ODc0MDU4MTIyMjY5MDYu cGRm/OV9123_posudek.pdf)
- PINTHONG, Nattaporn, Sarawut THEPANONDH a Akira KONDO, 2022. Source Identification of VOCs and their Environmental Health Risk in a Petrochemical Industrial Area. *Aerosol and Air Quality Research* [online]. **22**(2), 210064 [vid. 2024-11-19]. ISSN 16808584, 20711409. Dostupné z: doi:10.4209/aaqr.210064
- PUBCHEM, 2025. Lauric Acid. *Pubchem* [online] [vid. 2025-02-04]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lauric-Acid>
- PUSFITASARI, Eka Dian, Jose RUIZ-JIMENEZ, Aleksi TIUSANEN, Markus SUURONEN, Jesse HAATAJA, Yusheng WU, Juha KANGASLUOMA, Krista LUOMA, Tuukka PETÄJÄ, Matti JUSSILA, Kari HARTONEN a Marja-Liisa RIEKKOLA, 2023. Vertical profiles of volatile organic compounds and fine particles in atmospheric air by using an aerial drone with miniaturized samplers and portable devices. *Atmospheric Chemistry and Physics* [online]. **23**(10), 5885–5904 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1680-7324. Dostupné z: doi:10.5194/acp-23-5885-2023
- PUXBAUM, H., C. ROSENBERG, M. GREGORI, C. LANZERSTORFER, E. OBER a W. WINIWARTER, 1988. Atmospheric concentrations of formic and acetic acid and related compounds in eastern and northern Austria. *Atmospheric Environment* (1967) [online]. **22**(12), 2841–2850 [vid. 2025-02-24]. ISSN 00046981. Dostupné z: doi:10.1016/0004-6981(88)90450-7
- RCT, 2024. Capric Acid. *Rierden Chemical Portfolio* [online] [vid. 2025-02-04]. Dostupné z: <https://rierdenchemical.com/our-products-new?id=1304788/capric-acid>
- ROUKOS, J., H. PLAISANCE, T. LEONARDIS, M. BATES a N. LOCOGE, 2009. Development and validation of an automated monitoring system for oxygenated volatile organic compounds and nitrile compounds in ambient air. *Journal of*



- Chromatography A* [online]. **1216**(49), 8642–8651 [vid. 2025-02-24]. ISSN 00219673. Dostupné z: doi:10.1016/j.chroma.2009.10.018
- SADEGHI, Bavand, Arman POUYAEI, Yunsoo CHOI a Bernhard RAPPENGLUECK, 2022. Influence of seasonal variability on source characteristics of VOCs at Houston industrial area. *Atmospheric Environment* [online]. **277**, 119077 [vid. 2025-01-08]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2022.119077
- SAITO, I., A. ONUKI a H. SETO, 2004. Indoor air pollution by alkylphenols in Tokyo. *Indoor Air* [online]. **14**(5), 325–332 [vid. 2025-02-24]. ISSN 0905-6947, 1600-0668. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00250.x
- SAKAI, Kiyoshi, Michihiro KAMIJIMA, Eiji SHIBATA, Hironobu OHNO a Tamie NAKAJIMA, 2006. Indoor air pollution by 2-ethyl-1-hexanol in non-domestic buildings in Nagoya, Japan. *Journal of Environmental Monitoring* [online]. **8**(11), 1122 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1464-0325, 1464-0333. Dostupné z: doi:10.1039/b610981k
- SANDTEN, Christian Stefan, Martin KREYENSCHMIDT, Rolf ALBACH a Ursula E. A. FITTSCHEN, 2024. The Thermo-Oxidative Degradation of Polyurethane Open-Cell Soft Foam Investigated Through Gas Chromatography and Mass Spectrometry of Volatile Organic Compounds. *Polymers* [online]. **16**(23), 3342 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym16233342
- SANGIORGI, G., L. FERRERO, B.S. FERRINI, C. LO PORTO, M.G. PERRONE, R. ZANGRANDO, A. GAMBARO, Z. LAZZATI a E. BOLZACCHINI, 2013. Indoor airborne particle sources and semi-volatile partitioning effect of outdoor fine PM in offices. *Atmospheric Environment* [online]. **65**, 205–214 [vid. 2025-02-24]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2012.10.050
- SCENTROID, 2025a. ASTM E679-04. *Scentroid* [online] [vid. 2025-02-10]. Dostupné z: <https://scentroid.com/wikiodour/astm-e679-04/>
- SCENTROID, 2025b. Odour Unit (OU) (OUE). *Scentroid* [online] [vid. 2025-02-04]. Dostupné z: <https://scentroid.com/wikiodour/odour-unit-ou-oue/>
- SCOTT, Phillip S., John P. ANDREW, Brandi A. BUNDY, Brian K. GRIMM, Morganne A. HAMANN, Damien T. KETCHERSIDE, Jiahong LI, Melanie Y. MANANGQUIL, Laurel A. NUÑEZ, Dorian L. PITTMAN, Antonio RIVERO-ZEVALLOS, Reece UHLORN a Nancy A.C. JOHNSTON, 2020. Observations of volatile organic and sulfur compounds in ambient air and health risk assessment near a paper mill in rural Idaho, U. S. A. *Atmospheric Pollution Research* [online]. **11**(10), 1870–1881 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13091042. Dostupné z: doi:10.1016/j.apr.2020.07.014
- SENSIGENT, 2025. MSEM 3200 Environmental Monitor. [online] [vid. 2025-02-20]. Dostupné z: <https://www.sensigent.com/msem.html>
- SEO, Young-Kyo, Yoon-Jung HWANG, Soon-Jin LEE, Min-Do LEE, Jin-Seok HAN a Sung-Ok BAEK, 2010. Determination of N,N-Dimethylformamide in Ambient Air Using Adsorption Sampling and Thermal Desorption with GC/MS Analysis. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment* [online]. **26**(4), 357–366 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1598-7132. Dostupné z: doi:10.5572/KOSAE.2010.26.4.357
- SHAO, Ping, Junlin AN, Jinyuan XIN, Fangkun WU, Junxiu WANG, Dongsheng JI a Yuesi WANG, 2016. Source apportionment of VOCs and the contribution to photochemical ozone formation during summer in the typical industrial area in the Yangtze River Delta, China. *Atmospheric Research* [online]. **176–177**, 64–74 [vid. 2025-01-08]. ISSN 01698095. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosres.2016.02.015
- SIMONEIT, B.R.T., J.J. SCHAUER, C.G. NOLTE, D.R. OROS, V.O. ELIAS, M.P. FRASER, W.F. ROGGE a G.R. CASS, 1999. Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles. *Atmospheric Environment* [online]. **33**(2), 173–182 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/S1352-2310(98)00145-9
- SKOWRON, J., 2005. Cyclohexyl isocyanate. *Principles and Methods of Assessing the Working Environment*. **4**(46), 71–82.
- SPINELLE, Laurent, Michel GERBOLES, Gertjan KOK, Stefan PERSIJN a Tilman SAUERWALD, 2017. Review of Portable and Low-Cost Sensors for the Ambient Air Monitoring of Benzene and Other Volatile Organic Compounds. *Sensors* [online]. **17**(7), 1520 [vid. 2024-11-19]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s17071520
- SPYRAKI, Maria, 2021. Revisiting Odour Pollution in Europe. *European Bureau for Conservation and Development* [online] [vid. 2024-11-19]. Dostupné z: [https://ebcd.org/events/online-event-revisiting-odour-pollution-in-europe/#\\_ftnref1](https://ebcd.org/events/online-event-revisiting-odour-pollution-in-europe/#_ftnref1)
- SUN, Jie, Yuesi WANG, Fangkun WU, Guiqian TANG, Lili WANG, Yinghong WANG a Yuan YANG, 2018. Vertical characteristics of VOCs in the lower troposphere over the North China Plain during pollution periods. *Environmental Pollution* [online]. **236**, 907–915 [vid. 2025-02-17]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2017.10.051

- SUSAYA, Janice, Ki-Hyun KIM, Nhu-Thuc PHAN a Jo-Chun KIM, 2011. Assessment of reduced sulfur compounds in ambient air as malodor components in an urban area. *Atmospheric Environment* [online]. **45**(20), 3381–3390 [vid. 2025-02-17]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2011.03.051
- TECAM, 2019. *What are acceptable VOC levels in the air? Emissions treatment, Environment, VOCs* [online]. Dostupné z: <https://tecangroup.com/what-are-acceptable-voc-levels-in-the-air/>
- TESTO, 2025. *testo 868s - Termokamera* [online] [vid. 2025-01-07]. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/testo-868s/p/0560-8681#tab-technicalData>
- TÍŽKOVÁ, Věra a Michal KOFROŇ, 2020. *Brembo Czech s.r.o. změna výroby. Oznámení záměru ve smyslu zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí v rozsahu dle přílohy č. 3* [online]. 2020. Dostupné z: [https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTeyM19wb3N1ZGVrRE9DXzMyNzI4ODc0MDU4MTlyMjY5MDYu cGRm/OV9123\\_posudek.pdf](https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTeyM19wb3N1ZGVrRE9DXzMyNzI4ODc0MDU4MTlyMjY5MDYu cGRm/OV9123_posudek.pdf)
- TSAI, Mong-Yu, Kang-Shin CHEN a Chung-Hsing WU, 2005. Three-Dimensional Modeling of Air Flow and Pollutant Dispersion in an Urban Street Canyon with Thermal Effects. *Journal of the Air & Waste Management Association* [online]. **55**(8), 1178–1189 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1096-2247, 2162-2906. Dostupné z: doi:10.1080/10473289.2005.10464716
- VENECEK, Melissa A., William P.L. CARTER a Michael J. KLEEMAN, 2018. Updating the SAPRC Maximum Incremental Reactivity (MIR) scale for the United States from 1988 to 2010. *Journal of the Air & Waste Management Association* [online]. **68**(12), 1301–1316 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1096-2247, 2162-2906. Dostupné z: doi:10.1080/10962247.2018.1498410
- VEŘEJNÝ OCHRÁNCE PRÁV, 2022. *Regulace pachových látek v ovzduší* [online]. 19/2021/SZD/DP. Dostupné z: <https://www.ochrance.cz/uploads-import/ESO/SZD-19-2021-v%C3%BDzkumn%C3%A1%20zpr%C3%A1va-final.pdf>
- VINCENTI, Beatrice, Enrico PARIS, Monica CARNEVALE, Adriano PALMA, Ettore GUERRIERO, Domenico BORELLO, Valerio PAOLINI a Francesco GALLUCCI, 2022. Saccharides as Particulate Matter Tracers of Biomass Burning: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. **19**(7), 4387 [vid. 2025-02-17]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph19074387
- VOORDECKERS, D., F.J.R. MEYSMAN, P. BILLEN, T. TYTGAT a M. VAN ACKER, 2021. The impact of street canyon morphology and traffic volume on NO<sub>2</sub> values in the street canyons of Antwerp. *Building and Environment* [online]. **197**, 107825 [vid. 2025-02-17]. ISSN 03601323. Dostupné z: doi:10.1016/j.buildenv.2021.107825
- WAKAYAMA, Takanari, Yuki ITO, Kiyoshi SAKAI, Mio MIYAKE, Eiji SHIBATA, Hiroyuki OHNO a Michihiro KAMIJIMA, 2019. Comprehensive review of 2-ethyl-1-hexanol as an indoor air pollutant. *Journal of Occupational Health* [online]. **61**(1), 19–35 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1341-9145, 1348-9585. Dostupné z: doi:10.1002/1348-9585.12017
- WAN, Yanjian, Jingchuan XUE a Kurunthachalam KANNAN, 2016. Benzothiazoles in indoor air from Albany, New York, USA, and its implications for inhalation exposure. *Journal of Hazardous Materials* [online]. **311**, 37–42 [vid. 2025-02-17]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2016.02.057
- WANG, Baolin, Ziang LI, Zhenguo LIU, Yuchun SUN, Chen WANG, Yang XIAO, Xiaochen LU, Guihuan YAN a Chongqing XU, 2023a. Characteristics, secondary transformation potential and health risks of atmospheric volatile organic compounds in an industrial area in Zibo, East China. *Atmosphere* [online]. **14**(1), 158 [vid. 2025-01-08]. ISSN 2073-4433. Dostupné z: doi:10.3390/atmos14010158
- WANG, Baolin, Ziang LI, Zhenguo LIU, Yuchun SUN, Chen WANG, Yang XIAO, Xiaochen LU, Guihuan YAN a Chongqing XU, 2023b. Characteristics, Secondary Transformation Potential and Health Risks of Atmospheric Volatile Organic Compounds in an Industrial Area in Zibo, East China. *Atmosphere* [online]. **14**(1), 158 [vid. 2025-01-08]. ISSN 2073-4433. Dostupné z: doi:10.3390/atmos14010158
- WANG, Cui, Canke HUANG, Yumei WEI, Qi ZHU, Weili TIAN a Qingyu ZHANG, 2014. Short-term exposure to dimethylformamide and the impact on digestive system disease: An outdoor study for volatile organic compound. *Environmental Pollution* [online]. **190**, 133–138 [vid. 2025-02-24]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2014.03.026
- WIEDMER, Christoph, Cristina VELASCO-SCHÖN a Andrea BUETTNER, 2017. Characterization of odorants in inflatable aquatic toys and swimming learning devices—which substances are causative for the characteristic odor and potentially harmful? *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. **409**(16), 3905–3916 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1618-2642, 1618-2650. Dostupné z: doi:10.1007/s00216-017-0330-x
- WU, Shuang, Guiqian TANG, Yinghong WANG, Yang YANG, Dan YAO, Wei ZHAO, Wenkang GAO, Jie SUN a Yuesi WANG, 2020. Vertically decreased VOC concentration and reactivity in the planetary boundary layer in winter over the North China

- Plain. *Atmospheric Research* [online]. **240**, 104930 [vid. 2025-02-17]. ISSN 01698095. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosres.2020.104930
- YANG, Jhih-Jhe, Chih-Chung LIU, Wei-Hsiang CHEN, Chung-Shin YUAN a Chitsan LIN, 2013. Assessing the altitude effect on distributions of volatile organic compounds from different sources by principal component analysis. *Environmental Science: Processes & Impacts* [online]. **15**(5), 972 [vid. 2025-02-24]. ISSN 2050-7887, 2050-7895. Dostupné z: doi:10.1039/c3em00034f
- YOU, Xiaoqing, Ambikaipakan SENTHILSELVAN, Nicola M CHERRY, Hyan G-Mi KIM a Igor BURSTYN, 2008. Determinants of airborne concentrations of volatile organic compounds in rural areas of Western Canada. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* [online]. **18**(2), 117–128 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1559-0631, 1559-064X. Dostupné z: doi:10.1038/sj.jes.7500556
- ZAITSEVA, Nina, Pavel SHUR a Vadim ALEKSEEV, 2013. Assessing the impact of ambient air pollution by cresol and phenol on disease incidence in children. *ISEE Conference Abstracts* [online]. **2013**(1), 4466 [vid. 2025-02-24]. ISSN 1078-0475. Dostupné z: doi:10.1289/isee.2013.P-3-05-04
- ZHANG, Yunchen, Rui LI, Hongbo FU, Dong ZHOU a Jianmin CHEN, 2018. Observation and analysis of atmospheric volatile organic compounds in a typical petrochemical area in Yangtze River Delta, China. *Journal of Environmental Sciences* [online]. **71**, 233–248 [vid. 2025-01-08]. ISSN 10010742. Dostupné z: doi:10.1016/j.jes.2018.05.027
- ZHENG, Huang, Shaofei KONG, Yingying YAN, Nan CHEN, Liquan YAO, Xi LIU, Fangqi WU, Yi CHENG, Zhenzhen NIU, Shurui ZHENG, Xin ZENG, Qin YAN, Jian WU, Mingming ZHENG, Dantong LIU, Delong ZHAO a Shihua QI, 2020. Compositions, sources and health risks of ambient volatile organic compounds (VOCs) at a petrochemical industrial park along the Yangtze River. *Science of The Total Environment* [online]. **703**, 135505 [vid. 2025-01-08]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135505

## PŘÍLOHA 1 BRZDOVÁ DESTIČKA BREMBO – OTĚR

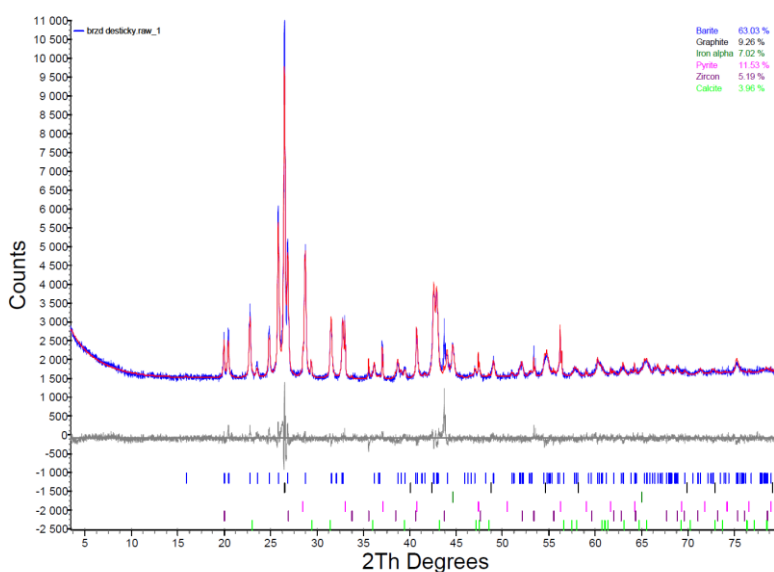
Z mineralogické fázové analýzy metodou RTG difrakce vyplývá, že anorganická fáze je tvořena: barytem, pyritem, kalcitem, zirkonem, grafitem, metalické železo a grafit. Koncentrace uvedené v RTG-difraktogramu (**obr. 1**) jsou vztaženy na 100 % anorganické složky.

Brzdové destičky mohou obsahovat zirkon (oxid zirkoničitý) kvůli jeho vynikajícím vlastnostem, které zlepšují výkon brzdového systému. Zirkon je známý svou vysokou tepelnou odolností a schopností odvádět teplo, což je klíčové pro brzdové destičky, které jsou vystaveny vysokým teplotám při brzdění. Zirkon přispívá k lepšímu tření mezi brzdovou destičkou a kotoučem, což zajišťuje efektivnější brzdění. ZH podobných důvodů se používá i pyrit, který je podstatně levnější složkou.

**Baryt (síran barnatý, BaSO<sub>4</sub>) se v brzdových destičkách používá kvůli několika užitečným vlastnostem:**

- **Vysoká hustota:** Baryt má vysokou hustotu, což pomáhá zvyšovat hmotnost brzdových destiček. Tím se zlepšuje jejich účinnost a stabilita při vysokých teplotách a tlacích.
- **Tepelná odolnost:** Baryt má vynikající tepelnou odolnost, což je důležité při brzdění, kdy dochází k vysokým teplotám. To pomáhá zabránit přehřátí brzdových destiček a zajišťuje konzistentní brzdový výkon.
- **Tření a opotřebení:** Baryt přispívá k lepšímu tření mezi brzdovou destičkou a brzdovým kotoučem. Navíc zlepšuje odolnost vůči opotřebení, čímž prodlužuje životnost brzdových destiček.

Kalcit přispívá ke zvýšení koeficientu tření mezi brzdovou destičkou a brzdovým kotoučem. To zajišťuje lepší brzdný výkon a kontrolu nad vozidlem.

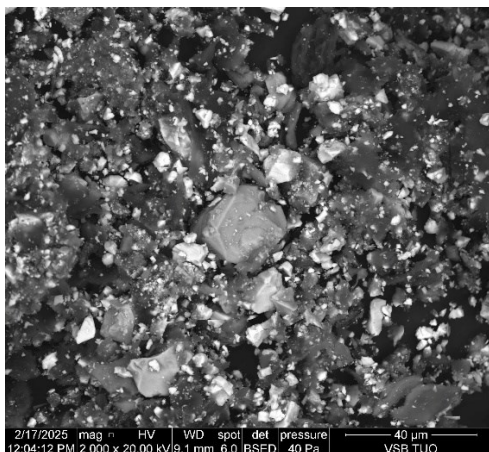


**Obr. 1** RTG-difraktogram otěru z brzdového obložení

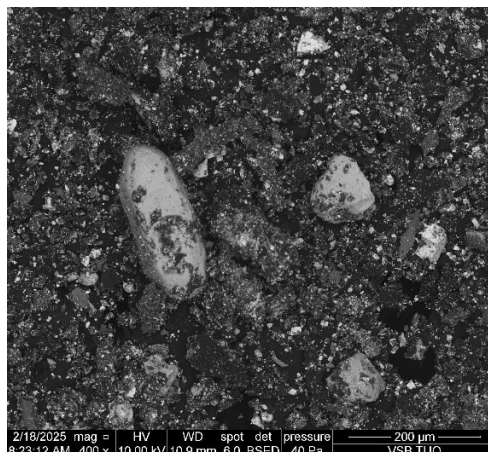
**Tabulka 1** Výsledky elementární analýzy.

Prvek	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)	O (%)	Popel 815 °C
Brzdy (standard S 21,54 %)	0,79	20,43	1,00	6,47	3,43	67,89

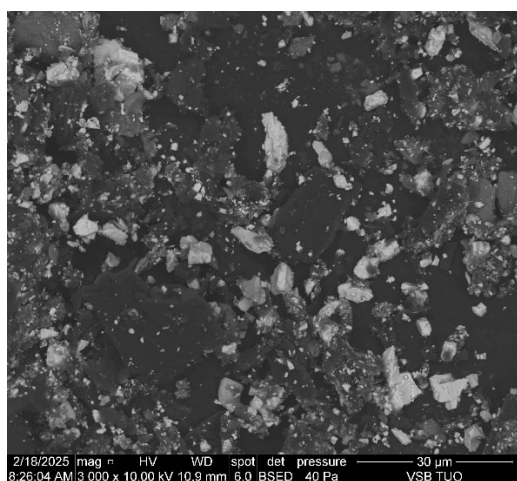
Z výsledků elementární analýzy vyplývá, že brzdové destičky obsahují 67,89 % anorganické složky, zbytek tvoří pravděpodobně organická hmota (vlákna z kokosových ořechů). Dokumentace zastoupených minerálních fází pomocí elektronové skenovací mikroskopie (SEM), **obr. 2**.



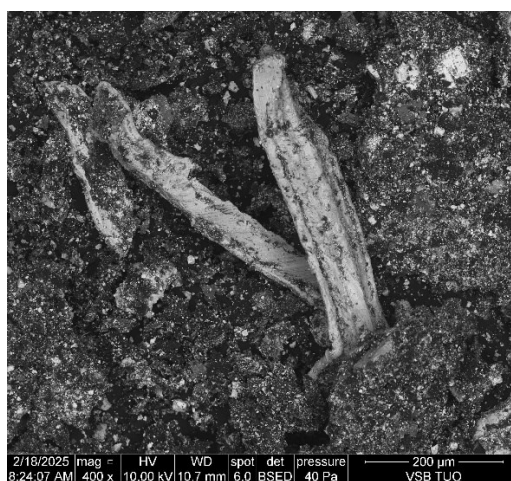
*Pyrit (oktaedr)*



*Zirkon*



*Částice barytu*



*Fe-špony*

**Obr. 2** Minerální fáze zjištěné v brzdové destičce stanovené SEM.



PŘÍLOHA 2 ROZDĚLENÍ SLOUČENIN PODLE JEJICH SPOLEČNÉHO VÝSKYTU

Tabulka 1 Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu: pozadí Ostrava-Hrabůvka × Brembo × Brzdy (µg/m³).

Skupina organických sloučenin	Organická sloučenina	Bez zápachu			Mírný zápach		Brzdy	Výška AVG	Brembo AVG	Zápach/aroma	Zdroj	Původ
		0m	20m	40m	Brembo 28.01.2025							
Alkany	Heptadecane	0,065	0,128	0,063	2,169	1,685	✓	0,085	1,927	Bez zápachu	Spalování biomasy	Termický rozklad PE+PP+PUR
Alkany	Undecane, 3,8-dimethyl-	0,104	0,056	0,068	0,011	0,01	✓	0,076	0,011	Bez zápachu	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Fosilní paliva Termický rozklad PE+PP
Alkany	Undecane, 4,7-dimethyl-	0,058	0,045	0,093	0,01	0,01	✓	0,065	0,010	Bez zápachu	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Fosilní paliva Termický rozklad PE+PP
Halogenované alkeny	Tetrachloroethylene	0,951	0,247	0,085	0,026	0,029	✓	0,428	0,028	Pronikavě sladký zápach	Výfukové plyny z automobilů	Odmašťování kovů, čištění tkanin
Aldehydy	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	0,483	0,252	0,125	0,072	0,072	✓	0,287	0,072	Příjemný zápach	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Termický rozklad plastů, furanových polyesterů
Aldehydy	Benzaldehyde	0,275	0,199	0,521	0,643	0,638	✓	0,332	0,640	Příjemný zápach	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Fosilní paliva Termický rozklad PET and PS
Aldehydy	Benzaldehyde, 2-hydroxy-	0,189	0,062	0,032	0,054	0,07	✓	0,094	0,061	Příjemná vůně	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Fosilní paliva Termický rozklad PET and PS
Aldehydy	E-14-Hexadecenal	2,627	0,485	1,352	0,59	0,950	✓	1,488	0,771	Mírný, mastný zápach	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Termický rozklad of PE+PP Furfural lze použít při výrobě brzdových destiček. Často se používá jako pryskyřice na biologické bázi nebo modifikátor tření ve složení brzdových destiček šetrných k životnímu prostředí.
Aldehydy	Furfural	0,525	0,451	0,241	0,161	0,328	✓	0,406	0,244	Sladká	Výfukové plyny z automobilů Spalování biomasy	Termický rozklad of PE+PP Furfural lze použít při výrobě brzdových destiček. Často se používá jako pryskyřice na biologické bázi nebo modifikátor tření ve složení brzdových destiček šetrných k životnímu prostředí.
Amidy (laktam)	Caprolactam	0,236	0,302	1,809	0,186	0,18	✓	0,782	0,181	Mírně nepřijemný		Termický rozklad PET, polyamid - nylonu 6
Aminy (heterocyklické)	Methanamine, N,N-difluoro-.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-/Levogluco-	0,026	0,082	0,044	0,052	0,057	✓	0,051	0,054	Pronikavá, čpavková		Průmyslové emise
Anhydrosacharidy	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	6,520	7,040	20,064	6,099	7,21	✓	11,208	6,657	Sladká, karamelová	Indikátor spalování biomasy	
Anhydrosacharidy		0,874	0,997	1,556	3,054	1,716	✓	1,143	2,385	Sladká, karamelová	Indikátor spalování biomasy	
Aromatické uhlovodíky	.alpha.-Methylstyrene	0,102	0,065	0,054	0,174	0,145	✓	0,074	0,160	Nepřijemný, štiplavý		Prekurzor pro akrylonitrilbutadienstyrenové pryskyřice (ABS), přístrojové desky, opěrka sedadel. Termický rozklad polystyrenu.
Aromatické uhlovodíky	Benzene	5,480	7,580	6,110	0,985	0,874	✓	6,390	0,930	Sladký, aromatický	Výfukové plyny z automobilů Fosilní paliva	Průmyslové emise: Plasty, pryskyřice, zejména polystyren a PET
Aromatické uhlovodíky	Benzene, (1-methylethyl)-	0,145	0,160	0,085	0,04	0,034	✓	0,130	0,038	Sladký, aromatický		Termický rozklad plastů: polystyren a PET
Aromatické uhlovodíky	Benzene, (2-methylpropyl)-	0,018	0,137	0,030	0,09	0,109	✓	0,062	0,098	Sladký, aromatický		Termický rozklad plastů: polystyren a PET
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0,032	0,180	0,028	0,172	0,17	✓	0,080	0,169	Sladký, aromatický		Termický rozklad plastů: polystyren a PET
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1-isocyanato-2-methyl-	0,021	0,019	0,023	0,09	0,068	✓	0,021	0,077	Sladký, aromatický		Z PUR: autosedačky, vnitřní panely a izolace
Aromatické uhlovodíky	Benzene, propyl-	0,100	0,125	0,057	0,091	0,117	✓	0,094	0,104	Sladká, aromatická		Termický rozklad plastů: polystyren a PET
Aromatické uhlovodíky	Ethylbenzene	0,489	0,529	0,015	0,265	0,283	✓	0,344	0,274	Sladká, aromatická	Výfukové plyny z automobilů Fosilní paliva	Termický rozklad plastů: polystyren a PET
Aromatické uhlovodíky	p-Cresol	0,225	0,063	0,102	0,101	0,09	✓	0,130	0,094	Pronikavý, lékárenský		Průmyslové emise, cigaretový kouř
Aromatické uhlovodíky, fenoly	Phenol, 2-methoxy-	0,352	0,740	0,365	0,994	0,84	✓	0,486	0,918	Sladká, kouřová	Spalování biomasy	Termální degradace polystyrenu a fenolových pryskyřic
Aromatické uhlovodíky	Toluene	0,369	0,320	0,216	6,836	3,414	✓	0,302	5,125	Sladký, štiplavý	Výfukové plyny z automobilů Fosilní paliva	Termický rozklad plastů: polystyren, PET + PUR
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s N	1H-Pyrrole, 2-methyl-	0,016	0,094	0,026	0,052	0,072	✓	0,045	0,062	Příjemná vůně		Termální rozklad PP+PE+PUR
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s N	Benzofuran	0,314	0,196	0,085	0,08	0,088	✓	0,198	0,081	Příjemná vůně	Spalování biomasy	Termální rozklad plastů
Heterocyklické aromatické sloučeniny	Furan, 3-phenyl-	0,064	0,045	0,024	0,040	0,03	✓	0,044	0,034	Příjemná vůně	Spalování biomasy	Termální rozklad plastů: PP + PE
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s N	3-Methylpyridazine	0,011	0,020	0,019	0,481	0,43	✓	0,016	0,454	Zápach podobný čpavku		Termální rozklad plastů
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s N	Pyridine	0,033	0,013	0,014	0,386	0,35	✓	0,020	0,370	Nepřijemný, pronikavý zápach, podobný rybně		Polyuretan na bázi pyridinu nebo plasty obsahující přísady na bázi dusíku
Karboxylové kyseliny	Pentadecanoic acid	0,708	0,352	0,302	0,974	0,578	✓	0,454	0,776	Voskový zápach	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů
Karboxylové kyseliny	Tetradecanoic acid	0,156	0,854	0,741	3,470	1,757	✓	0,584	2,614	Slabý, voskový zápach	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů
Étery (cyklické)	1,4-Dioxane	0,066	0,036	0,077	0,035	0,032	✓	0,060	0,034	Jemná, sladká vůně, jako éter		Termický rozklad plastů
Ketony	9H-Fluoren-9-one	0,011	0,084		0,098	0,09	✓	0,047	0,092	Bez zápachu		Termický rozklad polykarbonátů - MARKER
Ketony (aromatické)	Acetophenone	0,524	0,253	0,203	0,429	0,514	✓	0,327	0,472	Sladký, příjemný		Termický rozklad plastů
Ketony	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	0,015	0,011	0,023	0,032	0,04	✓	0,016	0,036	Sladký, příjemný, po mandlích		Termický rozklad plastů
Nitrily	2-Furancarboxitrile	0,310	0,174	0,142	0,126	0,047	✓	0,209	0,086	Pronikavý, štiplavý		Rozklad PUR a plastů s celulózu
Organické sloučeniny síry	Thiophene	0,066	0,032	0,045	0,098	0,152	✓	0,048	0,125	Nepřijemný štiplavý zápach		Inhibitory koroze, pryžové a plastové přísady. Ochrana proti UV záření a zvýšená tepelná stabilita
Organické sloučeniny síry	Thiophene, 3,4-dimethyl-	0,028	0,012	0,052	0,02	0,019	✓	0,031	0,018	Pečená cibule		Inhibitor koroze, pryžové a plastové přísady.
Organické sloučeniny síry	Thiophene, 3-ethyl-	0,052	0,101	0,063	0,02	0,09	✓	0,072	0,054	Sladká, příjemná vůně		Inhibitor koroze, pryžové a plastové přísady.
Σ		22,639	22,541	34,954	29,290	23,377		26,727	26,333			

**Tabulka 2 Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu: pozadí Ostrava-Hrabůvka × Brzdy ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Skupina organických sloučenin	Organická sloučenina	Bez zápachu			Brzdy	Výška AVG	Zápach/aroma	Zdroj	Původ		
		0 m	20 m	40 m							
Alkany	Hexane, 2,2-dimethyl-	0,237	0,241	0,154	✓	0,211	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů	
Alkany	Hexane, 2,3-dimethyl-	0,396	0,185	0,204	✓	0,262	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů	
Alkany	Octane, 2,7-dimethyl-	0,301	0,284	0,601	✓	0,395	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů	
Alkany	Pentane, 2,2,4-trimethyl-/isooctane	0,325	0,735	0,217	✓	0,426	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů		Termický rozklad plastů	
Alkany	Pentane, 3,3-diethyl-	0,148	0,075	0,062	✓	0,095	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů	
Cykloalkany	Cyclohexane, 1,3,5-triphenyl-	0,010	0,022	0,064	✓	0,032	Jemná aromatická vůně			Termický rozklad plastů	
Chlorované alkany	Hexane, 1-chloro-	0,189	0,225	0,365	✓	0,260	Jemná aromatická vůně		Rozpouštědlo	Termický rozklad plastů	
Alkeny	1-Heptadecene	0,162	0,299	0,129	✓	0,197	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Rozpouštědlo	Termický rozklad plastů
Alkiny	Diphenylacetylene	0,155	0,148	0,065	✓	0,123	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Aldehydy	Benzaldehyde, 3-hydroxy-	0,058	0,154	0,075	✓	0,096	Jemná, příjemná vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Aldehydy	Benzaldehyde, 4-hydroxy-	-	-	0,063	✓	0,063	Sladká, oříšková mandlová vůně		Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Aldehydy	Heptanal	0,111	0,101	0,065	✓	0,092	Silná ovocná vůně - parfém	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Amidy	2-Pyrrolidinone	0,019	0,021	0,017	✓	0,019	Slabý amoniakální zápach		Spalování biomasy		Klíčový materiál pro výrobu Nylonu 6, bezpečnostních pásů, airbagů
Aminy (heterocyklické)	Azetidine	0,060	0,057	0,061	✓	0,059	Silný čpavkový zápach				Termický rozklad plastů
Aromatické uhlovodíky	1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene	0,296	0,134	0,085	✓	0,172	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Aromatické uhlovodíky	2-Isopropyl-10-methylphenanthrene	0,039	0,096	0,152	✓	0,096	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Aromatické uhlovodíky	Benzene, chloro-	0,125	0,174	0,205	✓	0,168	Zápach podobný mandlím	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Rozpouštědla	Termální degradace plastů, odmašťovač
Aromatické uhlovodíky	o-Xylene	1,282	1,152	0,452	✓	0,962	Sladce štiplavý zápach	Aditivum do paliva		Rozpouštědla	Výroba plastů a nátěrů používaných v interiérech a exteriérech automobilů
Aromatické uhlovodíky, fenoly	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	0,069	0,113	0,075	✓	0,086	Příjemná, kořeněná a dřevitá vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Aromatické uhlovodíky, fenoly	Phenol, 4-ethyl-	0,009	0,018	0,008	✓	0,011	Dřevitá, sladká, fenolová vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Termický rozklad plastů
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s N	1H-Pyrazole, 4,5-dihydro-1,5-dimethyl-	0,041	0,099	0,052	✓	0,064	Mírně aromatická vůně		Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s N	1H-Tetrazole	0,252	0,085	0,039	✓	0,125	Bez vůně				Prostředky pro generování plynu pro automobilové airbagy. Termální rozklad plastů.
Heterocyklické aromatické sloučeniny s O	Xanthone	0,042	0,024	0,019	✓	0,028	Jemná aromatická vůně				Termický rozklad plastů
Karboxylové kyseliny	Benzoic acid	0,045	0,060	0,065	✓	0,057	Slabá, příjemná vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Deriváty karboxylových kyselin/kyselé anhydridy	Propanoic acid, anhydride	0,384	0,377	0,152	✓	0,304	Silný štiplavý zápach		Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Estery karboxylových kyselin	Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	0,063	0,049	0,059	✓	0,057	Mírný éterický zápach	Aditivum do paliva	Spalování biomasy		Změkčovadla, termální degradace plastů
Estery karboxylových kyselin	Benzoic acid, ethyl ester	0,033	0,013	0,089	✓	0,045	Příjemný vlhký, ovocný zápach	Výfukové plyny z automobilů – složka bionafty	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Estery karboxylových kyselin	Butanoic acid, ethyl ester	0,109	0,050	0,026	✓	0,062	Příjemný, po ananasu nebo jablku	Výfukové plyny z automobilů – složka bionafty	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Estery karboxylových kyselin	Isopropyl myristate	0,085	0,069	0,040	✓	0,065	Bez zápachu				Termický rozklad plastů, kosmetické produkty
Estery karboxylových kyselin	Phthalic acid, di(2-propylpentyl) ester	0,008	0,018	0,201	✓	0,076	Jemná aromatická vůně				Změkčovadla, pryskyřice v automobilovém průmyslu, termální degradace plastů
Étery	Methyl propargyl ether	0,321	0,365	0,304	✓	0,330	Mírně štiplavý zápach	Aditivum do paliva	Spalování biomasy		
Halogenované uhlovodíky	Difluoromethane	0,423	0,512	0,251	✓	0,395	Bez zápachu	Složka biopaliv			Chladivo v klimatizacích
Ketony	1-Penten-3-one, 4-methyl-	0,092	0,186	0,071	✓	0,116	Štiplavý, jako hořčice	Výfukové plyny z automobilů	Spalování biomasy		
Ketony	3-Heptanone	0,035	0,027		✓	0,031	Silný ovocný zápach	Přísada do paliv	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Ketony	Methyl isobutyl ketone	0,674	0,325	0,289	✓	0,429	Silná příjemná vůně	Aditivum do paliva	Spalování biomasy		Barvy, laky a nátěry pro automobilové díly. Mohou vznikat při termickém rozkladu plastů s butadienem.
Nitrily	Benzonitrile	0,021	0,024	0,027	✓	0,024	Mandlová vůně		Spalování biomasy		Termický rozklad PP a PE
Nitrily	Butanenitrile, 2-methylene-	0,015	0,019	0,032	✓	0,022	Mírně štiplavý zápach		Spalování biomasy		Akrylová vlákna a pryskyřice, termický rozklad PP, PE, PUR + PET
Nitrily	Pentadecanenitrile	0,045	0,026	0,018	✓	0,030	Jemná aromatická vůně		Spalování biomasy		Termický rozklad PP, PE, PUR + PET
Organické sloučeniny síry	Benzothiazole	0,012	0,016	0,024	✓	0,017	Nepříjemný sirný zápach	Extrakt z pneumatik	Spalování biomasy		Spalování uhlí, termický rozklad plastů
Organické sloučeniny síry	Thiophene, 2,3-dimethyl-	0,032	0,024	0,052	✓	0,036	Jemná aromatická vůně		Spalování biomasy		Inhibitory koroze adsorbující na kovových površích a vytvářející ochrannou vrstvu, která zabraňuje oxidaci a korozi, termální rozklad plastů.
Organické sloučeniny síry	Thiophene, 2-methyl-	0,028	0,039	0,019	✓	0,029	Jemná aromatická vůně		Spalování biomasy		Inhibitory koroze adsorbující na kovových površích a vytvářející ochrannou vrstvu, která zabraňuje oxidaci a korozi, termální rozklad plastů.
	Σ	6,752	6,639	6,948		6,165					

**Tabulka 3 Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu: pozadí Ostrava-Hrabůvka ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Skupina organických sloučenin	Organická sloučenina	Bez zápachu			Výška AVG	Zápach/aroma	Zdroj	Původ
		0 m	20 m	40 m				
Acetaly	2-Methoxy-1,3-dioxolane	0,132	0,089	0,121	0,114	Sladký, éterický zápach		Termický rozklad plastů
Alkany	Anthracene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,1,4,4,5,5,8,8-octamethyl-	0,040	0,036	0,017	0,031	Lehce aromatický zápach		Termický rozklad plastů
Alkany	Dodecane	0,074	0,177	0,084	0,112	Mírný aromatický zápach	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Eicosane	0,820	0,302	0,375	0,499	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Heneicosane	0,521	0,251	0,504	0,425	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Heptacosane	0,614	0,314	0,504	0,477	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Heptane, 3-methylene-	0,052	0,073	0,064	0,063	Lehce aromatický zápach	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-/Phytane	0,253	0,497	0,380	0,377	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Hexane, 3,3-dimethyl-	0,325	0,349	0,285	0,320	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Octacosane, 2-methyl-	0,201	0,448	0,216	0,288	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Octadecane	0,817	0,256	0,525	0,533	Bez zápachu	Spalování biomasy	Rostlinné vosky
Alkany	Pentane, 3-ethyl-	0,263	0,115	0,145	0,174	Lehce aromatický zápach	Výfukové plyny z automobilů	Zemní plyn
Alkany	Tridecane	0,052	0,070	0,035	0,052	Zápach podobný benzínu	Slůžka biopaliv	
Cykloalkany	Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, cis-	1,700	0,357	0,078	0,711	Lehce aromatický zápach	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů s dlouhým řetězcem
Cykloalkany	Cyclohexane, ethyl-	1,530	0,611	0,092	0,744	Lehce aromatický zápach	Slůžka biopaliv	
Cykloalkany	Cyclopentane, 1-ethyl-2-methyl-	0,404	0,228	0,078	0,237	Lehce aromatický zápach	Spalování biomasy	Průmyslové emise
Alkeny	1-Heptene	0,787	0,545	0,214	0,515	Zápach podobný benzínu	Spalování biomasy	
Alkeny	1-Nonadecene	0,085	0,096	0,255	0,145	Lehce aromatický zápach		Průmyslové emise
Alkeny	2-Heptene	0,426	0,411	0,412	0,416	Zápach podobný benzínu	Výfukové plyny z automobilů	
Alkeny	Cyclopentene, 3-methyl-	1,069	0,521	0,623	0,738	Zápach podobný benzínu	Výfukové plyny z automobilů	Průmyslové emise
Alkiny	Phenylethyne	0,018	0,009	0,006	0,011	Pronikavý aromatický zápach	Spalování biomasy	
Aldehydy	2-Propenal/Acrolein	0,138	0,085	0,102	0,108	Pronikavý, dráždivý zápach připomínající přepálený tuk	Výfukové plyny z automobilů	Prioritní vnitřní znečišťující látka
Aldehydy	Dodecanal	0,046	0,088	0,140	0,091	Jemná květinová vůně	Výfukové plyny z automobilů	Vůně, termální rozklad PP a PE
Alkoholy	2-Propen-1-ol	0,263	0,669	0,314	0,415	Pronikavý, štiplavý zápach	Výfukové plyny z automobilů	
Amidy	Dodecanamide	0,062	0,033	0,028	0,041	Bez zápachu		Výroba některých polyamidů, používaných v technických plastech a vláknech
Aminy (heterocyklické)	Methanamine, N-methoxy-	0,030	0,037	0,089	0,052	Mírně rybi nebo čpavkový zápach.		
Aminy (heterocyklické)	Pyrrrolidine	0,018	0,085	0,074	0,059	Čpavkový, rybi nebo měkkýšovitý zápach.	Spalování biomasy	Fosilní paliva
Anhydrosacharidy	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucufuranose/Levoglucofan	1,412	1,325	2,297	1,678	Sladká, karamelová vůně	Spalování biomasy	Chemická syntéza
Anhydrosacharidy	2,3-Anhydro-d-galactosan	0,085	0,105	0,178	0,123	Mírně sladká vůně	Spalování biomasy	
Aromatické uhlovodíky	2,4-Di-tert-butylphenol	0,111	0,054	0,026	0,064	Fenolický zápach	Výfukové plyny z automobilů	Plasty a polymery: K zabránění oxidace
Aromatické uhlovodíky	Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-	0,016	0,029	0,012	0,019	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1-methyl-4-propyl-	0,026	0,021	0,025	0,024	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Průmyslové emise
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1-propenyl-	0,024	0,082	0,028	0,045	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	
Aromatické uhlovodíky	Benzene, pentyl-	0,205	0,176	0,089	0,157	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Průmyslové emise
Aromatické uhlovodíky	Benzene, tert-butyl-	0,480	0,405	0,512	0,466	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	
Aromatické uhlovodíky	Styrene	0,401	0,822	0,324	0,516	Lehce štiplavý, nepřijemný zápach	Výfukové plyny z automobilů	Polystyren, pryskyřice a textilie
Heterocyklické uhlovodíky s N	2-Pyrazoline, 1-isopropyl-5-methyl-	0,044	0,016	0,021	0,027	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s O	3H-1,2,4-Triazol-3-one, 1,2-dihydro-	0,062	0,041		0,052	Jemná aromatická vůně		Antibakteriální činidlo
Heterocyklické aromatické uhlovodíky s O	Benzofuran, 2-methyl-	0,084	0,117	0,125	0,109	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	
Heterocyklické aromatické sloučeniny	Furan, 2-ethyl-	0,198	0,128	0,085	0,137	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů
Karboxylové kyseliny	Acetic acid	1,851	1,452	0,741	1,348	Ostré, octové aroma	Spalování biomasy	
Karboxylové kyseliny	Octadecanoic acid	0,589	0,624	0,326	0,513	Mírně štiplavý, olejovitý zápach	Výfukové plyny z automobilů	Změkčovaďa pro gumu a plasty, rostlinné tuky a oleje
Dieny	2,4-Heptadiene, (E,E)-	0,635	1,063		0,849	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	
Estery karboxylových kyselin	Acetic acid, butyl ester	0,879	0,384	0,065	0,443	Ovocná a sladká vůně	Spalování biomasy	Rozpouštěďa ve výrobcích, jako jsou laky, barvy, lepidla a čisticí prostředky
Estery karboxylových kyselin	Acetic acid, cyano-, 2-methoxyethyl ester	0,025	0,047	0,021	0,031	Mírně sladký ovocný zápach		
Estery karboxylových kyselin	Benzoic acid, methyl ester	0,014	0,034	0,040	0,029	Příjemná květinová vůně	Spalování biomasy	Rozklad PUR
Estery karboxylových kyselin	Benzyl benzoate	0,069	0,074	0,152	0,098	Mírně balzamická vůně		
Estery karboxylových kyselin	Carbonycyanidic acid, ethyl ester	0,041	0,021		0,031	Mírně sladká ovocná vůně		Nositel barviv, rozpouštěďo pro deriváty celulózy, změkčovaďa a fixační činidlo v parfémovém průmyslu
Estery karboxylových kyselin	Hexanoic acid, methyl ester	0,012	0,030	0,015	0,019	Ovocná vůně, meruňková, jahodová	Spalování biomasy	
Estery karboxylových kyselin	Methyl formate	0,623	0,541	0,326	0,497	Příjemná ovocná vůně		Cigareťový kouř nebo rozpouštěďa
Estery karboxylových kyselin	Phthalic acid, 6-ethyl-3-octyl butyl ester	0,011	0,008	0,041	0,020	Mírně aromatická vůně		
Estery karboxylových kyselin	Triethyl citrate	0,016	0,018	0,044	0,026	Příjemná ovocná vůně		Změkčovaďa pro PVC a podlahové krytiny
Halogenované uhlovodíky	Bromonitromethane	0,013	0,015	0,021	0,016	Pronikavý štiplavý zápach		
Isokyanáty	Octadecane, 1-isocyanato-	0,352	0,541	0,385	0,426	Kyselavý zápach	Spalování biomasy	Rozklad PUR
Ketony	2-Hexanone	0,385	0,130	0,412	0,309	Pronikavý acetonový zápach	Spalování biomasy	
Nitrily	Tetradecanenitrile	0,056	0,094	0,047	0,066	Lehce vodní zápach	Spalování biomasy	Rozklad PUR
Nitrily	Undecanenitrile	0,052	0,069	0,049	0,057	Ovocná vůně	Spalování biomasy	
Organické sloučeniny síry	Thiophene, 3-methyl-	0,031	0,100	0,056	0,062	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	Spalování uhlí
Organokřemíkové sloučeniny	Silenediol, dimethyl-	0,043	0,023	0,010	0,025	Mírně sladká vůně		
Organokřemíkové sloučeniny	Trisiloxane, octamethyl-	0,024	0,065	0,032	0,040	Mírně sladká vůně		Kosmetika a odmašťovací přípravky pro průmysl
PAU	Phenanthrene, 1,7-dimethyl-	0,031	0,044	0,021	0,032	Jemná aromatická vůně	Spalování biomasy	
Terpeny	D-Limonene	0,085	0,108	0,123	0,105	Slaná citrusová vůně po pomerančích	Aditivum do paliva	Termický rozklad plastů
	<b>Σ</b>	<b>19,723</b>	<b>15,554</b>	<b>12,408</b>	<b>16,206</b>			Sklovláknité materiály (stavebnictví)

**Tabulka 4 Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu: pouze Brembo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Skupina organických sloučenin	Organická sloučenina	Mírný zápach Brembo 28.01.2025	Brembo AVG	Zápach/aroma	Zdroj	Původ	
Alkany	Heptane, 4-methylene-	0,098	0,116	0,107	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Termický rozklad plastů, PE
Alkany	Hexadecane	0,549	0,408	0,479	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PE
Alkeny	1-Nonene	0,083	0,116	0,099	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Alkeny	2-Hexene, 2,3-dimethyl-	0,06	0,073	0,069	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Alkeny	8-Heptadecene	0,785	0,949	0,867	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	3-Isopropylbenzaldehyde	0,105	0,079	0,092			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	E-15-Heptadecenal	0,102	0,13	0,117	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Alkoholy	2-Ethyl-1-dodecanol	0,056	0,048	0,052	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Alkoholy	3-Phenanthrol	0,057	0,065	0,061	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Aminy	Ethenamine, N-methylene-	0,055	0,050	0,052			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, (1,1-dimethylnonyl)-	0,141	0,156	0,148			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1,1'-(1,3-propanediyl)bis-	0,08	0,10	0,090			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, (1-methylbutyl)-	0,059	0,075	0,067			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, (1-methyldcyl)-	0,237	0,397	0,317			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	0,07	0,052	0,059			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	0,10	0,114	0,105			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Benzene, 1-ethynyl-4-methyl-	0,165	0,15	0,158			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	p-Xylene	0,539	0,583	0,561			Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické heterocyklické uhlovodíky s N	1,2,4,5-Tetrazine	0,01	0,061	0,037			Výbušniny, pohonné látky a pyrotechnika
Aromatické heterocyklické uhlovodíky s N	1,2,4,5-Tetrazine, 3,6-dimethyl-	0,02	0,01	0,015			Výbušniny, pohonné látky a pyrotechnika
Heterocyklické aromatické sloučeniny	Furan, 2-methyl-	0,129	0,13	0,130	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů, PP + PE
Karboxylové kyseliny	Butanoic acid	0,061	3,455	1,758	Spalování biomasy		Anaerobní rozklad biomasy
Karboxylové kyseliny	cis-7-Hexadecenoic acid	0,864	0,714	0,789			Termický rozklad plastů.
Karboxylové kyseliny	Dodecanoic acid	1,139	0,985	1,062	Spalování biomasy		Běžně se vyskytuje v přírodních zdrojích, jako je kokos
Karboxylové kyseliny	Formic acid	0,13	0,14	0,131	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Může být uvolněno do ovzduší během zajištění brzdových destiček
Karboxylové kyseliny	n-Decanoic acid	0,442	0,42	0,431	Spalování biomasy		Spalování kokosu, termický rozklad plastů
Karboxylové kyseliny		19,970	14,681	17,325	Spalování biomasy		Kyselina n-hexadekanová (palmitová kyselina) může být uvolněna do vzduchu během procesu zajištění brzdových destiček. K tomu dochází, protože brzdové destičky často obsahují organické materiály, včetně různých mastných kyselin, které mohou být emitovány jako těkavé organické sloučeniny (VOC), když jsou destičky vystaveny vysokým teplotám a tření během brzdění
Dieny	n-Hexadecanoic acid						Uvolněno do vzduchu během zajištění brzdových destiček
Diethyl Phthalate	(Z),(Z)-2,4-Hexadiene	0,285	0,502	0,393			Změkčovadla
Estery karboxylových kyselin, PAE	Diethyl Phthalate	0,03	0,023	0,026			Může být uvolněno do ovzduší během zajištění brzdových destiček
Estery kaboxylových kyselin	Formic acid, decyl ester	0,598	0,328	0,463			Průmyslové procesy
Estery karboxylových kyselin	Chloromethyl chloroacetate	0,041	0,038	0,040			Změkčovadla
Estery karboxylových kyselin	Phthalic acid, hept-4-yl nonyl ester	0,436	0,385	0,411			Polyesterové pryskyřice, termický rozklad plastů s změkčovadly
Estery karboxylových kyselin	Phthalic anhydride	0,311	0,097	0,204	Spalování biomasy		Během výroby brzdových destiček
Estery karboxylových kyselin	3-Furancarboxylic acid, methyl ester	0,046	0,038	0,042			Termický rozklad PE
Etery	Methyl propyl ether	0,221	0,153	0,187			Termální rozklad plastů s fenolovými pryskyřicemi
Ketony	1-Propanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-	0,07	0,08	0,072	Spalování biomasy		Termický rozklad plastů
Ketony	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	0,032	0,042	0,037	Spalování biomasy		Termický rozklad PE
Ketony	2-Heptanone	0,709	0,576	0,643	Spalování biomasy		
Ketony	Anthrone	0,048	0,037	0,043			
Laktony (cyklické estery)	2(5H)-Furanone, 3-methyl-	0,535	0,425	0,480	Spalování biomasy		Termický rozklad PP a PE
Laktony (cyklické estery)	2H-Pyran-2-one	0,281	0,24	0,258	Spalování biomasy		Termický rozklad PP a PE
PAU	8-Isopropyl-1,3-dimethylphenanthrene	0,10	0,139	0,121			Termický rozklad plastů
PAU	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-6-(1-phenylethyl)-	0,951	0,998	0,974	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Termický rozklad PP a PE
PAU	Naphthalene, 1,2,3,4-tetramethyl-	0,074	0,094	0,084	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Termický rozklad PP a PE
PAU	Naphthalene, 1-methyl-7-(1-methylethyl)-	0,222	0,252	0,237	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Termický rozklad PP a PE
PAU	Phenanthrene, 2,5-dimethyl-	0,500	0,406	0,453	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Termický rozklad PP a PE
PAU	p-Terphenyl	0,101	0,198	0,149	Spalování biomasy	Spalování uhlí	Uvolněno z polystyrenu
Polycyklické sloučeniny	Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 6,6-diphenyl-	0,387	0,416	0,402			Termický rozklad plastů
Terpeny	,alpha.-Phellandrene	0,031	0,026	0,028	Spalování biomasy		Vůně
Terpeny	Squalene	9,323	7,021	8,172			Kosmetické produkty
	Σ	41,425	36,762	39,094			

**Tabulka 5** Rozdělení sloučenin podle jejich společného výskytu: pozadí Ostrava-Hrabůvka+ Brembo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Skupina organických sloučenin	Organická sloučenina	Bez zápachu			Mírný zápach Brembo 28.01.2025.		Výška	Brembo	Zápach/aroma	Zdroj	Původ
		0 m	20 m	40 m			AVG	AVG			
Alkany	Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl/Pristane	0,419	0,401	0,551	0,729	0,500	0,457	0,615	Bez zápachu	Aditivum do paliva	Termický rozklad plastů s dlouhým řetězcem
Alkany	Nonane	1,181	0,985	0,459	0,091	1,567	0,875	0,829	Zápach podobný benzínu	Aditivum do paliva	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	Benzaldehyde, 2-methyl-	0,112	0,224	0,102	0,155	0,132	0,146	0,143	Sladká mandlová vůně	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	Decanal	0,472	0,364	0,489	0,813	0,564	0,442	0,689	Ovocný, pomerančový	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	Hexanal	0,163	0,152	0,103	0,267	0,171	0,139	0,219	Čerstvě pokosená tráva	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	Nonanal	0,611	0,405	0,766	0,861	0,661	0,594	0,761	Vůně připomínající pomerančový vosk	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aldehydy	Octanal	0,280	0,156	0,175	0,402	0,37	0,204	0,385	Vůně podobná pomeranči	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Alkoholy	1-Hexanol, 2-ethyl-	0,085	0,176	0,182	0,181	1,253	0,148	0,717	Lehce květinová	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Alkoholy	3-Hexanol	0,214	0,518	0,236	0,401	0,371	0,323	0,386	Sladká, jemná a připomínající trávu	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aminy	2-Propanamine	0,075	0,014	0,032	0,010	0,013	0,040	0,012	Rybi, čpavkový zápach	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastu obsahujícího dusík
Anhydrosacharidy	2,3-Anhydro-d-mannosan	0,774	0,362	0,184	0,370	0,395	0,440	0,382	Bez zápachu	Spalování biomasy	
Aromatické uhlovodíky	2-Methoxy-4-vinylphenol	0,042	0,083	0,039	0,171	0,165	0,055	0,168	Kořeněná, jablečná vůně	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů
Aromatické uhlovodíky	Benzene, octyl-	0,078	0,152	0,052	0,104	0,130	0,094	0,117	Mírná, aromatická	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Aromatické uhlovodíky	Mesitylene	0,131	0,041	0,053	0,125	0,158	0,075	0,141	Sladce aromatická	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Heterocyklické aromatické uhlovodíky	2-Vinylfuran	0,241	0,467	0,236	0,33	0,378	0,315	0,353	Fenolická, kávová vůně	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů
Heterocyklické aromatické uhlovodíky	Azulene	0,025	0,010	-	0,158	0,14	0,017	0,148	Mírné dřevitá, zemitá	Výfukové plyny z automobilů	Přírodní uhlovodíky - heřmánek
Heterocyklické aromatické sloučeniny	Furan, 2,5-dimethyl-	0,315	0,163	0,285	0,217	0,159	0,254	0,188	Kořeněná, kouřová vůně	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PE+PP+PUR
Ketony	3-Hexanone	0,710	0,099	0,069	0,510	0,491	0,293	0,501	Sladká, ovocná, podobná hroznovému vínu	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Ketony	Cyclopentanone	0,069	0,032	0,122	0,096	0,104	0,074	0,100	Vůně podobná mátě	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
Ketony	Levogluconone	0,372	0,185	0,351	1,609	1,85	0,303	1,730	Příjemná vůně, parfém	Spalování biomasy	
Laktony (cyklické estery)	2(5H)-Furanone	0,418	0,268		0,06	0,047	0,343	0,051	Sladká, karamelová	Spalování biomasy	Termický rozklad plastů
Organofosforečné sloučeniny	Dimethylphosphinic fluoride	0,126	0,065	0,058	0,01	0,01	0,083	0,014	Bez zápachu	Výfukové plyny z automobilů	Zpomalovače hoření
Organické sloučeniny síry	Thiophene, 2-ethyl-	0,070	0,035	0,041	0,067	0,051	0,049	0,059	Příjemná, připomínající praženou kávu	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů. Polystyren a polypropylen, které obsahují síru v přísadách nebo nečistotách, mohou při vysokých teplotách potenciálně uvolnit 2-ethylthiofen
Organické sloučeniny síry	Disulfide, dimethyl	0,008	0,068	0,018	0,03	0,021	0,031	0,025	Silný, nepříjemný, česnekový zápach	Výfukové plyny z automobilů	Spalování uhlí
PAU	Phenanthrene, 1-methyl-	0,020	0,015	0,008	0,216	0,177	0,014	0,196	Jemná aromatická vůně	Výfukové plyny z automobilů	Spalování uhlí
PAU	Retene	0,058	0,127	0,069	2,884	2,257	0,085	2,571	Připomínající borovicovou smůlu	Výfukové plyny z automobilů	Termický rozklad plastů, PP + PE
	Σ	7.069	5.568	4.679	10.865	12.136	5.892	11.500			Spalování uhlí
											Termický rozklad plastů, PE+PP+PUR



### PŘÍLOHA 3 SKUPINA SLOUČENIN IDENTIFIKOVANÉ V RÁMCI ANALÝZ Z PASIVNÍCH VZORKOVAČŮ

**Tabulka 1** Skupina sloučenin identifikované v rámci analýz z pasivních vzorkovačů pro lokality Na rovince 914, Na rovince 879 a Místecká (uvedeno v %).

Skupina organický látek	Sloučenina	Na rovince 914					Na rovince 879					Místecká							
		26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11
Alken	(Z),(Z)-2,4-Hexadiene	0,090	0,152	0,055	0,052			0,254	0,254	0,045	0,068	0,025		0,084	0,017	0,065	0,015		
Alken	1-Nonene	0,021	0,017	0,032	0,049	0,019	0,032	0,018		0,029	0,026			0,026	0,075	0,041	0,072	0,010	
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	0,013		0,025		0,452		0,018	0,026	0,037	0,055	0,565		0,013			0,036	0,521	
Ester kyseliny ftalové	Diethyl Phthalate	0,021	0,028	0,029	0,105	0,123	0,063		0,039		0,098			0,019	0,049	0,078	0,128	0,101	
Karboxylová kyselina	Dodecanoic acid	0,211	0,745	1,966	3,930	0,306	0,023		0,963			0,369					0,446	0,405	
Alkan	Hexadecane	0,036	0,036	0,036	0,047			0,025	1,590			0,056	0,125			0,017	0,074	0,011	
PAHs	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-6-(1-phenylethyl)-	0,421	0,047	0,251	0,125			0,058	0,014	0,147	0,085			0,236	0,023	1,095	0,025		
PAHs	Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-	0,013			0,058				0,214	0,013	0,045			0,009		0,077	0,025		
PAHs	Naphthalene, 1-methyl-7-(1-methylethyl)-	0,026	0,009	0,102	0,025			0,016	0,026	0,055					0,095	0,194		0,230	
Karboxylová kyselina	n-Decanoic acid	0,085	0,174	4,103	3,753			0,156		0,452		0,526		0,105	0,185	0,126	0,608	0,352	
Karboxylová kyselina	n-Hexadecanoic acid	0,045							0,063	2,915	0,426	1,052	1,235			1,365	1,915	1,060	
Aromatický uhlovodík	p-Xylene	0,096	0,133	0,545	0,337	0,254	0,263		0,900	0,241	0,201		0,376	0,102	0,201	0,306	0,171		
Alkan	Squalane	0,652	0,254	0,385	1,287	3,590	3,650	0,325	0,741	0,655	1,954			0,254	0,263		4,390		1,550
Alkan	Squalene	3,743	2,050	0,383	0,589	2,360		5,608	5,608	4,526	10,830		0,541	5,393	5,393	4,611	3,731		1,250
Alken	.alpha.-Methylstyrene	0,125	0,010	0,062	0,109	0,025	0,056	0,113	0,135	0,074	0,059			0,096	0,084	0,380	0,038		
Anhydrosacharidy	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	15,320	7,110	13,040	22,850	12,630	24,373	23,740	12,010	12,960	23,020	15,960	28,650	21,875	21,883	14,250	12,110	15,960	25,960
Anhydrosacharidy	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	0,247		0,141	0,167		3,139	0,096	0,481	0,085		0,214	3,890	0,965	0,274	0,254		0,263	
Aldehyd	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	0,075	0,031	0,046	0,555	0,126		0,045			0,285	0,185		0,062	0,045	0,254	0,301	0,105	
Aromatický keton	Acetophenone	0,425	0,678	0,317	0,052		0,161	0,710	0,710	0,179		0,241		0,126	0,126	0,649		0,362	0,212
Aldehyd	Benzaldehyde	0,466	0,674		0,135	0,102	0,460	0,831	0,831	0,362	0,382	0,085	0,476	0,292	0,292	1,034	0,248	0,159	0,527
Aromatický uhlovodík	Benzene	12,632	26,504	2,666	1,652	7,150	18,294	6,549	6,549	5,582	13,828	4,590	11,268	3,778	13,778	8,136	16,845	6,520	12,100
Aromatický uhlovodík	Benzene, propyl-	0,021	0,028	0,015	0,012		0,009	0,026		0,036	0,009			0,013	0,014	0,049	0,022	0,000	
Laktamy - cyklické amidy	Caprolactam	0,052	0,039	1,639	1,962	0,052	0,005	0,026	0,411	0,492	0,152	0,010		0,039	0,352	0,090	0,085	0,018	
Aromatický uhlovodík	Ethylbenzene	0,067	0,119		0,049	0,196	0,356	0,249	0,249	0,112	0,256	0,211	0,339	0,071	0,071	0,239		0,415	0,184
Aldehyd	Furfural	0,036	0,059			0,135		0,069		0,102	0,142	0,165		0,075	0,084	0,502	0,105	0,405	
Alkan	Heptadecane	0,059	0,063	0,423	0,402			0,085					0,320	0,063	0,057	0,142	0,012	0,005	
Aromatický uhlovodík	p-Cresol	0,032		0,052	0,051	0,021	0,088	0,020	0,035					0,026		0,063	0,070		
Karboxylová kyselina	Pentadecanoic acid	0,042	0,071	0,452	0,147	0,198	0,252	0,085		0,152	0,236		0,985	0,075	0,053	0,145	0,158	0,365	
Chlorované uhlovodíky	Tetrachloroethylene	0,225	0,506	0,285	1,140		0,049	0,263	0,254	0,263	0,035		0,156	0,201	0,125	0,204	0,059		0,070
Karboxylová kyselina	Tetradecanoic acid	0,200	0,365	1,716	0,369			0,360	0,415	0,425	0,854			0,625	0,365	1,650	0,285		
Heterocyklický uhlovodík se sírou	Thiophene, 3-ethyl-	0,041	0,052	0,540	0,820	0,451	0,048	0,065	0,065	0,980	0,360			0,035	0,035	0,740	0,852		
Aromatický uhlovodík	Toluene	14,512	32,531	13,009	10,693	6,590	12,804	2,310	1,310	10,242	1,480	7,630	18,896	6,990	10,699	13,724	6,288		22,816
Anhydrosacharidy	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucufuranose	5,390	3,098	1,850	1,236	3,150	3,471	10,350	10,211	0,352	0,600	2,980	4,250	7,998	2,998	0,385	1,278	4,590	4,260
Alken	1-Heptene	0,152		0,185			0,089	0,165	0,136	1,601	0,163	0,302		0,126		0,187	0,159		0,896
Aromatické uhlovodíky	2,4-Di-tert-butylphenol	0,128	0,112	0,237	0,669		0,114	0,136	0,139	0,141	0,263	0,196		0,119	0,102	0,135	0,205	0,102	
Alken	2-Heptene, (E)-	0,602		0,704	0,074	0,021	0,012	0,241	0,385	1,245	0,065				0,256	0,068		0,241	2,595
Keton	2-Hexanone	0,212					0,259	0,449	0,449	0,205	0,139	0,021	0,204	0,221	0,221	0,163	0,076	0,185	0,471
Karboxylové kyseliny	Acetic acid	0,036	0,132	0,031	0,201	0,352		0,091	0,485	0,036	0,152	0,365		0,352	0,045	0,023	0,074	0,278	0,415
Ester kyseliny octové	Acetic acid, butyl ester	0,015	0,046	0,028	0,031	0,021	0,032	0,052	0,021	0,070			0,201	0,020	0,105	0,015	0,087		0,117
Cykloalkan	Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, cis-	0,025	0,067		0,092	0,201				0,111								0,352	
Cykloalkan	Cyclohexane, ethyl-	0,096	0,084	0,087			0,023	0,052	0,066	0,041			0,177	0,069	0,114	0,058	0,038		0,101
Terpen	D-Limonene	0,057			0,076		0,094	0,092	0,026	0,091		0,185	0,122	0,106	0,106	0,092	0,148	0,350	0,043
Alkan	Heptacosane	0,604	0,078	1,070		0,520		0,158	0,974	1,986				0,749	0,749		0,236	0,362	
Karboxylová kyselina	Octadecanoic acid	0,154	0,305	0,880	0,710		0,698		0,286	0,483	0,362		0,478	0,178		0,195	0,569		
Diol (glykol)	Silanediol, dimethyl-	0,312	0,063	0,074	0,491	2,630	0,800		0,022					0,822	0,152	0,802	1,259	0,415	0,520
Aromatický uhlovodík	Styrene	0,125	0,096	0,211	0,150	0,125	0,259	0,158	0,085	0,214	0,095			0,585	0,196	0,152	0,211	0,085	0,635
Alkan	Tridecane	0,221	0,687	0,541	0,019	0,305	0,052	0,284	0,241	0,022	0,125			0,655	0,365	0,185	0,091	0,152	
Alkohol	1-Hexanol, 2-ethyl-	0,185	0,187	0,169	0,534	0,325	0,102	0,211	0,247	0,201	0,285	0,401		0,256	0,125	0,241	0,201	0,263	
Anhydrosacharidy	2,3-Anhydro-d-mannosan	11,057	0,021	10,260	10,021	5,520	9,630	10,100	10,150	10,085	0,035	6,250	3,520	10,015	10,018	10,024	7,023	6,580	13,740
Aromatický uhlovodík	2-Methoxy-4-vinylphenol	0,032	0,020		0,034	0,001	0,032	0,017		0,061	0,031			0,028	0,059	0,018	0,045	0,001	
Aromatický uhlovodík	2-Vinylfuran	0,158	0,148			0,201	0,101	0,147	0,163	0,125	0,114	0,236		0,163	0,075	0,232	0,201	0,401	
Alkohol	3-Hexanol		0,025				0,119		0,003	0,107		0,069		0,097	0,097	0,089			
Keton	3-Hexanone	0,116	0,188		0,041	0,165	0,148	0,243	0,243	0,130	0,173			0,151	0,151	0,175	0,106		0,308
Aldehyd	Decanal	0,252		0,689	0,354	0,125	0,045	0,582	0,582	0,144		0,152		0,256	0,256	0,740	0,114	0,185	
Aromatický uhlovodík	Furan, 2,5-dimethyl-	0,078		0,098	0,065			0,074	0,085			0,005		0,065	0,052	0,075	0,025	0,006	
Aldehyd	Hexanal	0,055			0,170				0,065	0,071		0,021						0,015	
Keton	Levogluconenone	0,596	0,241	0,596	0,201			0,115	0,285	0,851	0,325	0,241		0,385	0,590	0,553	0,241	0,263	
Aromatický uhlovodík	Mesitylene	0,085	0,192					0,213	0,213	0,139	0,341					0,218	0,040		
Aldehyd	Nonanal	0,669	0,306	0,586	0,467			1,306	1,306	0,177	0,279		0,852	0,501	0,501	0,668	0,780		

Skupina organický látek	Sloučenina	Na rovince 914					Na rovince 879					Místecká							
		26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11
Alkan	Nonane		0,031		0,094		0,108	0,163	0,163	0,039			0,066	0,066	0,150				
Aldehyd	Octanal	0,087		0,140	0,198	0,204		0,222	0,222	0,055			0,097	0,097	0,201	0,365			
Aromatický uhlovodík	Benzene, chloro-	0,052			0,014	0,196				0,162	0,034	0,201	0,267	0,108	0,085	0,120	0,305		
Karboxylová kyselina	Benzoic acid	0,023	0,059		0,186	0,052		0,017	0,048	0,029		0,012	0,254	0,027		0,102	0,025		
Aldehyd	Heptanal	0,032	0,015		0,054	0,011		0,025		0,045	0,047			0,029		0,113	0,018		
Ester karboxylové kyseliny	Isopropyl myristate	0,123	0,457	0,264	0,466	0,330		0,579		0,965	0,062	2,630			0,502	3,199	2,960		
Aromatický uhlovodík	o-Xylene	0,187	0,463	0,721			0,962	0,715	0,715	0,373	0,814		1,161	0,224	0,224	0,810	0,588	0,405	0,517
Alkan	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	0,779	1,972	0,563		0,285	0,521			0,785	2,276		0,486	0,256	0,741	1,907	0,408		0,632
Heterocyklický uhlovodík se sírou	Thiophene, 2-methyl-	0,263	0,063	0,896	0,698		0,094	0,780	0,621	0,745				0,859	0,841	0,650	0,632		0,244
Monoterpen	.alpha.-Pinene	0,083	0,166	0,043	0,173	0,014	0,460	0,163	0,163	0,147	0,365		0,162	0,200	0,200	1,000	0,593	0,011	0,099
Terpen	.beta.-Pinene	0,174	0,133	0,152	0,162		0,322	0,080	0,080	0,322	0,325	0,016	0,311	0,048	0,048	0,594	0,387		0,171
Aromatický uhlovodík, fenolová skupina	[1,1':3',1''-Terphenyl]-2'-ol	0,228	0,420	0,032	0,235	0,265	0,249	0,561	0,561	0,041	0,432	0,352	0,101	0,256	0,656	0,063	0,317	0,698	
Ester ftalových kyselin (PAEs)	1,4-BenzenediKarboxylová kyselina, bis(2-ethylhexyl) ester	0,725	0,411			9,650	0,203	1,183	1,183	2,106	7,434	10,630		0,928	0,928	0,576	1,945	8,520	
Alken	1,4-Cyclohexadiene			0,165	0,195	0,052	0,031		0,235	0,965	0,101		0,058	0,419	0,419	0,102	0,095	0,016	
Heterocyklické sloučeniny dusíku	1,8-Diazacyclotetradecane-2,7-dione	0,201	0,302	0,211	0,401	4,110	0,523	0,241	0,189	0,105	0,852	3,650		0,186	0,214	0,069	1,966		
Alkohol	1-Dodecanol	0,032	0,058	1,591	2,311	0,006		0,027		0,052	0,017	0,001		0,025		0,016	0,009		
Alken	1-Dodecene	0,014		0,026	0,045	0,415			0,015		0,032	0,632		0,016	0,012		0,041	0,263	
Alkohol	1-Hexadecanol, 2-methyl-	0,232	0,163	0,257	0,169	0,296			0,511	0,162	0,174			0,152	0,148		0,174	0,401	
Aromatické uhlovodíky	1H-Indene, 1,3-dimethyl-	0,021	0,016		0,001	0,006		0,021	0,018	0,009	0,006			0,008	0,016	0,012	0,005		
Alkohol	1-Octadecanol	0,105		0,229	0,248	0,325			0,058			0,315		0,085	0,036	0,020		0,325	
Alkohol	1-Octadecanol, methyl ether	0,145	0,123	0,216	0,280	0,263	0,105	0,138	0,154	0,350	0,163			0,237	0,263	0,254			
Alkohol	1-o-Tolylprop-2-en-1-ol	0,041	0,011	0,052	0,047			0,085	0,078	0,036		0,016		0,025	0,036			0,016	
Alkohol	1-Tetradecanol	0,217	0,035	0,157	0,332	0,201	0,085	0,025	0,174	0,085	0,085	0,236		0,152	0,054	0,152	0,299	0,305	
Keton	2,4'-Dimethoxy-2'(tert.-butyldimethylsilyl)oxychalcone	0,066	0,203		0,206				0,562	0,050	0,138			0,018	0,020	0,167	0,145	0,105	
Ester kyseliny salicylové	2-Ethylhexyl salicylate	0,036	0,075		0,465		0,201			0,096	0,201	0,325			0,074	0,047	0,352	0,096	
Alkohol	2-Hexadecanol	0,075	0,025		0,455	0,852		0,041	0,036	0,152	0,125	0,625		0,052	0,028		0,140		
Alken	2-Pentene, 2,4,4-trimethyl-	0,065	0,032	0,002	0,013	0,006		0,052	0,027			0,008	0,010	0,074	0,019	0,032	0,014	0,006	
Alkohol	2-Propanol, 1,3-dichloro-	0,015			0,031		0,008	0,009	0,007	0,014		0,005	0,007		0,003	0,012	0,017		
Aromatický uhlovodík	3-(2,5-Dimethylfuran-3-yl)-2-phenylcyclopent-2-en-1-one	0,145	0,075		0,049	0,632				0,098	0,059				0,041	0,279	0,069	0,521	
Monoterpen	3-Carene	0,005			0,625		0,041	0,002		0,032	0,050	0,745	0,062	0,039	0,039	0,136	0,113	0,365	0,018
Bifenyl	4-(4'-Hydroxyphenoxy)biphenyl	0,285	0,521	0,285	0,675	3,150		0,401	0,541	0,365		2,850			0,204	2,649	3,050		
Cyklické alkyany	4-Cyclopentene-1,3-dione, 2,4-diphenyl-	0,096	0,065	0,028	0,096		0,013		0,051	0,024	0,018	0,011			0,039	0,025	0,521		
Alken	4-Methyl-1,3-pentadiene	0,142	0,692	0,214		0,254			0,526	0,125	0,333	0,365	0,494	0,129	0,401	0,285	0,632	0,550	
Mastný amid	9-Octadecenamide, (Z)-	0,248	0,321	0,652	0,505	0,411	0,102	0,612	0,612	0,217				0,156	0,263	0,411	0,482		
Chlorofyl-rostlinný pigment	Bacteriochlorophyll-c-stearyl	0,126	0,063	0,549	2,850				0,520	0,214	0,077	3,110					1,340	3,250	
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,3-dichloro-	0,004	0,001	0,015	0,012	0,011	0,002	0,009	0,003	0,024						0,021	0,009	0,005	0,090
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,4-diethyl-	0,020	0,025	0,074			0,011	0,032			0,057	0,011		0,018		0,021	0,009	0,005	
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-	0,026	0,074	0,021	0,042				0,051	0,024				0,078	0,078	0,029	0,021	0,019	
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0,006	0,114	0,201	0,102	0,302	0,056		0,110		0,018	0,396	0,800				0,161	0,478	
Ester kyseliny benzoové	Benzoic acid, tetradecyl ester	0,018	0,029	0,315	0,268	0,236	0,085	0,041	0,096	0,192	0,158	0,365				0,156	0,152	0,325	
Ester kyseliny benzoové	Benzoic acid, tridecyl ester	0,055	0,063	0,183	0,198	0,005		0,052		0,117	0,101			0,051	0,095	0,062	0,056	0,410	
PAHs	Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	0,191	0,209	0,219	0,401		0,103			0,178	0,330	0,569	0,286			0,463	0,242	0,263	0,256
Terpen	Camphene	0,021		0,063			0,055		0,027		0,025	0,011		0,010		0,111	0,044	0,080	
Aldehyd	Coniferyl aldehyde	0,102	0,321	0,214	0,302	0,365					0,185	0,425			0,185	0,414	0,620		
Cykloalkan	Cyclododecane	0,105	0,147	0,052		0,952	0,052	0,163	0,153	0,136	0,115	0,369		0,125	0,163		1,285	0,521	
Cykloalkan	Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl-	0,252	0,090	0,145	0,101			0,285	0,639		0,085	0,074		0,263	0,125		0,081		
Cykloalkan	Cyclopentane, 1,1,3,4-tetramethyl-, cis-	0,052	0,060		0,027	0,011		0,085	0,046	0,047	0,024			0,081	0,047	0,027	0,074	0,014	
Ester kyseliny ftalové	Didecan-2-yl phthalate	0,772		0,949		4,110		1,390	1,390	1,583	4,225	3,850		0,452			2,123	3,850	
Ester kyseliny ftalové	Di-isononyl phthlate	0,085	0,028	0,724	0,564	0,652		0,039		0,179	0,530	0,950			0,024	0,201	0,152	1,690	
Akrylátové estery	Dodecyl acrylate	0,136		1,284	0,418			0,130	0,130		0,112	0,161		0,525	0,452		0,148	0,265	
Nitrily (obsahuje kyano skupinu)	Heptadecanenitrile	0,191	0,241			0,459		0,254	0,098	0,254	0,174	0,606	0,703	0,085	0,590	0,245	0,185	0,623	
PAHs	Heptamethyl-3-phenyl-1,4-cyclohexadiene	0,305	0,074		0,269			0,085	0,201	0,352	0,214	0,325		0,152	0,085	0,696	0,302		
Alkan	Heptane	4,155	2,590	2,850	0,224		2,904	5,855	5,855	0,061	0,879	3,050	1,173	4,908	4,908	6,046	2,259	5,200	2,190
Alkan	Hexacosane	0,258	0,048	0,740	0,632	2,520		0,085	2,520	1,322	2,870			3,250	0,036	0,852	0,851	3,260	
Deriváty karboxylových kyselin (amidy)	Hexadecanamide	0,919				2,850			0,365	2,517	0,664	3,140		0,624	0,624			4,150	
Alkan	Hexadecane, 1,1-bis(dodecyloxy)-	0,207		0,102		0,214		0,132	0,365	0,098	0,025	0,325		0,142			0,238		
Ester karboxylové kyseliny	Hexadecanoic acid, dodecyl ester	0,125	0,126			1,853		0,085		0,230	1,345	2,16							

Skupina organický látek	Sloučenina	Na rovince 914						Na rovince 879						Místecká					
		26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11
Karboxylové kyseliny	Nonanoic acid	0,085	0,014	2,381	3,257		1,360	0,036	0,201	0,363			1,540	0,081	0,069	0,201	0,441		
Alkan	Octacosane	0,147		1,676					0,478	0,484	0,852	0,895	0,635	0,185		0,201	0,635	0,985	
Amidy -CONH <sub>2</sub>	Octadecanamide	0,153	0,147	0,214			0,562	0,185	0,169	1,034	0,820	2,110	0,205	0,236	0,352		0,313	1,630	
Alkan	Octadecane, 3-ethyl-5-(2-ethylbutyl)-	0,318	0,285	0,185				0,647	0,647		0,254					0,163	0,365	0,526	
Nitrily (obsahuje kyano skupinu)	Octadecanenitrile	0,052	0,111	0,185				0,247	0,247	0,221	0,078		0,689	0,014	0,362	0,501	0,197		
Ester karboxylových kyselin	Octadecanoic acid, octyl ester	0,102	0,185	0,056				0,162	0,201	0,102	0,326	0,652		0,085	0,132	0,201			
Ester karboxylových kyselin	Octan-2-yl palmitate	0,695	0,521	0,488	0,222			0,562	0,356	4,132	2,772			0,201		1,128	1,190	0,990	
Oxim, -C=N-OH	Oxime-, methoxy-phenyl-	0,153		0,410	0,410	0,965			0,022	0,260	0,349	1,013	0,209		0,161	0,161	0,317		
Alkan	Pentacosane	0,636	0,720	1,350	1,250	0,401		0,693	0,693	1,372	0,757	0,562		0,524	0,524	2,540	0,245		0,785
Alkan	Pentadecane	0,018		0,344	0,445	0,021			0,024	0,040	0,024			0,387	1,220	0,085	0,773	0,041	0,365
Aromatický uhlovodík, methoxyfenol	Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-	0,196	0,085	0,036	0,041		0,478	0,185	0,141				0,282	0,145	0,092		0,047		0,205
Silan	Silane, 9-anthracenyltrimethyl-	0,085	0,124	0,350	0,525			0,085	0,135	0,168	0,196			0,101	0,152	0,242	0,104		
Alkan	Tetracosane	0,299	0,374	0,445	0,135			0,365	0,421	0,856			1,540	0,452	0,369				
Amid -CONH <sub>2</sub>	Tetradecanamide	2,630	2,010	0,985	1,630	3,150	2,630	3,680	1,520	1,250	1,850			2,850	0,980	1,540	1,630		
Alkan	Tetradecane	0,201	0,241	0,079	0,065	0,352	0,968	0,325	0,263	0,014	0,021		1,355	0,325	0,521	0,090	0,285		2,520
Alkan	Triacotane	0,365	0,258	0,662	1,081		0,096	1,896	1,690	0,582	0,526		0,705	0,541	0,218	0,525	0,411		
Organokřemičitá sloučenina (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiF	Trimethylsilyl fluoride	0,350	0,411	0,470	0,985	0,411	0,036	0,382	0,382	0,713	0,974			0,483	0,483	0,525	0,596		
Alkan	Undecanal	1,630	0,463	0,500	0,655	0,632	0,085	0,596	2,060	0,585				2,850	1,250	0,565			0,015
Aldehyd	Vanillin	0,560	0,547	0,520	0,785		0,102	0,652	1,690	0,084			0,621	0,650	1,320	0,608			
Aromatický uhlovodík	1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene	0,125	0,165	0,174	0,102		0,032	0,087	0,129	0,196	0,098	0,325		0,145	0,165	0,302	0,069	0,522	
Ester ftalových kyselin (PAEs)	1,2-BenzenediKarboxylová kyselina, dinonyl ester	0,520		1,229	1,029	0,118		0,114	0,154	1,590			0,541	0,432	0,214	0,415	0,274	0,201	
Heterocyklické sloučeniny dusíku	1-Decanamine, N-decyl-N-methyl-	0,214		0,201	0,254		0,025	0,241	0,163	0,524		0,026		0,302		0,411	0,085	0,016	
Alken	2,4-Hexadiene	0,058	0,019	0,125	0,096	0,474		0,029	0,024	0,096				0,023	0,112	0,149	0,299		
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,3-dimethyl-				0,251			0,181	0,181	0,121	0,241	0,345	0,204					0,415	0,165
Heterocyklický uhlovodík se sírou	Benzenethiol							0,335	0,335					0,210	0,210				
Estery kyseliny ftalové	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	0,946						0,881	0,881	1,769	1,449	0,302	0,464	0,885	0,885	0,562	0,563	0,256	
Přyskyřičné kyseliny	Methyl dehydroabietate	0,256	0,078		0,113			0,085	0,156	0,074	0,105			0,152	0,152	0,263	0,087		
Ester karboxylové kyseliny	Methyl methacrylate	0,032	0,052	0,029	0,025			0,077	0,077		0,021			0,025	0,051				
Alkan	Octane	0,085			0,113	0,009	1,690	0,434	0,434	0,059	0,068	0,008	1,292		0,211	0,065	0,015	0,985	
Karboxylové kyseliny	Octanoic acid	0,055	0,032	1,231	1,104	0,011		0,021	0,025	0,218			0,524	0,021		0,084	0,023	1,020	
Aromatický uhlovodík	o-Cymene	0,085		1,260			0,055	0,158	0,054	2,544	0,065			0,026		0,096	0,074		
Aromatický uhlovodík	p-Cymene	0,025	0,314				1,176	0,058	0,105	0,101	0,085		0,852	0,034	0,085	0,109			0,630
Aromatický uhlovodík, methoxyfenol	Phenol, 2,6-dimethoxy-	0,052	0,047		0,096	0,302	0,635	0,085	0,107	0,185			0,443	4,650	0,126	0,159	0,160	0,415	

#### Vysvětlivky:

Pozadí Ostrava-Hrabůvka

Pozadí Ostrava-Hrabůvka +Brembo

Pozadí Ostrava-Hrabůvka +Brembo + brzdy

Pozadí Ostrava-Hrabůvka + brzdy

Zápachová epizoda

Pouze pasivní odběr

**Tabulka 2** Skupina sloučenin identifikované v rámci analýz z pasivních vzorkovačů pro lokality Krmelínská, Mitrovická, Bažanova (uvedeno v %).

Skupina organický látek	Sloučenina	Krmelínská					Mitrovická					Bažanova							
		26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024
Alken	(Z),(Z)-2,4-Hexadiene	0,065	0,025	0,161	0,074		0,016	1,021	0,058	0,099	0,104	0,078	0,085	0,116	0,016	0,135	0,031		
Alken	1-Nonene	0,039	0,110			0,015	0,013	0,056		0,063	0,027	0,021	0,005	0,055	0,055		0,020	0,015	0,009
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	0,015	0,065			0,325		0,016	0,021	0,146	0,171	0,201		0,055	0,042	0,130	0,097	0,965	
Ester kyseliny ftalové	Diethyl Phthalate	0,015		0,057		0,105		0,032	0,047	0,062	0,049			0,029	0,028	0,032		0,211	
Karboxylová kyselina	Dodecanoic acid	0,325	0,854		0,419	0,298		0,201	0,569	0,745		0,236		0,196	0,963	0,332	0,070		
Alkan	Hexadecane	0,025	0,047	0,054	0,038	0,095		0,027	0,047	0,089				0,039	0,052	0,028	0,063	0,021	
PAHs	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-6-(1-phenylethyl)-	0,302	0,023	1,341	0,241			0,211	0,063	0,017			0,031	0,125	0,018	0,823	0,045		
PAHs	Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-	0,015		0,072					0,125	0,033	0,026	0,012		0,014	0,185	0,027		0,016	
PAHs	Naphthalene, 1-methyl-7-(1-methylethyl)-	0,014	0,015	0,255	0,067			0,025	0,017	0,137	0,142		0,105	0,032	0,065	0,123	0,075	0,063	
Karboxylová kyselina	n-Decanoic acid		0,162		0,275		0,322	0,147		0,205		0,741					0,114	0,302	
Karboxylová kyselina	n-Hexadecanoic acid	0,036		0,945	0,058		0,938		0,081	3,939	0,703	2,369	0,852	1,805	0,756		3,740	0,965	
Aromatický uhlovodík	p-Xylene	0,085	0,177	0,285	0,269		0,285		0,129					0,165			0,145		0,635
Alkan	Squalane	0,521	0,410	0,285	1,494	4,520	3,442	0,415	0,658	0,415	2,364	3,980	1,396	0,745	0,621	0,502	2,734		2,632
Alkan	Squalene	6,995	1,520	0,596	2,630	3,630		4,737		7,055	8,706	4,150	0,985	6,813	2,630	7,360	9,088		1,650
Alken	.alpha.-Methylstyrene	0,214	0,102	0,421	0,059	0,065		0,186	0,105	0,274	0,047	0,050		0,102	0,095	0,271	0,062	0,015	
Anhydrosacharidy	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	25,210	11,960	12,850	24,520	10,290	20,690	23,850	2,850	11,260	4,190	8,250	31,305	24,150	22,015	11,850	13,840	13,960	25,600
Anhydrosacharidy	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	0,352	0,302	1,178			5,020	0,087	0,104				2,501			1,235	0,302	0,365	3,520
Aldehyd	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	0,084	0,036	0,154	0,401		0,058	0,071	0,025		0,302	0,115		0,079	0,062	1,206	0,254	0,211	
Aromatický keton	Acetophenone	0,967		0,561	0,176	0,365	0,296	1,257	0,263	0,420	0,485	0,201		0,151	0,411	0,173	0,396	0,352	0,370
Aldehyd	Benzaldehyde	1,074	0,543	1,628	0,154		0,441	1,029	0,742	0,723	0,454	0,255		0,304	0,709		0,382	0,125	0,590
Aromatický uhlovodík	Benzene	4,589	22,402	16,793	4,850	8,960	20,972	5,381	16,475	16,564	11,245	7,250	12,340	5,727	19,725	6,113	6,163	5,020	10,674
Aromatický uhlovodík	Benzene, propyl-		0,024	0,069	0,014		0,019		0,027	0,014	0,011	0,011	0,005			0,038	0,018		
Laktamy - cyklické amidy	Caprolactam		0,425		0,257	0,068		0,041	0,047	0,285	0,065	0,063	0,658	0,038		0,102		0,015	
Aromatický uhlovodík	Ethylbenzene	0,165	0,360	0,248	0,073	0,163	0,233	0,153	0,102	0,205	0,362		0,203	0,130	0,111	0,146	0,178	0,365	0,361
Aldehyd	Furfural		0,085	2,124	0,115	0,126		0,047		0,146						0,166	0,054	0,354	
Alkan	Heptadecane	0,047	0,047	0,276	0,006	0,005		0,078			0,009					0,081	0,047		
Aromatický uhlovodík	p-Cresol	0,024	0,034	0,049					0,015	0,047	0,060	0,035		0,019	0,031	0,066	0,071		
Karboxylová kyselina	Pentadecanoic acid	0,058	0,047	0,256	0,262		1,125	0,063	0,068	0,112	0,165		0,857		0,050	0,393		0,236	
Chlorované uhlovodíky	Tetrachloroethylene	0,325	0,044	0,214	0,152		0,025	0,254	0,665	0,635	0,198			0,154	0,241	0,257	0,247		
Karboxylová kyselina	Tetradecanoic acid	0,433	0,589	1,020	0,470			0,424	0,685	0,143	0,052	0,158	0,105	0,527	0,657	2,855	0,050		
Heterocyklický uhlovodík se sírou	Thiophene, 3-ethyl-	0,063	0,085	0,740	0,680		0,092	0,047	0,058	0,680	0,520	0,524	0,085	0,073		0,390	0,480		0,181
Aromatický uhlovodík	Toluene	1,138	23,100	12,123	6,119	9,650	1,715	1,486	25,728	2,148	14,309	7,150	15,630	1,181	15,910	11,758	1,185		12,892
Anhydrosacharidy	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucofuranose	5,131	2,630	1,621	0,325	2,052	4,010	10,652	1,991	2,010	0,415	0,615	7,208	8,500	3,052	0,401	1,045	3,050	5,120
Alken	1-Heptene		0,214		0,214	0,251	0,055	0,174	0,987	0,154			0,026		0,187		0,089	0,385	
Aromatické uhlovodíky	2,4-Di-tert-butylphenol	0,124	0,098	0,098	0,268	0,185	0,056	0,145	0,099	0,111	0,241		0,028	0,109	0,084	0,125	0,242		
Alken	2-Heptene, (E)-	0,741	0,301		0,130	0,029	0,010	0,569	0,556	0,263			0,241				0,042		
Keton	2-Hexanone	0,474	0,220	0,136	0,024	0,036	0,386	0,441	0,217	0,195	0,112		0,196	0,349	0,391	0,116	0,157		0,486
Karboxylové kyseliny	Acetic acid	0,063	0,085	0,073	0,260	0,352		0,085	0,104		0,179				0,029	0,031		0,502	
Ester kyseliny octové	Acetic acid, butyl ester		0,225	0,069	0,030			0,019	0,098			0,032			0,098		0,045		
Cykloalkan	Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, cis-	0,015	0,295	0,298	0,119	0,187		0,019	0,236	0,152	0,045			0,032	0,105	0,085	0,174	0,236	
Cykloalkan	Cyclohexane, ethyl-	0,074	0,367		0,093	0,011		0,179	0,096	0,044		0,021		0,057	0,235		0,063	0,015	
Terpen	D-Limonene		0,106	0,059	0,006	0,163	0,107		0,036				0,085		0,023			0,254	
Alkan	Heptacosane	1,210			0,698	0,415		0,798	0,322	1,255	1,871	0,296		1,142	0,521	0,895			
Karboxylová kyselina	Octadecanoic acid	0,214	0,145	0,287	2,455		0,555		0,254	0,332	0,852	0,251		0,185	0,085	0,333	0,787	0,401	
Diol (glykol)	Silanediol, dimethyl-	0,478	1,036	0,448				0,459	0,078	0,802	0,064	2,010		0,332	1,368	0,141	1,102	0,521	
Aromatický uhlovodík	Styrene	0,254	0,074	0,278	0,105		0,141	0,270	0,141	0,253	0,141			0,352	0,078	0,256	0,125	0,254	
Alkan	Tridecane	0,415	0,587	0,122	0,325	0,256	0,063	0,320	0,514	0,365	0,542			0,398	0,965	0,017	0,221		0,440
Alkohol	1-Hexanol, 2-ethyl-	0,216	0,231	0,185	0,185	0,274	0,085	0,098	0,236	0,205	0,239		0,058	0,196	0,196	0,197	0,236	0,415	0,069
Anhydrosacharidy	2,3-Anhydro-d-mannosan	10,026	2,710	16,020	7,641	8,960	10,360	9,016	0,008	6,010	6,027	5,960	9,850	10,850	2,240	10,117	6,030	5,690	11,250
Aromatický uhlovodík	2-Methoxy-4-vinylphenol	0,029	0,036		0,026	0,017	0,021	0,038	0,020	0,075		0,026			0,042	0,114			
Aromatický uhlovodík	2-Vinylfuran	0,178		0,378	0,163	0,169	0,065	0,185	0,165	0,096	0,105	0,102			0,085	0,269	0,109	0,325	
Alkohol	3-Hexanol			0,153		0,084		0,292	0,031	0,147	0,061			0,139		0,053	0,075	0,036	
Keton	3-Hexanone	0,250	0,208	0,117	0,028	0,126	0,220	0,259	0,146	0,104	0,079			0,203	0,270	0,070	0,130		0,301
Aldehyd	Decanal	0,800		0,791		0,105		0,915	0,179	0,502			0,717	0,319		0,386	0,102	0,163	1,693
Aromatický uhlovodík	Furan, 2,5-dimethyl-	0,041	0,074	0,151	0,087	0,006			0,052			0,012		0,063		0,121	0,047		
Aldehyd	Hexanal	0,056		0,117		0,026	0,268		0,085	0,111	0,042		0,185	0,047	0,028	0,051	0,085	0,019	
Keton	Levogluconenone	0,285	0,259	1,227	0,250	0,147	0,352	0,415	0,352	0,134					0,411	1,409	0,125		
Aromatický uhlovodík	Mesitylene	0,117		0,237	0,095			0,095				0,102		0,110	0,220		0,169	0,126	0,346
Aldehyd	Nonanal	0,409		0,704	0,309		0,410	1,948	0,346	0,459	0,263		0,828	0,871		0,257	0,091		

Skupina organický látek	Sloučenina	Krmelínská					Mitrovická					Bažanova							
		26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024
Karboxylová kyselina	Benzoic acid		0,041	0,041	0,075	0,036		0,014		0,032		0,055	0,365	0,023	0,025	0,041	0,025	0,015	
Aldehyd	Heptanal	0,017	0,068	0,077		0,021		0,085		0,067	0,063				0,084	0,025	0,028		
Ester karboxylové kyseliny	Isopropyl myristate	0,260	0,091	0,390	0,912	4,650	3,558	0,103	0,174	0,821		3,540	0,342	0,483		0,546		3,010	
Aromatický uhlovodík	o-Xylene	0,554	0,468	0,978	0,216		0,772	0,570		0,749	1,220	0,415		0,417	0,461	0,613	0,554	0,520	1,074
Alkan	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	6,242	1,480	2,320	0,120		0,362	6,712	1,001	1,141	0,815	0,254			0,635	0,843	0,461		
Heterocyklický uhlovodík se sírou	Thiophene, 2-methyl-	0,352	0,500				0,176		0,527	0,514	0,521	0,302	0,105	0,451	0,874	0,474	0,854		
Monoterpen	.alpha.-Pinene	0,165	0,229	0,562	0,032		0,229	0,162	0,157	0,490	0,029	0,028		0,073	0,189	0,256	0,025		0,170
Terpen	.beta.-Pinene	0,098	0,359	0,339	0,067		0,155	0,130	0,164	0,433	0,139	0,251		0,024	0,065	0,210	0,150		0,173
Aromatický uhlovodík, fenolová skupina	[1,1':3',1'':-Terphenyl]-2'-ol	0,476	0,302	0,025	1,724			0,445	0,311	0,057	0,299	0,204	0,055	0,387	0,503	0,047	0,294	0,526	0,564
Ester ftalových kyselin (PAEs)	1,4-Benzenedikarboxylová kyselina, bis(2-ethylhexyl) ester	1,310	1,630		3,111	8,630		0,968	0,502	3,176	6,023	7,050		1,709	0,421	1,571	6,626	9,630	
Alken	1,4-Cyclohexadiene		0,305	0,185					0,185		0,254		0,025	0,254		0,271	0,173		
Heterocyklické sloučeniny dusíku	1,8-Diazacyclotetradecane-2,7-dione		0,287	0,158	0,325	3,120	0,125	0,156		0,136	1,060	2,360				0,085	2,138	2,630	
Alkohol	1-Dodecanol	0,014	0,048			0,008			0,021	0,079	0,019	0,015		0,150	0,023	0,196	0,021		0,008
Alken	1-Dodecene	0,081	0,013	0,025	0,020	0,369		0,020	0,017		0,016	0,105	0,012	0,014	0,017	0,014	0,029	0,732	0,024
Alkohol	1-Hexadecanol, 2-methyl-	0,146	0,147	0,436				0,105	0,098		0,145	0,325	0,717	0,113	0,162	0,147	0,163	0,362	
Aromatické uhlovodíky	1H-Indene, 1,3-dimethyl-	0,012	0,013	0,081	0,014			0,045	0,008	0,014		0,016		0,023	0,025	0,018	0,002		
Alkohol	1-Octadecanol	0,114	0,025						0,063	0,041	0,075	0,305	0,105	0,125		0,009		0,415	
Alkohol	1-Octadecanol, methyl ether	0,139	0,520	0,185	0,185	0,305	0,055	0,125	0,098	0,201	0,205			0,142	0,236	0,214	0,185	0,302	
Alkohol	1-o-Tolylprop-2-en-1-ol	0,026	0,052	0,047	0,021	0,021		0,017	0,096	0,111	0,032		0,021	0,018	0,063	0,081			
Alkohol	1-Tetradecanol	0,334	0,063	0,047	0,098	0,214		0,163	0,163	0,185	0,102	0,125	0,201	0,428	0,165	0,317	0,096	0,256	0,105
Keton	2,4'-Dimethoxy-2'-(tert.-butyldimethylsilyl)oxychalcone	0,013	0,019	0,206	0,236			0,140	0,092	0,039	0,115	0,205	0,052	0,025		0,088		0,216	
Ester kyseliny salicylové	2-Ethylhexyl salicylate	0,048	0,068	0,082	0,145	0,415	0,102		0,048				0,079	0,052				0,401	0,152
Alkohol	2-Hexadecanol			0,027	0,201	0,741		0,063		0,035	0,348	0,635		0,054	0,041	0,196		0,365	
Alken	2-Pentene, 2,4,4-trimethyl-	0,121		0,027	0,017	0,007		0,182		0,023	0,029			0,072	0,018		0,029	0,006	0,012
Alkohol	2-Propanol, 1,3-dichloro-	0,015	0,005	0,016					0,011		0,017	0,009		0,013			0,012	0,004	
Aromatický uhlovodík	3-(2,5-Dimethylfuran-3-yl)-2-phenylcyclopent-2-en-1-one	0,135	0,062	0,223	0,201	0,060		0,148	0,054							0,166			
Monoterpen	3-Carene	0,004	0,073	0,083	0,011	0,574	0,011	0,004	0,002	0,070		0,470		0,089		0,094	0,854	0,009	
Bifenyl	4-(4'-Hydroxyphenoxy)biphenyl	0,314	0,369	0,236	0,905	2,960		0,356	0,459		1,533	3,150			0,285		1,485	2,140	
Cyklické alkany	4-Cyclopentene-1,3-dione, 2,4-diphenyl-	0,182						0,128	0,074	0,031	0,074			0,084	0,048	0,036			
Alken	4-Methyl-1,3-pentadiene	0,133	0,511		0,067	0,187	0,832	0,379	0,642	0,277	0,250			0,152	0,359	0,287		0,415	0,596
Mastný amid	9-Octadecenamide, (Z)-	0,132			0,450		0,063	0,524		0,314	0,460	0,521		0,258	0,289	0,359	0,542		
Chlorofyl-rostlinný pigment	Bacteriochlorophyll-c-stearyl	0,039	0,025			2,150			0,042	0,088	0,120	1,632		0,701	0,018	0,152	0,230	4,250	
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,3-dichloro-	0,003		0,032							0,006	0,002		0,007	0,028	0,010			
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,4-diethyl-	0,024	0,027	0,065	0,108	0,026		0,041	0,039	0,052	0,081			0,034	0,084	0,036	0,010		
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-		0,014	0,035	0,047	0,019		0,032	0,052		0,021			0,041	0,307	0,029	0,016		
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0,005		0,118		0,239		0,125	0,105	0,031	0,251	0,136	0,565	0,021	0,145	1,150	0,405	0,739	
Ester kyseliny benzoové	Benzoic acid, tetradecyl ester	0,025	0,124		0,131	0,198	0,145	0,052	0,035	0,196				0,145	0,201	0,102	0,401		
Ester kyseliny benzoové	Benzoic acid, tridecyl ester	0,068	0,087		0,301	0,011			0,086	0,063		0,021		0,087		0,125			
PAHs	Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	0,111	0,307	0,332	0,076	0,365	0,055	0,056	0,211	0,192	0,120		0,125	0,104		0,126	0,117	0,602	
Terpen	Camphene	0,018		0,060	0,012	0,021		0,015	0,016	0,069				0,007	0,036	0,022			
Aldehyd	Coniferyl aldehyde	0,085	0,258	0,236	0,296	0,214		0,145	0,236	0,203				0,125		0,485	0,126	0,521	
Cykloalkan	Cyclododecane		0,296		0,499		0,074	0,135		0,089	0,209	0,985		0,158	0,174	0,204	0,086	0,401	
Cykloalkan	Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl-	0,201	0,093	0,260	0,166			0,157	0,502	0,174	0,059			0,265		0,127			
Cykloalkan	Cyclopentane, 1,1,3,4-tetramethyl-, cis-	0,041	0,051	0,036	0,039			0,035	0,130	0,058		0,014		0,058		0,059	0,036	0,021	
Ester kyseliny ftalové	Didecan-2-yl phthalate		0,478		1,753	3,960		1,353	0,551	2,012	3,133	1,856		1,534	0,352	1,676	3,618	4,250	
Ester kyseliny ftalové	Di-isononyl phthalate	0,062	0,047		0,404	0,521		0,058		0,069		0,365		0,047	0,029		0,598	1,250	
Akrylátové estery	Dodecyl acrylate	0,218	0,285		0,046					0,365	0,084	0,156	0,196	0,256	0,521	0,210	0,055	0,201	
Nitrily (obsahuje kyano skupinu)	Heptadecanenitrile	0,238	0,147	0,085	0,241	0,325		0,193	0,157	0,176		0,204	0,547	0,480	0,253	0,480		0,852	
PAHs	Heptamethyl-3-phenyl-1,4-cyclohexadiene	0,352	0,174	0,904	0,247			0,123	0,241	0,352	0,251	0,396		0,258	0,185	0,126	0,174	0,401	
Alkan	Heptane	6,582	3,829	3,846	5,028	4,560	1,274	4,469	21,874	3,115	0,960	3,580	0,859	4,891	2,791	2,319	0,640	4,110	7,501
Alkan	Hexacosane	0,241	0,025	0,018	1,297	2,680		0,158	0,065	0,045		1,369		0,141	0,096		2,813	3,120	
Deriváty karboxylových kyselin (amidy)	Hexadecanamide	1,070			1,921	3,150			0,785	2,619	1,727	2,150		1,435		1,117	3,044	3,560	
Alkan	Hexadecane, 1,1-bis(dodecyloxy)-	0,365			0,044	0,384			0,248	0,132		0,284	0,105	0,241	0,085	0,422		0,411	
Ester karboxylové kyseliny	Hexadecanoic acid, dodecyl ester	0,085	0,039	0,096	0,756	1,063		0,105	0,145	0,231	0,909	0,965	0,211	0,047	0,121	0,357	0,947	3,160	
Ester karboxylové kyseliny	Hexadecanoic acid, methyl ester	0,200			0,025			0,166	0,055	0,074	0,038	0,163	0,251	0,339	0,065	0,035			
Alkan	Hexatriacontane	0,254	0,396	0,230		0,325			0,521		0,258	0,274		0,652					



Skupina organický látek	Sloučenina	Krmelínská					Mitrovická					Bažanova							
		26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024	26.9-7.10	7.10-14.10	14.-21.10	21.-29.10	29.10-5.11.	5.11-12.11.2024
Alkan	Octadecane, 3-ethyl-5-(2-ethylbutyl)-	0,917		0,204	0,178			0,214	0,411		0,203			0,397	0,352	0,366	0,285	0,265	
Nitrily (obsahuje kyano skupinu)	Octadecanenitrile	0,025	0,325		0,337									0,462	0,448	0,672		0,211	
Ester karboxylových kyselin	Octadecanoic acid, octyl ester		0,096	0,087				0,039	0,145	0,224			0,474	0,145	0,147		0,603	0,698	
Ester karboxylových kyselin	Octan-2-yl palmitate	0,574	0,505		3,566		0,201	0,352	1,013	5,392	4,327	3,650		0,471	0,285	4,800	6,613	2,840	
Oxim, -C=N-OH	Oxime-, methoxy-phenyl-_	0,100	0,036		0,549		0,282	0,155	0,044	0,189	0,404	0,632				0,431	0,462	0,985	
Alkan	Pentacosane	0,465			1,261		1,360	0,513		1,364	1,499	0,325	0,965	1,196	1,603	1,161	2,205		
Alkan	Pentadecane	0,025	0,042	0,806			2,050		0,018	0,135	0,125		0,254	0,032		0,234	0,021	0,016	
Aromatický uhlovodík, methoxyfenol	Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-	0,098	0,102				0,352	0,121	0,263	0,078	0,059	0,026	0,148	0,201	0,085	0,041	0,062	0,026	
Silan	Silane, 9-anthracenyltrimethyl-	0,128	0,147	0,268	0,174			0,140	0,074			0,098	0,089			0,195			
Alkan	Tetracosane	0,325	0,258	0,254	0,713	0,610	0,632	0,521	0,258	0,506	0,493	0,965	0,858	0,739	0,325	0,709	0,859	0,180	2,050
Amid -CONH <sub>2</sub>	Tetradecanamide	1,470	0,560	0,396	1,158		0,550	2,740	4,010	1,140	1,740	2,985		3,140	1,020	1,360	1,031		0,985
Alkan	Tetradecane	0,247	0,385	0,046	0,163		0,524	0,214	0,365	0,124	0,105	0,285	0,965	0,256	0,411	0,029	0,021		1,520
Alkan	Triacotane	0,890	0,374		0,265		0,104	0,521	0,415			0,587			0,451	0,321	0,318		0,852
Organokřemičitá sloučenina (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiF	Trimethylsilyl fluoride	0,325	0,330			0,385	0,012	0,409	0,326	0,690	0,891	0,305	0,010	0,220	0,820	0,060	0,369		
Alkan	Undecanal	0,652	1,526	0,097		0,741		0,430	0,545	0,010		0,635	0,031						
Aldehyd	Vanillin	0,621	1,365	0,510		0,652	0,073	0,326	0,530	0,669		0,852	0,152			1,573			
Aromatický uhlovodík	1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene	0,132	0,132	0,373	0,098			0,098	0,145	0,268	0,114	0,302		0,096	0,125	0,089	0,074	0,401	
Ester ftalových kyselin (PAEs)	1,2-BenzenediKarboxylová kyselina, dinonyl ester	0,302	0,184	0,085	0,198		0,105		0,285	0,185	0,264	0,114	0,105	0,152	0,202	0,325	0,521		0,635
Heterocyklické sloučeniny dusíku	1-Decanamine, N-decyl-N-methyl-				0,660	0,056	0,005	0,185	0,185	0,185			0,005	0,198	0,174	0,325	0,205		0,003
Alken	2,4-Hexadiene	0,019	0,026	0,067	0,065	0,365			0,085			0,254	0,106	0,024	0,105	0,145			
Aromatický uhlovodík	Benzene, 1,3-dimethyl-	0,160	0,263		0,076	0,165	0,186	0,176			0,235	0,103	0,145	0,120	0,163	0,140	0,169	0,405	0,331
Heterocyklický uhlovodík se sírou	Benzenethiol													0,213					
Estery kyseliny ftalové	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	0,641			1,566	0,525		0,597	0,412	1,993	1,920	0,458		1,360	1,847	1,551	3,152	0,325	
Přyskyřičné kyseliny	Methyl dehydroabietate	0,296	0,205	0,089	0,108			0,126	0,096	0,147	0,125	0,036		0,254	0,362	0,546	0,169	0,035	
Ester karboxylové kyseliny	Methyl methacrylate	0,038	0,047	0,038			0,013	0,015		0,039	0,041			0,040		0,035	0,017	0,011	
Alkan	Octane	0,331	0,541	0,075	0,062		1,896		0,635					0,151			0,055	0,006	
Karboxylové kyseliny	Octanoic acid	0,069			0,103			0,041	0,038	0,221		0,021		0,074	0,041		0,074		
Aromatický uhlovodík	o-Cymene	0,096	1,025	0,214	0,082				0,074	0,085	0,074			0,078	0,062	0,203	0,030	0,085	
Aromatický uhlovodík	p-Cymene	0,026	0,035	0,079	0,142		1,356	0,014	0,085	0,065			0,704			0,098	0,112	0,106	
Aromatický uhlovodík, methoxyfenol	Phenol, 2,6-dimethoxy-	0,065		0,059	0,087		0,521		0,054		0,141		0,225	0,074	0,105			0,305	0,859

Vysvětlivky:

Pozadí Ostrava-Hrabůvka
Pozadí Ostravava-Hrabůvka +Brembo
Pozadí Ostrava-Hrabůvka +Brembo + brzdy
Pozadí Ostrava-Hrabůvka + brzdy
Zápachová epizoda
Pouze pasivní odběr