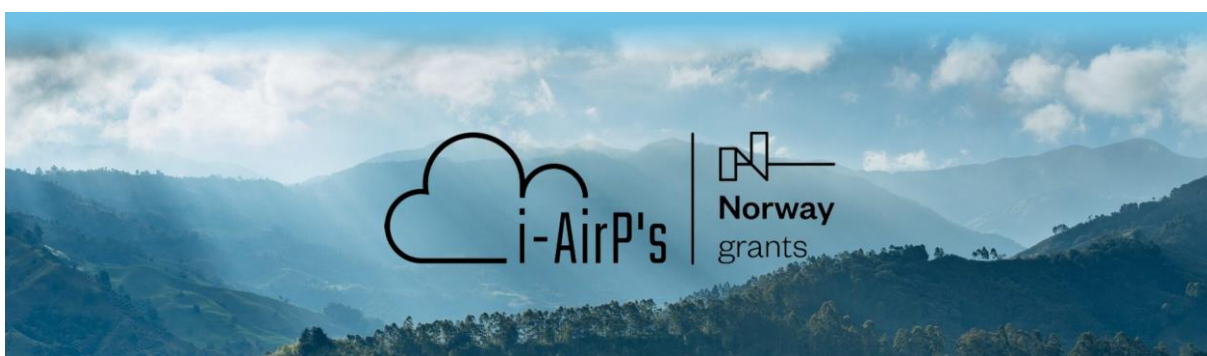


VYHODNOCENÍ ORGANICKÝCH SLOUČENIN A GEOCHEMICKÝCH MARKERŮ PRO IDENTIFIKACI PŮVODU ZNEČIŠTĚNÍ NA LOKALITÁCH ČESKO-POLSKÉ HRANICE



Zpracováno v rámci projektu:

i-AIRP's Identifikace příčin znečišťování ovzduší na česko-polské hranici



Číslo projektu: 3202100005

Výzva Tromsø – Monitoring kvality ovzduší, identifikace zdrojů a zpracování akčních plánů

Číslo výzvy: NF Call 2A - 3.2.1.1.

Projekt z programu „Životní prostředí, ekosystémy a změna klimatu“ financovaný z Norských fondů 2014–2021.



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro zelenou Evropu
Tento projekt byl podpořen grantem
z Norských fondů.

Vypracovali:

*Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava Centrum energetických a environmentálních
technologií/Centrum ENET*

17. listopadu 15/2172 708 00 Ostrava – Poruba

prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.

Ing. Jana Růžičková, Ph.D.

Ing. Marek Kucbel, Ph.D. et Ph.D.

Ing. Barbora Švédová, Ph.D. et Ph.D.

Ing. Kristina Štrbová, Ph.D.

Obsah

1	Úvod	1
2	Materiál a metody.....	1
3	Vyhodnocení organického a elementárního uhlíku.....	3
3.1	Geochemické pozadí a anomálie.....	4
4	Organické sloučeniny a geochemické markery pro identifikaci původu znečištění	11
4.1	Rozlišení původu alkanů z dopravy x spalování biomasy x spalování uhlí	11
4.2	Rozlišení dopravy x spalování uhlí.....	11
4.3	Spalování biomasy	12
4.4	Sloučeniny uvolňované při spalování plastů	12
4.5	Karviná	12
4.5.1	Vyhodnocení Karviná	15
4.6	Český Těšín	15
4.6.1	Vyhodnocení Český Těšín	20
4.7	Menší sídelní jednotky	21
4.7.1	Bystřice	21
4.7.2	Zhodnocení Bystřice	24
4.7.3	Petrovice u Karviné	25
4.7.4	Vyhodnocení částic PM ₁₀ Petrovice u Karviné	28
4.7.5	Vendryně	28
4.7.6	Původ částic v PM ₁₀ - Vendryně.....	33
4.7.7	Chotěbuz	33
4.7.8	Původ částic v PM ₁₀ - Chotěbuz	36
4.7.9	Ropice.....	36
4.7.10	Původ částic v PM ₁₀ - Ropice	39
4.7.11	Bolatice.....	39
4.7.12	Původ částic v PM ₁₀ - Bolatice	42
5	Zhodnocení.....	43
	Literatura	48

1 Úvod

Prachové částice (PM) jsou významnou látkou, která negativně ovlivňuje kvalitu ovzduší a má nepříznivé dopady na lidské zdraví. Epidemiologické a klinické studie prokázaly, že prachové částice představují významné riziko pro vznik řady respiračních onemocnění, včetně rakoviny plic, chronické obstrukční plicní nemoci a astmatu (Almeida et al., 2023; Lu et al., 2020; Kulhánová et al., 2018); spolu s četnými kardiovaskulárními onemocněními, jako jsou mrtvice, koronární příhody, infarkt myokardu, ateroskleróza aj. (Gu et al., 2017). Významný podíl na těchto onemocněních způsobených prachovými částicemi mají zejména uhlíkaté částice (Hussein et al., 2022).

Aerosol PM₁₀ pochází z různých emisních zdrojů, jako je spalování uhlí, biomasy, benzínu, ropy nebo motorové nafty. PM₁₀ zahrnuje také prachové částice ze zemědělství, lesních požárů, průmyslových zdrojů, stavenišť a resuspendovaný prach ze silnic a půdy a pyl (Zapletal et al., 2022).

V atmosférických částicích (PM) se vyskytuje široké spektrum látek, které zahrnují anorganické sloučeniny, jako jsou minerály s přidruženými hlavními a stopovými prvky, organické sloučeniny z používání a spalování fosilních paliv, syntetické organické sloučeniny, jako jsou pesticidy, chlorované uhlovodíky, maziva a sloučeniny přírodních produktů z biogenní hmoty (Rushdi et al., 2017).

Identifikace zdrojů emisí analyzovaných aerosolů a jejich složek se v současné době většinou provádí pomocí různých multivariátních receptorových modelů (Cigánková et al., 2021; Mikuška et al., 2020). V této studii byly zdroje emisí v analyzovaných PM₁₀ identifikovány pomocí diagnostických poměrů a obsahu vybraných organických markerů, které jako první použil Rushdi et al. (2017) a následně byly aplikovány v dalších studiích (Cigánková et al., 2021; Křůmal et al., 2017; Iakovides et al., 2021; Javed et al., 2019). Část organických sloučenin, které tvoří „shluk“ v chromatogramu, není možné rozlišit (Simoneit et al., 1984) a v textu a grafickém zobrazení je označena jako nerozlišená organická hmota (UA-unknown organic matter). Část organických sloučenin nemá identifikovaný zdroj/původ a byla označena jako nezařazené organické sloučeniny v textu a v grafickém zobrazení.

2 MATERIÁL A METODY

Vzorky imisí PM₁₀ byly odebrány firmou ENVITECH s.r.o., v období červen 2022 až březen 2023. Stanoviště pro odběr vzorků imisí PM₁₀ zahrnují Petrovice u Karviné, Karvinou, Bystřici, Vendryni, Český Těšín, Chotěbuz, Ropici a Bolatice, viz **tab. 1**.

Uhlíkaté částice ve formě organického uhlíku (OC) a elementárního uhlíku (EC) byly stanoveny metodou termicko-optické analýzy. Z jednotlivých křemenných filtrů o průměru 47 mm byla vyražena část vzorku o velikosti plochy 1 cm². OC a EC byly stanoveny termicko-optickou metodou na analyzátoru OC/EC firmy Sunset Laboratory, podle normy ČSN EN 16909 - Kvalita ovzduší - Stanovení elementárního uhlíku (EC) a organického uhlíku (OC) zachyceného na filtrech. Pro detekci OC/EC byla použita metoda teplotního programu EUSAAR 2 s úpravou termicko-optické transmitance (TOT) (Cavalli et al., 2010). Výsledkem této analýzy je devět teplotně rozdělených frakcí uhlíků, a to konkrétně čtyři frakce organického uhlíku (OC1-4), čtyři elementárního uhlíku (EC1-4) a jedna frakce pyrolytického organického uhlíku (PyC). Celková koncentrace OC je provozně definována jako OC1 (200 °C) + OC2 (300 °C) + OC3 (450 °C) + OC4 (650 °C) + PyC (500 - 650 °C), celková koncentrace EC pak jako EC1 (500 °C) + EC2 (550 °C) + EC3 (700 °C) + EC4 (850 °C) - PyC a celková koncentrace uhlíku (TC) je součtem OC a EC (Monteiro dos Santos et al., 2016). V první fázi analýzy, je OC odpařován ze vzorku, a to pouze za přítomnosti heliové atmosféry, v druhé fázi dochází k mírnému ochlazení analyzátoru (na 500 °C) a heliová atmosféra je bývá nahrazena směsí 98% He a 2% kyslíku. V této fázi je stanovován právě EC až do maximální teploty 850 °C (Sunset Laboratory, 2005). Organická hmota (OM- organic matter)

zahrnuje hmotnost organického uhlíku, vodíku a dalších heteroatomů vyskytujících se v organických sloučeninách a je definována jako $OM = OC \cdot f_{OM}$, kde f_{OM} představuje konverzní faktor, který se liší v závislosti na stáří aerosolů a sezonních podmínkách (Turpin a Lim, 2001). Pro přepočet OC na organickou hmotu (OM) byla výsledná koncentrace OC vynásobená hodnotou faktoru 1,4, který bývá nejčastěji používán jak pro městské, tak i venkovské oblasti (Malm et al., 2004; Putaud et al., 2004; Sillanpää et al., 2005). Nicméně, použitím této jednotné hodnoty konverzního faktoru, je pravděpodobné, že se pro OM zavádí určitá nejistota, protože tento faktor se liší nejen pro různé lokality, ale zároveň i podle sezóny. Před každou analýzou byla nejdříve provedena kontrola kvality (standardizace) přístroje pomocí roztoku sacharózy o známé koncentraci OC (4,21 µg/µl). Po aplikaci 10 µl sacharózy byla průměrná odezva přístroje na OC $41,26 \pm 0,58 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Organické sloučeniny ve vzorcích imisí PM₁₀, byly analyzovány pomocí TD-GC/MS. Část filtru (výsek $2 \times 1,5 \text{ cm}^2$) byla vložena do skleněné trubice, přidán byl interní standard (1,3,5-tri-tert.-butylbenzen) a vzorek byl desorbován v teplotním rozsahu 50 až 300 °C s rychlostí růstu teploty 60 °C/min., po desorpci byly uvolněné organické sloučeniny koncentrovány při -10 °C v CIS inletu, následně byly analyzovány prostřednictvím GC/MS. Analýza organických sloučenin probíhala na nepolární koloně HP5 ms (60 m × 250 µm × 0,25 µm) v následujícím teplotním programu: 40 °C (4 min.) až 310 °C (13 min.), rychlost růstu teploty 6 °C/min. Sloučeniny byly detekovány hmotnostně spektrometrickým detektorem pro m/z 50 až 650 amu. Identifikace a kvantifikace organických sloučenin byla provedena pomocí standardů. Analýza hopanoidních a isoprenoidních uhlovodíků a steranů proběhla v SIM módu pro vybrané m/z (217, 218, 191, 71). Koncentrační rozsahy vybraných organických sloučenin-markerů, které se vyskytují v PM₁₀ na měřených stanovištích odpovídají hodnotám uváděných v publikacích (Rushdi et al., 2017; Iakovides et al., 2021; Javed et al., 2019).

Tabulka 1 Stanoviště pro odběr vzorků imisí PM₁₀ včetně GPS souřadnic

Stanoviště	GPS
Bolatice, Areál koupaliště	49.9575731N, 18.0785719E
Bolatice, Areál TS	49.9541419N, 18.0871869E
Bolatice, Areál ZŠ	49.9525539N, 18.0885211E
Bystřice, Areál ČOV	49.6303333N, 18.7149167E
Bystřice, Paseky	49.6265000N, 18.7600833E
Bystřice, Areál ZŠ	49.6397222N, 18.7218056E
Český Těšín, MŠ Moskevská	49.7468711N, 18.6277908E
Český Těšín, Na dělnicích	49.7581781N, 18.5994231E
Český Těšín, Pod Zelenou	49.7346486N, 18.6027311E
Český Těšín, Sportovní hala	49.7433503N, 18.6194150E
Chotěbuz, 218	49.7800750N, 18.6009139E
Chotěbuz, Obecní úřad (OÚ)	49.7655569N, 18.5948369E
Chotěbuz, U hřbitova	49.7662011N, 18.5786000E
Karviná Areál bazénu při ZŠ	49.8683531N, 18.5504919E
Karviná-Louky Areál mateřské školy	49.7980039N, 18.5861000E
Karviná-Ráj Areál mateřské školy	49.8435281N, 18.5658331E
Karviná-Ráj Areál pohřební služby	49.8535069N, 18.5732350E
Petrovice u Karviné, Areál ČOV	49.8869444N, 18.5453056E
Petrovice u Karviné, Areál TS	49.8955833N, 18.5473611E
Petrovice u Karviné, Polská škola	49.8986667N, 18.4879444E
Ropice 138	49.6929167N, 18.6119167E
Ropice 208	49.3789556N, 17.3563528E
Ropice 295	49.7024167N, 18.6235556E
Vendryně DPS	49.6313500N, 18.7010081E
Vendryně MŠ	49.6577781N, 18.7003061E
Vendryně, Technické služby	49.6668611N, 18.7146111E

3 VYHODNOCENÍ ORGANICKÉHO A ELEMENTÁRNÍHO UHLÍKU

Uhlíkaté částice tvoří významnou složku prachových částic. Nejčastěji se nacházejí ve formě organického (OC) a elementárního uhlíku (EC) (*Mishra a Kulshrestha, 2021*). V evropských městských oblastech představuje příspěvek organického uhlíku (OC) a elementárního uhlíku (EC) ve frakci PM₁₀ 25 až 40 %, přičemž v PM_{2.5} je obsah o něco vyšší, mezi 30 až 50 % (*Grivas et al., 2012*). V městských oblastech pochází OC a EC z mnoha zdrojů, a to jak místních, tak regionálních. Mohou být přenášeny na velké vzdálenosti, až do vzdálenosti tisíců kilometrů od svého zdroje. Původ uhlíkatých částic je spjatý s nedokonalým spalováním fosilních paliv a biomasy. Pokud byla pro kvantitativní stanovení koncentrace uhlíku použita optická metoda, hovoříme o BC (black carbon), zatímco EC je spojen s termo-optickou metodou (*Chow et al., 2010*). Elementární uhlík vzniká při nedokonalém spalování uhlí, nafty, bionafty, benzínu, dřeva a další biomasy (*Schwarz et al., 2008*). Organický uhlík představuje směs různých organických sloučenin, z nichž některé mohou být mutagenní a/nebo karcinogenní, například polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany (PCDD/F) (*Feng et al., 2009*). Organický uhlík může pocházet z primárních i sekundárních zdrojů, zatímco EC je výhradně primárního původu. Primární OC je produktem nedokonalého spalování antropogenních nebo biogenních zdrojů, zatímco sekundární organický uhlík (SOC) vzniká oxidací těkavých organických sloučenin přítomných v ovzduší v důsledku fotochemických reakcí (*Gatari et al., 2003*). Odhaduje se, že 20-80 % organické hmoty (OM) pochází z primárních spalovacích procesů, zatímco zbývající část je výsledkem chemických reakcí v ovzduší a představuje sekundární organické aerosoly (*Carlton et al., 2009*). V městském prostředí je hodnota OM obvykle 1.4 až 1.8krát vyšší než naměřené koncentrace OC, zatímco ve venkovských oblastech je hodnota OM až 2.2krát vyšší než hodnota OC (*Turpin a Lim, 2001*).

Vhodným indikátorem pro stanovení potenciálního zdroje emisí lze považovat poměr mezi OC a EC. Některé studie ukázaly, že pokud se poměr OC/EC nachází blízko 1,0, lze za hlavní zdroj emisí považovat dieselové a benzinová vozidla. Poměr OC/EC v rozmezí 2,5 až 10,5 naznačuje spalování uhlí, 3,8 až 13,2 naznačuje spalování biomasy a 32,9 až 81,6 naznačuje emise z vaření v restauracích. Obecně ale poměr OC/EC větší než 2 naznačuje vysoký podíl SOC (*Qi et al., 2018*). Poměr OC/EC se však může lišit i v závislosti na primárních zdrojích emisí. V posledních letech se proto pro rozlišení zdrojů a odhadu příspěvku uhlíku v prachových částicích využívají opticky a termicky odvozené frakce OC (jako např. OC1, OC2, OC3 a OC4) a frakce EC (jako např. EC1, EC2, EC3, EC4) při různých teplotách v závislosti na zvoleném teplotním programu. (*Yan et al., 2019*). Při podrobnějším studiu jednotlivých frakcí OC stanovených pomocí termo-optických metod se ukazuje, že první frakce OC1 je spojená nejen s velmi těkavými organickými látkami, ale rovněž v důsledku vysoké korelace s EC poukazuje na místní zdroje. Zatímco frakce OC3 a OC4 (středně těkavé až málo těkavé organické látky), které jsou stanovovány při teplotách nad 450 °C, odkazují spíše na regionální zdroje (*Monteiro dos Santos et al., 2016*). Výzkum naznačuje, že emise těkavých nízkomolekulárních organických látek (např. OC1) jsou ve vysoké míře spojeny se spalováním kapalných fosilních paliv (jako je např. benzín, nafta atd.). Ukázalo se, že frakce OC1 je dominantní složkou výfukových plynů vozidel se vznětovými motory testovaných ve studii *Yan et al. (2019)*, přičemž OC1 tvoří 20-61 % celkových uhlíkatých složek, následované frakcemi EC2 a EC1. Při spalování pevných fosilních paliv se uvolňuje relativně větší množství frakcí PyrC než při spalování kapalných paliv. Je třeba poznamenat, že frakce EC3 a relativně větší podíl málo těkavé frakce OC4 jsou v porovnání s ostatními emisemi z fosilních zdrojů více patrné v emisích z elektráren a průmyslu. Při spalování uhlí v kamnech a kotlích se vyskytují relativně větší emise frakce EC1 ve srovnání s jinými spalovacími zdroji (*Yan et al., 2019*).

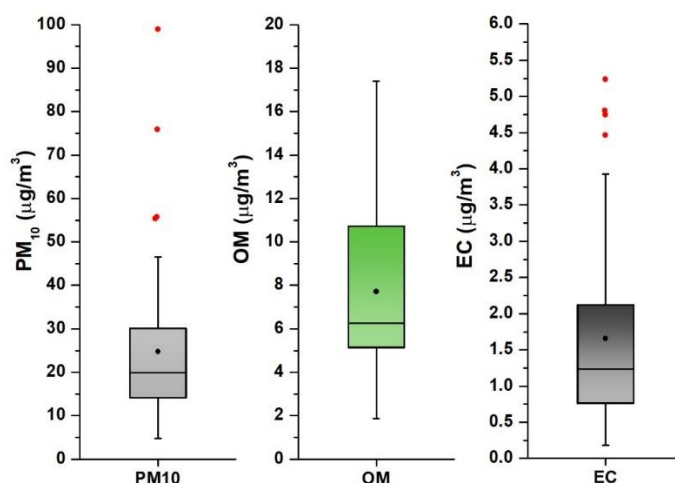
3.1 Geochemické pozadí a anomálie

Výsledky ukazují, že koncentrace PM_{10} se mění v závislosti na dni, kdy byly částice odebírány. Průměrná koncentrace PM_{10} pro oblast příhraničí činí $24,74 \pm 16,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=64$), což odpovídá hodnotě geochemického pozadí. V potaz byly brány pouze relevantní měření na jednotlivých lokalitách, chybné navážky PM_{10} nebyly do hodnocení v rámci OM a EC započítány. Hodnota geochemické anomálie, definovaná jako průměrná hodnota plus dvojnásobek směrodatné odchylky, činí $56,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na dvou lokalitách byly zaznamenány koncentrace PM_{10} přesahující tuto anomálii. První z nich je lokalita Bolatice, areál technických služeb, kde byla naměřena koncentrace $98,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v období 15.2.-16.2.2023, což zároveň představuje nejvyšší zaznamenanou hodnotu, viz **tab. 2**. Druhá nejvyšší hodnota $76,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byla zjištěna pro Karviná, areál bazénu (14.2.-15.2.2023). Nejnižší koncentrace PM_{10} $4,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byla zjištěna na stanovišti Bystřice, paseky (26.3.-27.3.2023).

Průměrná koncentrace organické hmoty (OM) pro příhraniční oblast byla stanovena na $7,71 \pm 3,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=64$), hodnota geochemické anomálie pro OM činí $15,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na lokalitě Bolatice, areál technických služeb, byly zaznamenány tři případy s koncentracemi OM vyšší než geochemická anomálie: 10.-11.2.2023, 15.-16.2.2023 a 23.-24.2.2023. Čtvrtý případ byl zaznamenán na lokalitě Český Těšín, základní škola, v období 6.-17.11.2022. Nejvyšší hodnota OM, $17,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, byla zaznamenána na lokalitě Bolatice, areál technických služeb, a nejnižší hodnota $1,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanovišti Bystřice, paseky, v období 26.-27.3.2023, viz **tab. 2**.

Průměrná koncentrace EC pro příhraniční oblast činí $1,65 \pm 1,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=64$) a hodnota geochemické anomálie $4,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vyšší hodnoty EC než geochemická anomálie byly zaznamenány na třech lokalitách: Český Těšín, základní škola, s hodnotou $5,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6.-7.11.2022), Bolatice, areál technických služeb (10.2.-11.2.2023) a dvakrát na stanovišti Chotěbuz 218 (30.-31.12.2022 a 8.-9.1.2023). Nejnižší koncentrace EC $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, byla naměřena na dvou stanovištích ve dnech 26.3.-27.3.2023: Bystřice, paseky a Bystřice, areál ČOV.

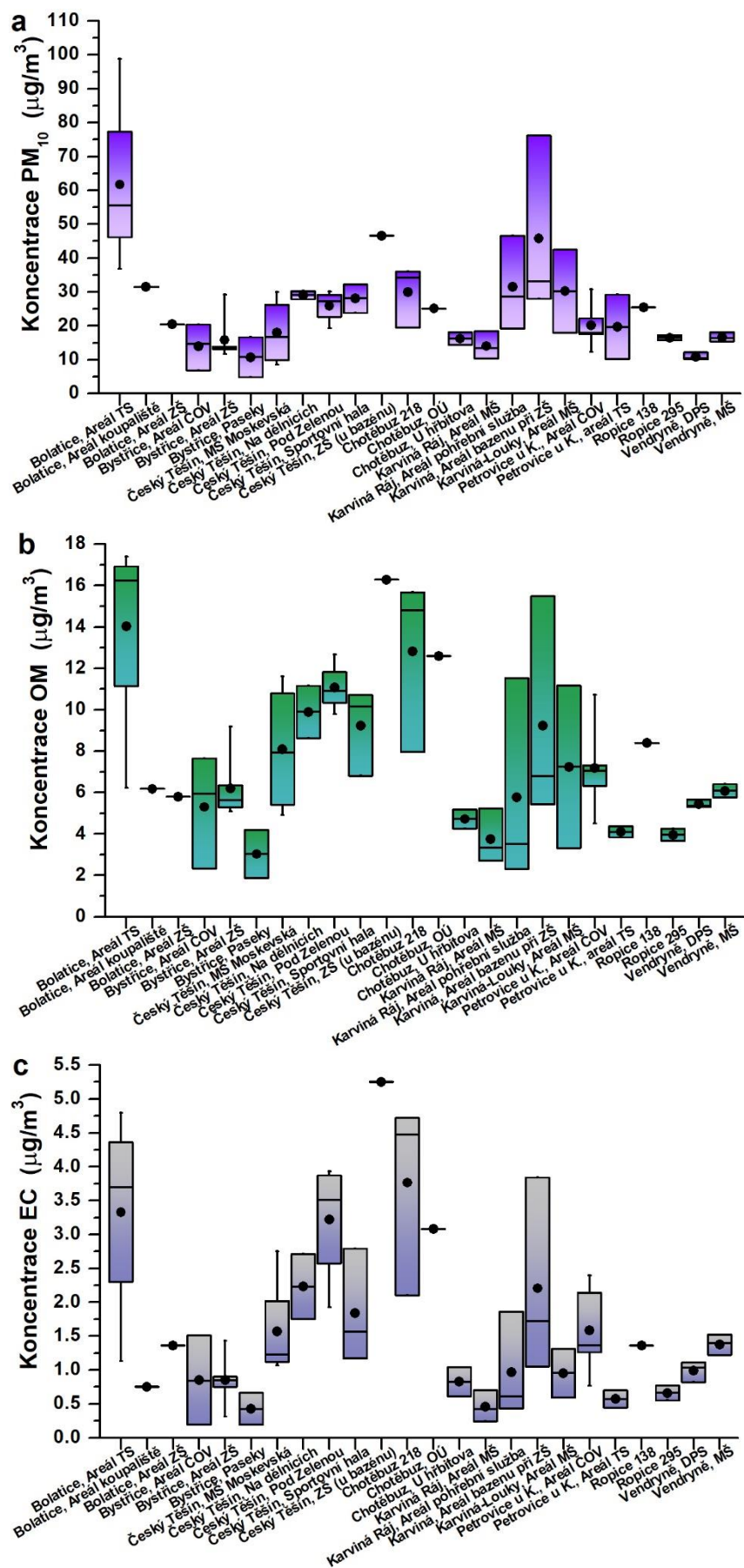
Výsledky měření koncentrací PM_{10} , OM a EC v příhraniční oblasti ukazují významnou variabilitu v závislosti na dni odběru a ročním období. Rozložení koncentrací PM_{10} , OM a EC pro oblast příhraničí jsou uvedeny na **obr. 1** a výsledky jednotlivých analýz v **tab. 2**. Rozložení koncentrace PM_{10} , OM a EC pro jednotlivé stanoviště je zobrazeno na **obr. 2**. Dále bylo zjištěno, že v rámci sledovaných příhraničních měst vykazovaly koncentrace PM_{10} vysokou korelační závislost s koncentracemi OM $r=0,77$ ($\alpha=0,05$), stejně jako s koncentracemi EC $r=0,66$ ($\alpha=0,05$). Toto naznačuje existenci společných zdrojů emisí. Kromě toho byla mezi koncentracemi OM a EC prokázána statisticky významná korelační závislost s koeficientem $r=0,92$ ($\alpha=0,05$).



Obrázek 1 Sumární rozložení koncentrace PM₁₀, OM a EC pro příhraniční oblast (n=64).

Tabulka 2 Jednotlivé výsledky koncentrace PM₁₀, OM a EC (µg/m³) a procentuální podíl OM a EC v PM₁₀.

Stanoviště	Termín odběru	PM ₁₀	OM	EC	OM v PM ₁₀	EC v PM ₁₀
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(%)	(%)
Bolatice, Areál TS	31.1.-1.2.2023	36,87	6,22	1,13	16,88	3,06
Bolatice, Areál TS	15.2.-16.2.2023	98,88	16,06	3,47	16,25	3,51
Bolatice, Areál TS	10.2.-11.2.2023	55,65	17,39	4,80	31,26	8,63
Bolatice, Areál TS	23.2.-24.2.2023	55,43	16,43	3,92	29,65	7,08
Bolatice, Areál koupaliště	31.1.-1.2.2023	31,43	6,17	0,75	19,64	2,40
Bolatice, Areál ZŠ	17.11.-18.11.2022	20,43	5,80	1,36	28,41	6,67
Bystřice, Areál ČOV	15.3.-16.3.2023	20,33	5,92	0,84	29,11	4,13
Bystřice, Areál ČOV	26.3.-27.3.2023	6,80	2,33	0,19	34,25	2,73
Bystřice, Areál ČOV	4.4.-5.4.2023	14,62	7,64	1,51	52,23	10,30
Bystřice, Areál ZŠ	22.6.-25.6.2022	13,09	5,27	0,90	40,26	6,91
Bystřice, Areál ZŠ	5.7.-8.7.2022	13,84	5,89	0,88	42,59	6,39
Bystřice, Areál ZŠ	12.7.-25.7.2022	13,46	5,35	0,31	39,77	2,27
Bystřice, Areál ZŠ	22.7.-25.7.2022	13,50	6,34	0,75	46,94	5,54
Bystřice, Areál ZŠ	9.8.-11.8.2022	11,74	5,09	0,81	43,38	6,88
Bystřice, Areál ZŠ	16.3.-17.3.2023	29,18	9,18	1,43	31,46	4,89
Bystřice, Paseky	17.3.-18.3.2023	16,63	4,19	0,66	25,19	3,97
Bystřice, Paseky	26.3.-27.3.2023	4,81	1,86	0,19	38,67	3,94
Český Těšín, MŠ Moskevská	8.9.-10.9.2022	11,06	5,90	1,17	53,34	10,56
Český Těšín, MŠ Moskevská	20.9.-22.9.2022	8,60	4,92	1,07	57,20	12,45
Český Těšín, MŠ Moskevská	26.10.-27.10.2022	22,38	11,62	2,75	51,91	12,29
Český Těšín, MŠ Moskevská	3.11.-4.11.2022	30,03	9,93	1,28	33,06	4,26
Český Těšín, Na dělnicích	20.10.-21.10.2022	30,27	11,15	2,71	36,84	8,95
Český Těšín, Na dělnicích	28.10.-29.10.2022	27,82	8,62	1,75	30,98	6,29
Český Těšín, Pod Zelenou	23.9.-25.9.2022	26,06	10,87	3,93	41,70	15,07
Český Těšín, Pod Zelenou	2.10.-4.10.2022	19,26	9,80	3,21	50,87	16,66
Český Těšín, Pod Zelenou	18.10.-19.10.2022	30,11	10,95	1,93	36,35	6,41
Český Těšín, Pod Zelenou	27.10.-28.10.2022	28,22	12,68	3,81	44,92	13,49
Český Těšín, Sportovní hala	18.10.-19.10.2022	28,15	10,14	2,79	36,01	9,90
Český Těšín, Sportovní hala	5.11.-6.11.2022	23,74	6,80	1,17	28,66	4,94
Český Těšín, Sportovní hala	28.10.-29.10.2022	32,25	10,71	1,56	33,22	4,84
Český Těšín, ZŠ (u bazénu)	6.11.-7.11.2022	46,55	16,28	5,25	34,97	11,29
Chotěbuz 218	30.12.-31.12.2022	36,02	14,79	4,47	41,08	12,41
Chotěbuz 218	8.1.-9.1.2023	34,19	15,67	4,72	45,82	13,80
Chotěbuz 218	17.1.-18.1.2023	19,45	7,95	2,10	40,87	10,82
Chotěbuz, Obecní úřad	17.11.-18.11.2022	25,08	12,59	3,08	50,21	12,27
Chotěbuz, U hřbitova	17.1.-18.1.2023	18,06	5,18	1,04	28,69	5,78
Chotěbuz, U hřbitova	6.1.-7.1.2023	14,36	4,25	0,61	29,60	4,26
Karviná Ráj, areál MŠ	16.2.-17.2.2023	18,38	5,22	0,70	28,41	3,83
Karviná Ráj, areál MŠ	26.3.-27.3.2023	13,36	3,33	0,42	24,92	3,12
Karviná Ráj, areál MŠ	15.3.-16.3.2023	10,31	2,70	0,24	26,18	2,33
Karviná Ráj, Areál pohřební služba	14.2.-15.2.2023	46,56	11,52	1,86	24,74	3,99
Karviná Ráj, Areál pohřební služba	21.2.-22.2.2023	28,66	3,50	0,61	12,20	2,14
Karviná Ráj, Areál pohřební služba	25.2.-26.2.2023	19,15	2,30	0,43	12,01	2,25
Karviná, Areál bazénu při ZŠ	14.2.-15.2.2023	76,15	15,48	3,84	20,32	5,04
Karviná, Areál bazénu při ZŠ	24.2.-25.2.2023	33,10	6,79	1,72	20,51	5,18
Karviná, Areál bazénu při ZŠ	6.3.-7.3.2023	27,96	5,43	1,05	19,44	3,75
Karviná-Louky, Areál mateřské školy	21.2.-22.2.2023	42,44	11,16	1,31	26,29	3,09
Karviná-Louky, Areál mateřské školy	25.2.-26.2.2023	17,94	3,31	0,59	18,44	3,31
Petrovice u Karviné, areál ČOV	22.6.-25.6.2022	17,59	6,32	2,14	35,95	12,17
Petrovice u Karviné, areál ČOV	5.7.-8.7.2022	17,84	7,31	2,40	40,95	13,48
Petrovice u Karviné, areál ČOV	12.7.-13.7.2022	22,19	10,72	1,26	48,32	5,67
Petrovice u Karviné, areál ČOV	3.8.-5.8.2022	30,85	7,04	1,36	22,83	4,41
Petrovice u Karviné, areál ČOV	25.4.-26.4.2023	12,26	4,52	0,77	36,84	6,30
Petrovice u Karviné, areál TS	26.3.-27.3.2023	10,13	3,83	0,44	37,76	4,32
Petrovice u Karviné, areál TS	5.4.-6.4.2023	29,20	4,37	0,70	14,98	2,40
Ropice 138	19.12.-20.12.2022	25,44	8,39	1,36	32,97	5,35
Ropice 295	6.1.-7.1.2023	15,72	3,66	0,55	23,25	3,53
Ropice 295	17.1.-18.1.2023	17,21	4,25	0,77	24,69	4,47
Vendryně, DPS	8.9.-10.9.2022	12,15	5,36	1,11	44,12	9,09
Vendryně, DPS	20.9.-22.9.2022	10,13	5,29	1,03	52,22	10,13
Vendryně, DPS	4.10.-6.10.2022	10,38	5,66	0,82	54,50	7,85
Vendryně, MŠ	8.9.-10.9.2022	18,10	6,09	1,39	33,66	7,66
Vendryně, MŠ	20.9.-22.9.2022	15,34	5,75	1,52	37,51	9,91
Vendryně, MŠ	4.10.-6.10.2022	16,38	6,40	1,22	39,06	7,44
Průměr (geochemické pozadí)		24,74	7,71	1,65	34,14	6,85
Směrodatná odchylka		16,02	3,99	1,27	11,27	3,74
Geochemická anomálie		56,79	15,68	4,20	56,68	14,33
Minimum		4,81	1,86	0,19	12,01	2,14
Median		19,89	6,27	1,24	33,96	5,73
Maximum		98,88	17,39	5,25	57,20	16,66



Obrázek 2 Rozložení koncentrace (a) PM_{10} , (b) OM a (c) EC pro jednotlivé lokality.

Rozložení koncentrace PM₁₀, OM a EC pro jednotlivé stanoviště je zobrazeno na **obr. 2**.

Tabulka 3 Průměrné koncentrace PM₁₀, OM a EC (µg/m³) a procentuální podíl OM a EC v PM₁₀ pro jednotlivé lokality.

Stanoviště	Počet vzorků	PM ₁₀		OM		EC		OC v PM ₁₀		EC v PM ₁₀	
		(µg/m³)						(%)			
		AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
<i>Bolatice, Areál TS</i>	4	61,71	26,30	14,03	5,23	3,33	1,57	23,51	8,05	5,57	2,72
<i>Bolatice, Areál koupaliště</i>	1	31,43		6,17		0,75		19,64		2,40	
<i>Bolatice, Areál ZŠ</i>	1	20,43		5,80		1,36		28,41		6,67	
<i>Bystřice, Areál ČOV</i>	3	13,92	6,80	5,30	2,71	0,84	0,66	38,53	12,14	5,72	4,03
<i>Bystřice, Areál ZŠ</i>	6	15,80	6,60	6,19	1,54	0,85	0,36	40,73	5,22	5,48	1,76
<i>Bystřice, Paseky</i>	2	10,72	8,36	3,02	1,65	0,42	0,33	31,93	9,53	3,95	0,02
<i>Český Těšín, MŠ Moskevská</i>	4	18,02	10,86	8,09	3,49	1,57	0,92	48,88	12,69	9,89	4,68
<i>Český Těšín, Na dělnicích</i>	2	29,05	1,73	9,88	1,79	2,23	0,68	33,91	4,14	7,62	1,88
<i>Český Těšín, Pod Zelenou</i>	4	25,91	5,80	11,07	1,45	3,22	0,96	43,46	7,30	12,91	5,25
<i>Český Těšín, Sportovní hala</i>	3	28,05	4,25	9,22	2,11	1,84	0,84	32,63	3,71	6,56	2,90
<i>Český Těšín, ZŠ (u bazénu)</i>	1	46,55		16,28	0,00	5,25		34,97		11,29	
<i>Chotěbuz 218</i>	3	29,88	9,08	12,80	4,23	3,76	1,44	42,59	2,80	12,35	1,49
<i>Chotěbuz, OÚ</i>	1	25,08		12,59		3,08		50,21		12,27	
<i>Chotěbuz, U hřbitova</i>	2	16,21	2,62	4,72	0,66	0,83	0,31	29,14	0,64	5,02	1,07
<i>Karviná Ráj, Areál MŠ</i>	3	14,02	4,07	3,75	1,31	0,45	0,23	26,50	1,77	3,09	0,75
<i>Karviná Ráj, Areál pohřební služba</i>	3	31,46	13,92	5,77	5,01	0,97	0,78	16,31	7,29	2,79	1,04
<i>Karviná, Areál bazénu při ZŠ</i>	3	45,73	26,46	9,23	5,45	2,20	1,46	20,09	0,57	4,66	0,79
<i>Karviná-Louky, Areál MŠ</i>	2	30,19	17,33	7,23	5,55	0,95	0,51	22,36	5,55	3,20	0,15
<i>Petrovice u K., Areál ČOV</i>	5	20,14	6,94	7,18	2,26	1,59	0,67	36,98	9,30	8,41	4,12
<i>Petrovice u K., Areál TS</i>	2	19,66	13,48	4,10	0,39	0,57	0,19	26,37	16,10	3,36	1,36
<i>Ropice 138</i>	1	25,44		8,39		1,36		32,97		5,35	
<i>Ropice 295</i>	2	16,47	1,05	3,95	0,42	0,66	0,15	23,97	1,02	4,00	0,67
<i>Vendryně, DPS</i>	3	10,89	1,10	5,44	0,19	0,98	0,15	50,28	5,45	9,02	1,14
<i>Vendryně, MŠ</i>	3	16,61	1,39	6,08	0,32	1,38	0,15	36,74	2,78	8,34	1,37

Tabulka 4 Koncentrace OC, EC a OM (µg/m³) pro různé oblasti Evropy.

Země	Lokalita	Období	OC	EC	Ref.
<i>Německo</i>	<i>Melpitz</i>	Průměr 2020	2,98 ± 1,61	0,33 ± 0,24	^A
<i>Španělsko</i>	<i>Montseny</i>	Průměr 2020	1,58 ± 0,76	0,10 ± 0,07	
<i>Nizozemí</i>	<i>Cabauw Wielsekade</i>	Průměr 2020	2,11 ± 1,31	0,36 ± 0,21	
<i>Norsko</i>	<i>Birkenes</i>	Průměr 2020	0,82 ± 0,88	0,08 ± 0,07	
<i>Norsko</i>	<i>Kårvatn</i>	Průměr 2020	0,68 ± 0,76	0,03 ± 0,06	
<i>Norsko</i>	<i>Hurdal</i>	Průměr 2020	0,95 ± 0,73	0,08 ± 0,06	
<i>Švýcarsko</i>	<i>Norunda Stenen</i>	Průměr 2020	0,71 ± 0,68	0,06 ± 0,05	
<i>Polsko</i>	<i>Krynica</i>	Průměr 2018	6,51 ± 4,69	0,94 ± 0,74	^B
<i>Polsko</i>	<i>Rokitno</i>	Průměr 2019	7,89 ± 5,96	1,28 ± 0,82	
<i>Polsko</i>	<i>Skawina</i>	Průměr 2020	12,09 ± 10,50	2,43 ± 1,51	
<i>Polsko</i>	<i>Zabrze</i>	Průměr 12/2017-3/2018 a 5-9/2019	15,57 ± 17,76	2,62 ± 1,96	
<i>Polsko</i>	<i>Trzebinia</i>	Průměr 2-3/2013 a 5-7/2019	8,60 ± 6,73	2,21 ± 2,90	
<i>Česká republika</i>	<i>Ostrava-Radvanice</i>	6.2.-6.3.2014	14,6 ± 13,6	3,3 ± 3,6	^C
<i>Česká republika</i>	<i>Ostrava-Plesná</i>	6.2.-6.3.2014	10,7 ± 6,9	2,5 ± 1,6	

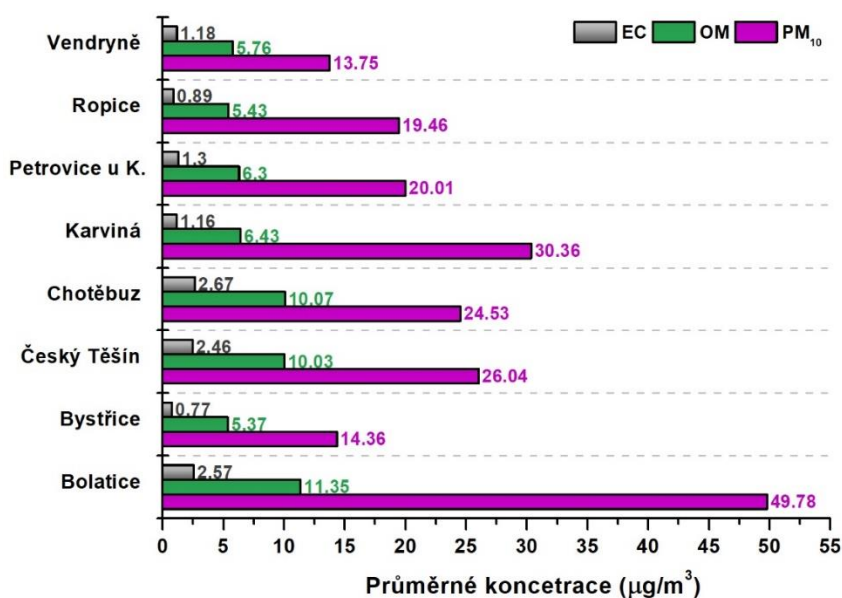
Reference: ^A- Hjellbrekke (2020); ^B- Błaszczyk a Mathews (2020); ^C- Kozáková et al., 2019.

Z výsledků uvedených v **tab. 3** je patrné, že nejvyšší průměrné koncentrace organické hmoty byly zaznamenány na dvou odběrných místech. Prvním je lokalita Český Těšín, ZŠ u bazénu s hodnotou 16,28 µg/m³ (n=1). Druhou je areál technických služeb v Bolaticích s průměrnou hodnotou 14,03 ± 5,23 µg/m³ (n=4). Průměrná koncentrace OM pro celý soubor vzorků, což představuje

geochemické pozadí, činí $7,71 \pm 3,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na 10 lokalitách byla průměrná koncentrace OM vyšší než hodnota geochemického pozadí. V Českém Těšíně došlo k překročení na všech 5 zkoumaných odběrných místech, dále na 2 lokalitách v Chotěbuzi (218 a obecní úřad) a na stanovišti Karviná, areál bazénu při ZŠ; Ropice, 138 a již výše zmíněná lokalita Bolatice, areál technických služeb. Zbývajících 14 lokalit uvedených v tabulce 3 mělo nižší koncentrace OM než hodnota geochemického pozadí. Nejnižší průměrné koncentrace OM byly zjištěny na lokalitě Bystřice, paseky, a to s hodnotou $3,02 \pm 1,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Výsledky analýzy koncentrace organické hmoty v PM_{10} naznačují, že největší zatížení organickou hmotou je patrné v oblasti Českého Těšína.

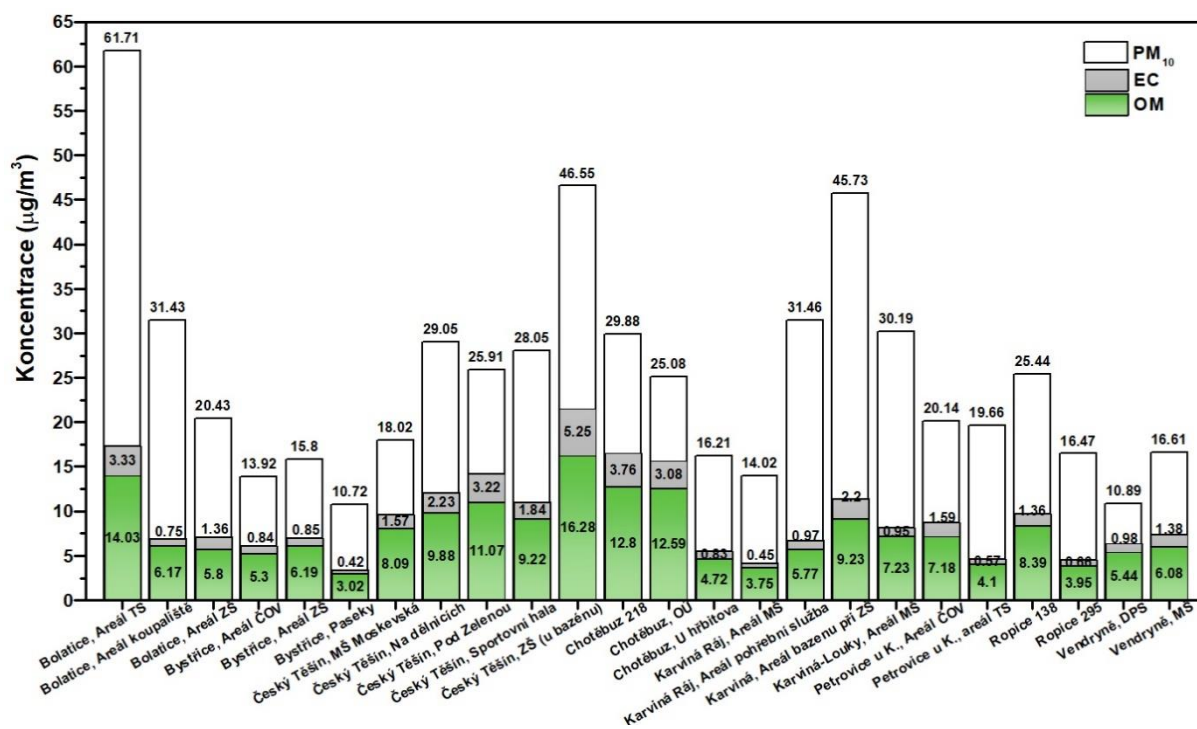
Z hlediska průměrných koncentrací EC je evidentní, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny na lokalitě Český Těšín, ZŠ u bazénu, kde dosáhly hodnoty $5,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Druhou nejvyšší průměrnou koncentrací EC je pak $3,76 \pm 1,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, která byla zaznamenána na stanovišti Chotěbuz 218. Naopak nejnižší průměrné koncentrace byly zjištěny na lokalitě Bystřice, paseky s hodnotou $0,42 \pm 0,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Průměrná koncentrace EC pro celý soubor vzorků, což představuje hodnotu geochemického pozadí, činí $1,65 \pm 1,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Koncentrace EC přesahující toto geochemické pozadí byly zaznamenány na 8 z 25 sledovaných lokalit. Z toho počtu se 4 nacházely v Českém Těšíně (Na dělnicích, Pod Zelenou, Sportovní hala, ZŠ u bazénu), 2 v Chotěbuzi (218 a obecní úřad) a dále v Karvině v areálu bazénu při ZŠ a v neposlední řadě v Bolaticích v areálu technických služeb.

Z výsledků koncentrací OM a EC vyplývá, že hodnoty naměřené v příhraniční oblasti jsou srovnatelné s hodnotami zaznamenanými v polských lokalitách, stejně jako v lokalitách Ostrava Radvanice a Plesná. Nicméně tyto hodnoty jsou výrazně vyšší než hodnoty naměřené v jiných oblastech Evropy, což lze vidět v **tab. 4. Obr. 3** uvádí průměrné koncentrace OM, EC a PM_{10} pro jednotlivá sledovaná města. Z výsledků je patrné, že vyšší hodnoty PM_{10} byly zaznamenány v Bolaticích, Karvině a Českém Těšíně. Naopak, nejmenší zatížení částicemi PM_{10} bylo zjištěno v oblastech Vendryně a Bystřice. V rámci příhraniční oblasti byly zjištěny koncentrace OM vyšší než $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v obcích Bolatice, Český Těšín a Chotěbuz. V ostatních městech se průměrné koncentrace OM pohybovaly v rozmezí od 5,37 do $6,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Z hlediska průměrných koncentrací EC pro jednotlivá města je patrný paralelní trend s koncentracemi organických látek. Nejvyšší průměrné hodnoty EC byly zaznamenány ve stejných lokalitách jako u OM, konkrétně v Bolaticích, Českém Těšíně a Chotěbuzi.



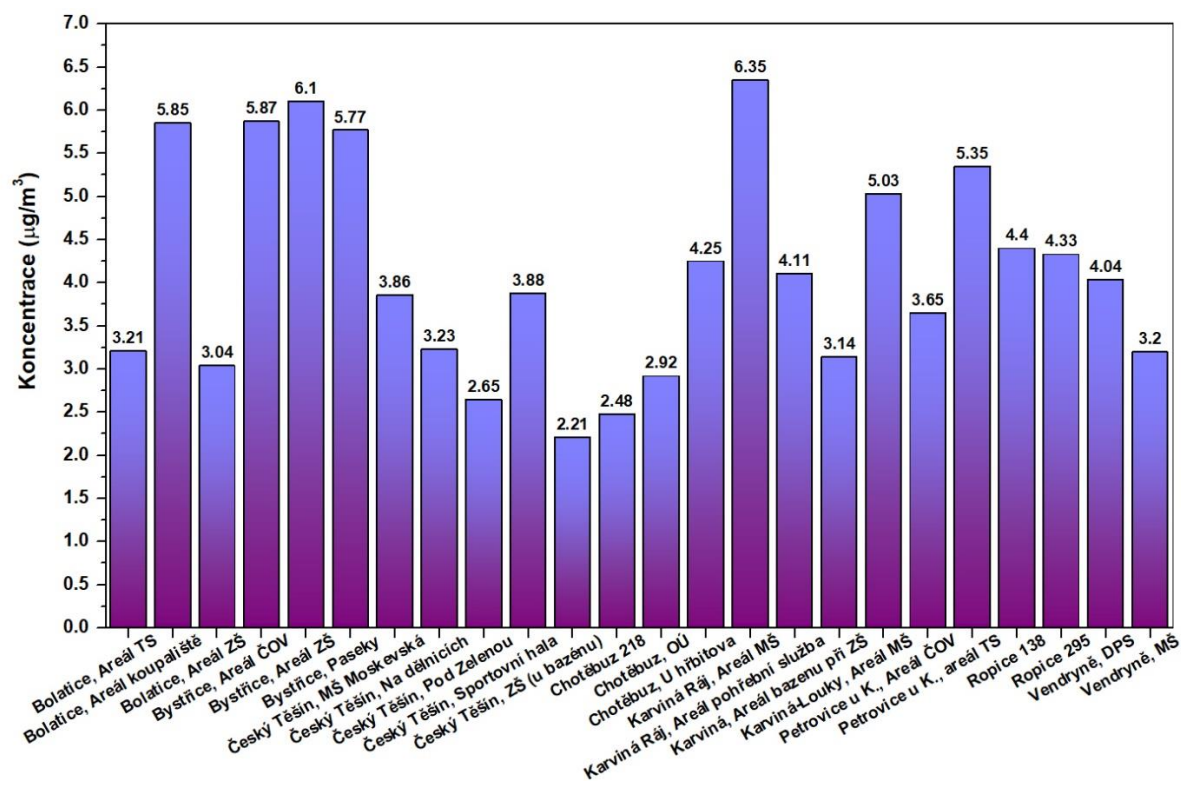
Obrázek 3 Průměrné koncentrace PM_{10} , OM a EC pro zájmové města

Z hlediska procentuálního podílu OM v částicích PM₁₀ (**obr. 4**) je patrné, že průměrné hodnoty pro jednotlivá stanoviště vykazují rozmezí od 16,3 ± 7,29 % (Karviná Ráj, areál pohřební služby, n=3) do 50,3 ± 5,45 % (Vendryně, DPS, n=3). Průměrný podíl OM v PM₁₀ pro příhraniční oblast dosahuje hodnoty 34,1 ± 11,3 %, což je v souladu s hodnotami pro evropské prostředí. Totéž platí pro průměrný podíl EC v PM₁₀, který pro příhraniční oblast dosahuje hodnoty 6,85 ± 3,74 % a je rovněž v souladu s hodnotami pro evropské prostředí. V rámci měřených lokalit se průměrný podíl EC v PM₁₀ pohyboval od 2,40 % (Bolatice, areál koupaliště, n=1) do 12,91 ± 5,25 % v Českém Těšíně na ulici Pod Zelenou (n=4).

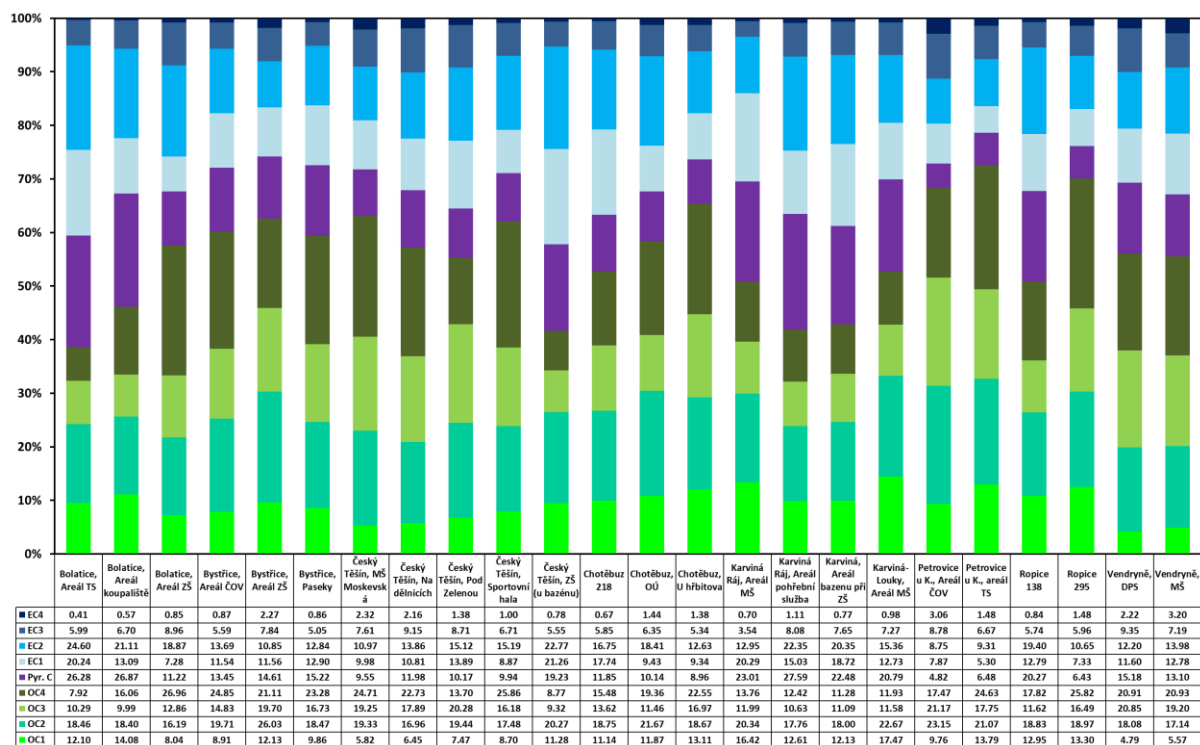


Obrázek 4 Průměrné procentuální zastoupení OC a EC v PM₁₀ na jednotlivých stanovištích.

Průměrný poměr OC/EC (**obr. 5**) pro jednotlivé lokality se pohybuje od 2,21 do 6,39 a průměrná hodnota pro příhraniční oblast činí 4,17. Hodnoty poměru OC/EC odkazují na jasnou převahu organického uhlíku nad EC, ale nelze na jeho základě jednoznačně určit zdroj emisí. Nicméně je patrné, že hodnoty vyšší než 2 naznačují vysoký podíl sekundárního organického uhlíku na všech lokalitách. Z tohoto důvodu byly pro identifikaci potenciálního zdroje emisí zkoumány teplotní frakce OC a EC, viz **obr. 6**. Tyto analýzy ukázaly, že v celkovém obsahu uhlíku dominují především frakce PyrC a EC1. Toto naznačuje spíše spalování pevných fosilních paliv, kdy dochází k většímu uvolňování frakcí PyrC než při spalování kapalných paliv. Vzhledem k tomu, že většina vzorků byla odebírána v zimních měsících, lze pozorovat vyšší podíl emisí způsobených spalováním fosilních paliv ve srovnání s dopravními zdroji. Na dopravní zdroje odkazuje dominantně frakce OC1 a následně pak EC2. Na 3 stanovištích v Karvině (areál bazénu při ZŠ; Ráj, areál pohřební služby; Louky, areál MŠ), 2 lokalitách v Bolaticích (areál technických služeb a areál koupaliště) a dále na lokalitách Český Těšín, ZŠ u bazénu; Chotěbuz, obecní úřad a Ropice 138 byl procentuální podíl sumy frakce OC1 a EC2 v celkovém obsahu uhlíku vyšší než 30 %. Na těchto konkrétních místech lze předpokládat větší vliv emisí z dopravy ve srovnání s ostatními sledovanými lokalitami.



Obrázek 5 Průměrný poměr OC/EC pro jednotlivé stanoviště.



Obrázek 6 Procentuální zastoupení jednotlivých teplotně rozdělených frakcí uhlíků vztažených na TC.

4 ORGANICKÉ SLOUČENINY A GEOCHEMICKÉ MARKERY PRO IDENTIFIKACI PŮVODU ZNEČIŠTĚNÍ

4.1 Rozlišení původu alkanů z dopravy x spalování biomasy x spalování uhlí

Alkany

Alkany mohou pocházet ze spalovacích procesů – spalování biomasy, uhlí, a z dopravy. Původ alkanů v imisích PM₁₀, lze stanovit pomocí carbon preference index (CPI). *Bray a Evans (1961)* definovali výpočet CPI indexu pro emise z dopravy podle rovnice: $CPI1 = \frac{\sum(C_{11}-C_{25})}{(C_{10}-C_{24})}$, kdy na základě hodnot $CPI1 \approx 1$ pocházejí alkany z dopravy. Pro biomasu je definován index CPI2 na základě výpočtu: $CPI2 = \frac{\sum(C_{15}-C_{35})}{(C_{14}-C_{24})}$, hodnoty >5 odpovídají spalování biomasy. Spalování uhlí definuje $CPI3 = \frac{\sum(C_{15}-C_{35})}{(C_{14}-C_{34})}$, hodnoty $CPI3 \approx 1$ indikují alkany ze spalování uhlí.

Poměr hexadekanové/oktadekanové kyseliny

Spalovací procesy produkují ve větší míře karboxylové kyseliny, jako je hexadekanová (C₁₆) a oktadekanová kyselina (C₁₈). Vzájemný poměr C₁₈/C₁₆ umožňuje identifikovat zdroj karboxylových kyselin. Hodnoty poměru C₁₈/C₁₆ v rozsahu 0.25-0.50 indikují původ kyselin z dopravy. Hodnoty poměru C₁₈/C₁₆ nižší než 0.25 indikují původ ze spalování biomasy a hodnoty vyšší než 0.50 indikují původ ze spalování uhlí.

4.2 Rozlišení dopravy x spalování uhlí

Isoprenoidní uhlovodíky

Isoprenoidní uhlovodíky (pristan, fytan) pocházejí z fytolového řetězce fosilního chlorofylu. Poměr Pr/Ph umožňuje rozlišit zdroj těchto uhlovodíků: dopravu od spalování uhlí. Hodnoty poměru Pr/Ph >1 indikují spalování uhlí, Pr/Ph <1 , indikuje dopravu.

Hopanoidní uhlovodíky

Rozlišení původu emisí ze spalování uhlí a dopravy je možné pomocí poměrů hopanoidních uhlovodíků. Hopanoidy jsou součástí ropy, ropných výrobků a uhlí. Běžně jsou identifikovatelné v aerosolech a v PM částicích. Hopanoidy patří mezi molekulární biomarkery pro emise, které pocházejí ze spalování ropných produktů (*Simoneit, 1984*), dopravy a uhlí (*Oros et al., 2000*).

Hopanoidní uhlovodíky (hopany) jsou odvozeny z prekurzorů fosilních buněčných membrán prokaryot (bakteriální zdroj) a sinic (modro-zelené řasy). Hopanoidy vznikají v membránách bakterií cyklizací skvalenových prekurzorů (*Rohmer, 1987*).

Rozlišení fosilních paliv (doprava x emise ze spalování uhlí) je možné na základě poměrů homohopanů C₃₁, konfigurace S a R (22S-17α(H),21β(H)-homohopan, 22R - 17α(H),21β(H)-homohopan) a bishomohopanů C₃₂, (22S-17α(H),21β(H)-homohopan, 22R - 17α(H),21β(H)-homohopan). Hodnoty poměru $C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$ a $C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$ v rozsahu 0,58-0,62 odpovídají původu hopanů z dopravy. Spalování uhlí odpovídají hodnoty poměrů v rozsahu od 0,54 až 0,56 (*Simoneit et al. 2004*).

Sterany

Sterany pocházejí z fosilního biogenního cholesterolu, ergosterolu a sitosterolu, které tvoří esenciální lipidy v eukaryotických membránách (*Peters, 2005*). Mezi hlavní zástupce patří tedy cholestan (C₂₇), ergostan (24-methylcholestan, C₂₈) a stigmastan (24-ethylcholestan, C₂₉). Geochemicky tato skupina nese označení 4-methylsterany, vyskytují se ve velkém počtu stereoisomerů. Původ 4-methylsteranů je odvozen z biomasy některých druhů bakterií (*Brassell et al., 1985*) a z biomasy mořských a sladkovodních obrněnek. Skupina 4-methylsteranů zahrnuje dvě třídy:

- C₂₈-C₃₀ analogy steranů substituované na C-4 a C-24 (4α-methyl-24-ethyl-cholestany)
- C₃₀ dinosterany (4α,23,24-trimethylcholestany).

4-methylsterany (C₃₀) pocházejí z (fosilní) organické hmoty, která se vyskytovala ve sladkých jezerních a mořských sedimentech. Stigmastany a ergostany patří k velmi významným markerům obsaženým v prachových částicích. 4β-methylská skupina se vyskytuje v termicky nezralých ropných extraktech.

Původ 4 α -methyl-24-ethylcholestany z obrněnek je méně specifický. 4 α -methyl-24-ethylcholestany mohou pocházet z řas konkrétně z jejich 4 α -methyl-24-ethylcholesterolů (Peters et al., 2005).

V uhlí jsou zastoupeny sterany s počtem uhlíku C₂₉ v konfiguraci $\alpha\beta\beta$ (C₂₉ $\alpha\beta\beta$), jejichž množství se zvyšuje s odrazností vitrinitu (Fabianska et al., 2013). Sterany s počtem uhlíku C₂₇ až C₂₉ indikují přítomnost cévnatých rostlin a řas během geneze. Sterany 5 α (H), 14 β (H), 17 β (H) v konfiguraci 20S a 20R jsou v dominantním zastoupení. Méně se nachází 5 α (H), 14 α (H), 17 α (H) 20S a 20R isomery, které se ve větší míře nacházejí v ropnonosném prostředí.

Rozlišení emisí z dopravy a spalování uhlí je možné na základě několika diagnostických poměrů steranů, jako je: C₂₇ $\alpha\beta\beta$ /C₂₉ $\alpha\beta\beta$, C₂₇ $\alpha\alpha\alpha$ 20S/(20S+20R), C₂₈ $\alpha\alpha\alpha$ 20R/C₂₉ $\alpha\alpha\alpha$ 20R (Wang et al., 2006; Wang et al., 2011; Zhang et al., 2003; Moustafa et al., 2013). Hodnoty poměru C₂₇ $\alpha\alpha\alpha$ 20S/(20S+20R) v rozmezí od 0,34 do 0,67 indikují dopravu, vyšší hodnoty odpovídají spalování uhlí. Hodnoty poměru C₂₇ $\alpha\alpha\alpha$ 20S/(20S+20R) v rozmezí od 0,38 do 0,87 indikují dopravu, vyšší hodnoty odpovídají spalování uhlí.

4.3 Spalování biomasy

Spalování biomasy produkuje jako hlavní komponenty organické sloučeniny ze skupiny anhydrosacharidů (levoglukosan, manosan, galaktosan). Diagnostický poměr levoglukosan/manosan (L/M) umožňuje rozlišit druh spalované biomasy (měkké a tvrdé dřevo). Hodnota poměru L/M v rozsahu 3,6 až 5,9 (Schmidl et al., 2008) indikuje emise ze spalování měkkého (jehličnatého) dřeva, zatímco hodnoty 12-15 indikují emise ze spalování tvrdého (listnatého) dřeva (Ward et al., 2006).

4.4 Sloučeniny uvolňované při spalování plastů

Mezi sloučeniny ze spalování/těkání plastů v imisích PM₁₀ patří siloxany, plasticizéry jako je bis(2-ethylhexyl)ftalát, diisobutylftalát, dibutylftalát, n-butylbenzensulfoamide, o-acetylcitric acid triethyl ester, triacetin a 1,3-diacetin, 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiol diisobutyrate, retardanty hoření jako je 1-chloro-2-propanol fosfát (3:1), 4-terc-oktylfenol. K degradačním produktům aditiv a plastů včetně jejich prekurzorů, kontaminantů a monomerů patří např. 2,2,2-trifluoroethyl akrylát, estery ftalových kyselin (např. 1,2-dimethyl ester 1,2,4-benzenetrikarboxylová kyselina, 2-isopropylfenyl methyl ester ftalové kyseliny, 4-bromfenyl butyl ester ftalové kyseliny, butyl heptyl ester ester ftalové kyseliny, di(3-methylfenyl) ester ftalové kyseliny), 3,4-dihydroxyfenylglykol, 1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-2-propanol, 1,3-bis(1-methylethenyl)benzen, 2,4,6-trimethylbenzenamine, kaprolaktam, isokyanocyklohexan (Tsuge et al., 2011), 1,1'-(1,4-fenyl)bis ethanon, 2,2,3,3,5,6,6-heptamethylheptan, 2,4,4-trimethylhexan, p-aminotoluen, ftalimid, 1-(chlormethoxy)-2-methylpropan.

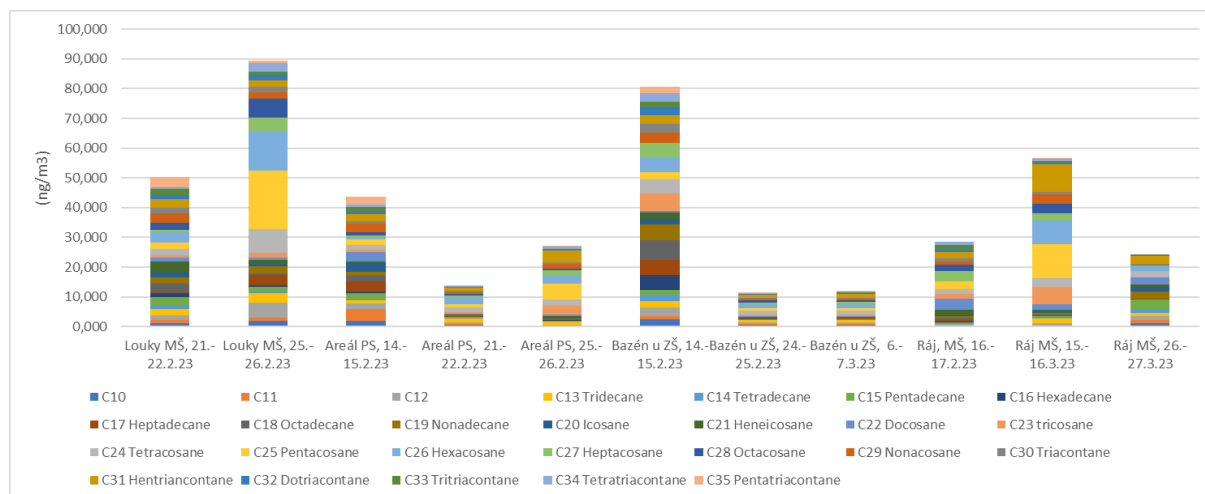
4.5 Karviná

Imise PM₁₀ byly odebírány v průběhu února až března 2023. Koncentrace PM₁₀ jsou v rozsahu od 10,31 (Ráj, MŠ, 15.-16.3.23) do 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bazén u ZŠ, 14.-15.2.23). Průměrná koncentrace PM₁₀ za celé sledované období byla 30 $\pm$ 19,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit byl během sledovaného období překročen pouze jednou na stanovišti Bazén u ZŠ (14.-15.2.23).

Celkem bylo identifikováno 143 (Areál PS, 14.-15.2.23) až 149 (Areál PS:25.-26.2.23, Bazén u ZŠ: 24.-25.2.23) organických sloučenin. Identifikované organické sloučeniny patří do skupiny alkoholů, karboxylových kyselin a jejich derivátů, polycyklických uhlovodíků s obsahem dusíku, kyslíku a síry, heterocyklických a alifatických sloučenin dusíku, ketonů a aldehydů, fenolů, organických sloučenin síry, cykloalkanů, alkanů a jejich methylovaných analogů, furanů a benzofuranů. Část organické hmoty (UA-unknown organic matter) v imisích PM₁₀ nebyla rozlišena/identifikována.

V imisích PM₁₀ byly identifikovány **alkany** v rozsahu C₁₀ až C₃₅ (obr. 7). Sumární koncentrace alkanů se pohybují v rozsahu od 11,59 (Bazén u ZŠ, 14.-15.2.23) do 89,32 ng/m^3 (Louky MŠ, 21.-22.2.23).

Průměrná koncentrace alkanů během celého sledovaného období byla $39,81 \pm 27,04 \text{ ng/m}^3$. Hodnoty CPI1 až CPI3 indexů v imisích PM₁₀ jsou uvedeny v **tab. 5**.



Obrázek 7 Koncentrace alkanů v imisích PM₁₀-Karviná.

Tabulka 5 CPI indexy pro alkaný v imisích PM₁₀.

	Louky MŠ 21.-22.2.23	Louky MŠ 25.-26.2.23	Areál PS 14.-15.2.23	Areál PS 21.-22.2.23	Areál PS 25.-26.2.23	Bazén u ZŠ 14.-15.2.23	Bazén u ZŠ 24.-25.2.23	Bazén u ZŠ 6.-7.3.23	Ráj, MŠ 16.-17.2.23	Ráj, MŠ 15.-16.3.23	Ráj, MŠ 26.-27.3.23
CPI1 $\Sigma(C_{11}-C_{22})/(\Sigma C_{10}-C_{24})$	1,08	1,96	1,05	1,17	2,78	1,00	1,09	1,01	1,05	3,33	1,06
Zdroj	doprava	x	doprava	x	x	doprava	doprava	doprava	doprava	x	doprava
CPI2 $\Sigma(C_{15}-C_{35})/(\Sigma C_{14}-C_{34})$	2,26	3,88	1,98	2,37	5,05	1,86	2,49	2,71	2,40	6,22	1,68
Zdroj	x	x	x	x	biomasa	x	x	x	x	biomasa	x
CPI $\Sigma(C_{15}-C_{35})/\Sigma(C_{14}-C_{34})$	1,21	1,12	1,44	0,96	1,94	1,14	1,06	1,13	1,35	1,81	1,34
Zdroj	x	uhlí	x	uhlí	x	x	x	x	x	x	x

Imise PM₁₀ obsahují převážně alkanů pocházející z dopravy. Spalování biomasy bylo identifikováno v imisích z areálu PS (25.-26.2.23) a Karviná Ráj, MŠ (15.-16.3.23). Alkany ze spalování uhlí byly identifikovány v PM₁₀ z Karviná Louky MŠ (25.-26.2.23) a areál PS (21.-22.2.23).

Hodnota poměru Pr/Ph **isoprenoidních uhlovodíků** (pristan/fytan) je uvedena v **tab. 6**. Většina isoprenoidních uhlovodíků pochází z dopravy. Isoprenoidní uhlovodíky ze spalování uhlí, byly identifikovány pouze u 4 vzorků imisí PM₁₀, a to TS-technické služby (15.-16.2.23, 23.-24.2.23) a koupaliště (10.-11.2.23, 21.-22.2.23).

Tabulka 6 Pr/Ph v imisích PM₁₀-Karviná.

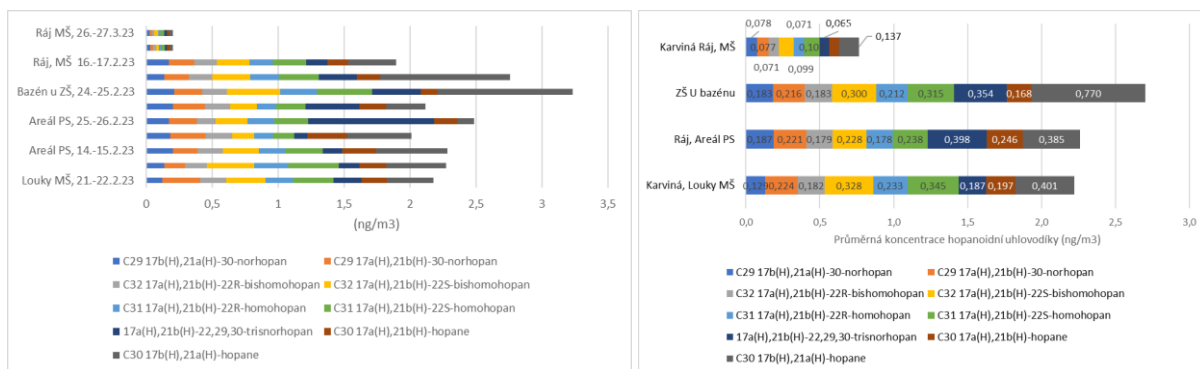
	Základní škola 17.-18.11.22	ZŠ 29.-30.11.22	ZŠ 7.-8.12.22	TS 31.01.-1.2.22	TS 15.-16.2.23	TS 23.-24.2.22	Koupaliště 31.1.-1.2.22	Koupaliště 10.-11.2.23	Koupaliště 21.-22.2.23
Pristane	0,136	0,159	0,241	0,141	0,289	0,285	0,121	0,098	0,124
Phytane	0,285	0,302	0,412	0,236	0,185	0,136	0,362	0,054	0,096
Pr/Ph	0,48	0,53	0,58	0,60	1,56	2,10	0,33	1,81	1,29
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí

Devět zástupců **hopanoidních uhlovodíků** bylo stanoveno v imisích PM₁₀ (**obr. 8**). Sumární koncentrace hopanů se pohybují v rozsahu od 0,201 (Ráj MŠ, 26.-27.3.23) až 2,76 ng/m³ (Bazén u ZŠ, 6.-7.3.23). Průměrná koncentrace hopanů za celé sledované období je $1,97 \pm 0,94 \text{ ng/m}^3$. Hodnoty poměrů C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) jsou uvedeny v **tab. 7**.

Tabulka 7 Poměry C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) v imisích PM₁₀.

	Louky MŠ 21.-22.2.23	Louky MŠ 25.-26.2.23	Areál PS 14.-15.2.23	Areál PS 21.-22.2.23	Areál PS 25.-26.2.23	Bazén u ZŠ 14.-15.2.23	Bazén u ZŠ 24.-25.2.23	Bazén u ZŠ 6.-7.3.23	Ráj, MŠ 16.-17.2.23	Ráj, MŠ 15.-16.3.23	Ráj, MŠ 26.-27.3.23
C ₃₁ S/(C ₃₁ S+C ₃₁ R)	0,59	0,60	0,60	0,54	0,57	0,60	0,60	0,59	0,59	0,55	0,60
Zdroj	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava
C ₃₂ S/(C ₃₂ S+C ₃₂ R)	0,59	0,58	0,58	0,54	0,55	0,58	0,60	0,58	0,58	0,55	0,60
Zdroj	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava

Výskyt hopanoidních uhlovodíků ze spalování uhlí byl určen na stanovištích areál PS (21.-22.2.23, 25.-26.2.23) a Ráj MŠ (15.-16.3.23). Imise PM₁₀ na zbývajících stanovištích obsahují hopanoidní uhlovodíky z dopravy.



Obrázek 8 Hopanoidní uhlovodíky v imisích PM₁₀ - Karviná, vlevo - denní koncentrace, vpravo – průměrná hodnota.

Pro rozlišení emisí ze spalování uhlí a dopravy lze použít také **sterany**. Z **tab. 8** je zřejmé, že většina steranů pochází z dopravy. Výskyt steranů ze spalování uhlí byl identifikován na stanovišti areál PS (14.-15.2.23 a 25.-26.2.23), bazén u ZŠ (14.-15.2.23), Ráj MŠ (26.-27.3.23).

Tabulka 8 Poměry steranů v imisích PM₁₀-Karviná.

	Louky MŠ 21.-22.2.23	Louky MŠ 25.-26.2.23	Areál PS 14.-15.2.23	Areál PS 21.-22.2.23	Areál PS 25.-26.2.23	Bazén u ZŠ 14.-15.2.23	Bazén u ZŠ 24.-25.2.23	Bazén u ZŠ 6.-7.3.23	Ráj, MŠ 16.-17.2.23	Ráj, MŠ 15.-16.3.23	Ráj, MŠ 26.-27.3.23
$C_{27}\alpha\beta/C_{29}\alpha\beta$	0,81	0,97	1,02	0,84	1,22	1,30	0,97	0,89	0,88	1,26	1,32
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí
$C_{27}\alpha\alpha/C_{29}\alpha\alpha$	0,76	0,33	0,34	0,29	0,27	0,44	0,34	0,31	0,29	0,79	0,84
Zdroj	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí
$C_{28}\alpha\alpha/C_{29}\alpha\alpha$	0,74	0,51	0,90	1,16	0,55	0,47	0,52	0,75	0,54	0,19	1,71
Zdroj	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí

Spalovací procesy produkují ve větší míře karboxylové kyseliny, jako je hexadekanová (C₁₆) a oktadekanová kyselina (C₁₈). Z **tab. 9** je zřejmé, že hexadekanová a oktadekanová kyselina pochází z dopravy. Spalování uhlí bylo identifikováno na stanovištích areál PS (21.-22.3.23), Louky MŠ (21.-22.2.23) a bazén u ZŠ (6.-7.3.23), spalování biomasy se prokázalo pouze v areálu PS (25.-26.2.23).

Tabulka 9 C₁₈/C₁₆ v imisích PM₁₀-Karviná.

	Louky MŠ 21.-22.2.23	Louky MŠ 25.-26.2.23	Areál PS 14.-15.2.23	Areál PS 21.-22.2.23	Areál PS 25.-26.2.23	Bazén u ZŠ 14.-15.2.23	Bazén u ZŠ 24.-25.2.23	Bazén u ZŠ 6.-7.3.23	Ráj, MŠ 16.-17.2.23	Ráj, MŠ 15.-16.3.23	Ráj, MŠ 26.-27.3.23
C ₁₈ /C ₁₆	0,61	0,43	0,34	1,10	0,23	0,48	0,50	0,57	0,39	0,47	0,37
Zdroj	uhlí	doprava	doprava	uhlí	biomasa	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava	doprava

Diagnostický poměr levoglukosan/manosan (L/M) umožňuje rozlišit druh spalované biomasy (**tab. 10**). Spalování biomasy bylo identifikováno v imisích na stanovišti MŠ Louky (21.-22.2.23), areál PS (14.-15.2.23 a 25.-26.2.23), bazén u ZŠ (6.-7.3.23) a Ráj MŠ (15.-16.3.23). Hodnoty poměru L/M od 3,6 do 5 indikují spalování měkkého dřeva (*Schmidl et al., 2008*).

Množství biogenní (přírodní) hmoty v imisích PM₁₀ je velmi nízké. Organické sloučeniny, které indikují biogenní hmoty zahrnují 3-methyl-1-pentenol, 2-pentanol. Rozsahy koncentrace sloučenin indikující biogenní hmotu se pohybuje v rozmezí od 0,11 (Ráj, MŠ, 15.-16.3.23) do 3,55 ng/m³ (bazén u ZŠ, 14.-15.2.23).

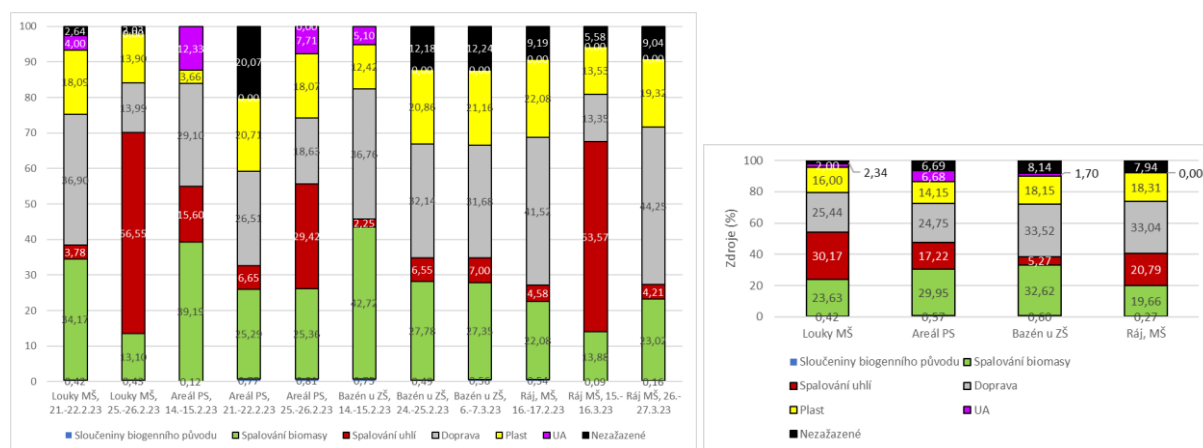
Tabulka 10 L/M pro imise PM₁₀ - Karviná.

	Louky MŠ	Louky MŠ	Areál PS	Areál PS	Areál PS	Bazén u ZŠ	Bazén u ZŠ	Bazén u ZŠ	Ráj, MŠ	Ráj, MŠ	Ráj, MŠ
	21.-22.2.23	25.-26.2.23	14.-15.2.23	21.-22.2.23	25.-26.2.23	14.-15.2.23	24.-25.2.23	6.-7.3.23	16.-17.2.23	15.-16.3.23	26.-27.3.23
Levoglukosan (ng/m ³)	74,15	12,96	841,20	27,59	16,52	123,52	32,05	29,85	18,96	8,96	12,95
Manosan (ng/m ³)	20,46	3,06	226,95	6,02	4,50	65,23	12,95	8,30	4,26	2,43	4,18
L/M	3,62	4,24	3,71	4,58	3,68	1,89	2,47	3,59	4,45	3,69	3,10
Zdroj	biomasa	x	biomasa	x	biomasa	x	x	biomasa	x	biomasa	x

Sloučeniny indikující plasty se v imisích PM₁₀ vyskytují v rozsahu od 15,12 (Ráj, MŠ, 15.-16.3.23) do 174,48 ng/m³ (bazén u ZŠ, 14.-15.2.23).

4.5.1 Vyhodnocení Karviná

Organické sloučeniny obsažené v imisích PM₁₀ jsou biogenního původu, nebo pochází ze spalování uhlí, případně z dopravy. Podíl jednotlivých zdrojů je na **obr. 9**. Nejvyšší koncentrace organických sloučenin pochází z dopravy 18,63 (Areál PS, 25.-26.2.23) až 44,25 % (Ráj, MŠ, 26.-27.3.23), následuje spalování biomasy a uhlí. Organické sloučeniny, u nichž nebyl stanoven původ/zdroj byly označeny jako nezařazené sloučeniny.



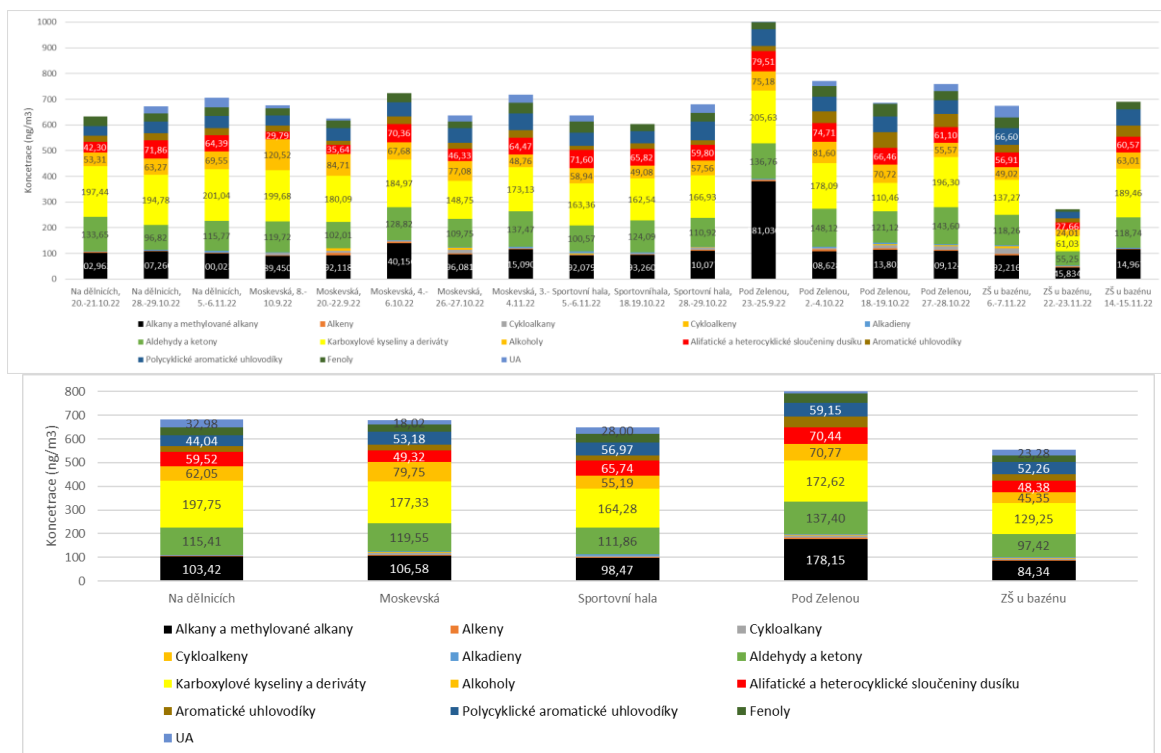
Obrázek 9 Procentuální podíl zdrojů na výskytu organické hmoty v imisích PM₁₀ - Karviná. Vlevo pro jednotlivé odběry, vpravo průměrné hodnoty pro lokalitu.

4.6 Český Těšín

Vzorkování imisí PM₁₀ probíhalo v období od října 2022 do listopadu 2022 na stanovištích Na dělnících, Moskevská, Sportovní hala, ZŠ u bazénu a Pod Zelenou. Koncentrace PM₁₀ jsou v rozsahu od 5,77 (Moskevská, 4.-6.10.22) do 81,91 µg/m³ (Sportovní hala, 18.-19.10.22), s průměrnou koncentrací 28,31±16,71 µg/m³. Imisní limit (50 µg/m³) byl překročen během monitorovacího období jednou na stanovišti Sportovní hala (18.-19.10.2022).

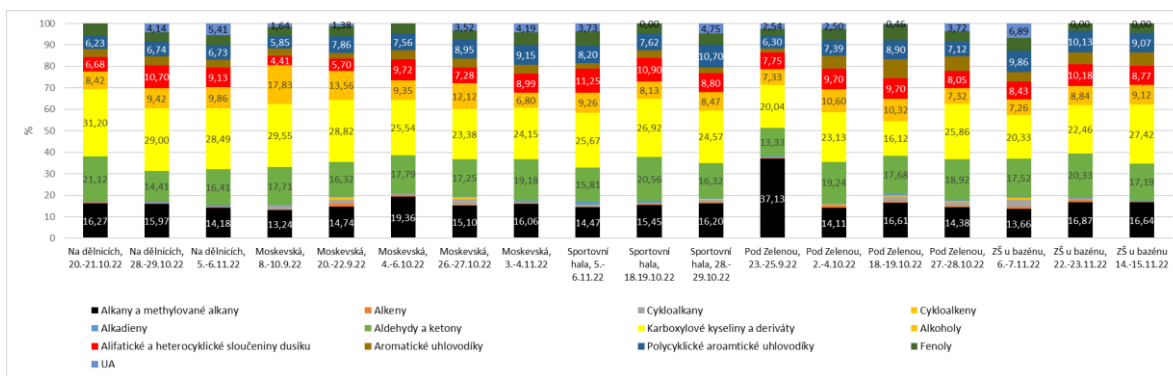
V imisích PM₁₀ bylo identifikováno 198 (Na dělnících, 28.-29.10.22) až 241 (Pod zelenou 27.-28.10.22) organických sloučenin. Tyto sloučeniny lze zařadit do následujících skupin organických látek: Alkoholy, alkeny a methylované analogy, ketony a aldehydy, karboxylové kyseliny, alkadieny, polycyklické aromatické uhlovodíky, alifatické a heterocyklické dusíkaté sloučeniny, alkanly a methylované analogy alkanů, aromatické uhlovodíky, fenoly.

Celkové množství identifikovaných organických sloučenin se pohybuje v rozsahu od 271,72 (Pod Zelenou, 27.-28.10.22) do 1026,31 ng/m³ (Pod Zelenou, 23.-25.9.22), viz **obr. 10**.



Obrázek 10 Hlavní skupiny organických sloučenin v imisích PM₁₀ - Český Těšín, nahoře pro jednotlivé odběrové dny, dole – průměrné hodnoty pro lokality.

V imisích PM₁₀ (**obr. 11**) patřily za celé monitorované období k nejvýznamnějším tyto skupiny organických sloučenin: karboxylové kyseliny a jejich deriváty (25,05±3,81 %), aldehydy a ketony (17,60 ±2,07 %), alkany a jejich methylované analogy (16,56±5,33 %). V koncentraci <1 % obsahují imise PM₁₀ alkeny, cykloalkeny, cykloalkany a alkadieny.



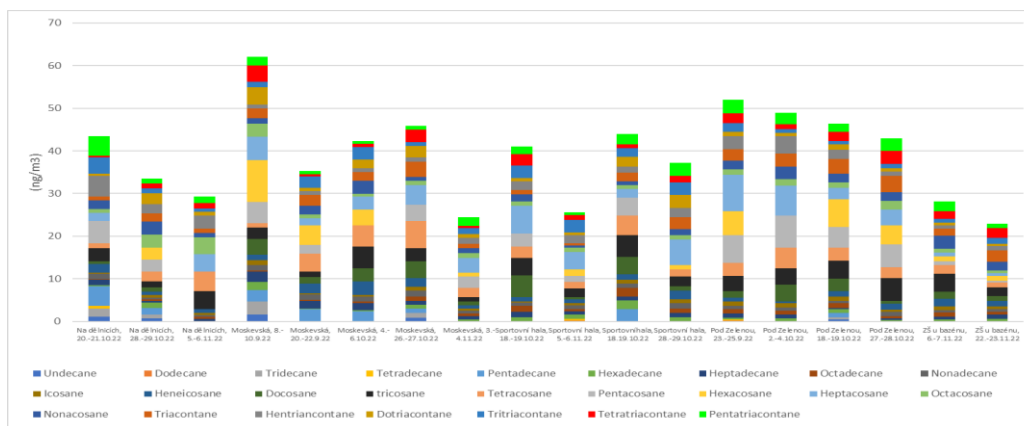
Obrázek 11 Procentuální zastoupení hlavních skupin organických sloučenin v imisích PM₁₀.

Imise PM₁₀ obsahují alkany v rozsahu od C₁₁ do C₃₅ (**obr. 12**). Sumárně koncentrace n-alkanů jsou v imisích PM₁₀ v rozsahu od 24,39 (Sportovní hala, 3.-4.11.22) do 62,06 ng/m³ (Moskevská, 8.-10.9.22). Hodnoty CPI1 až CPI3 indexů v imisích PM₁₀ jsou zobrazeny v **tab. 11**.

Tabulka 11 CPI index pro imise PM₁₀ - Český Těšín.

	Na dělnících, 20-21.10.22	Na dělnících, 28-29.10.22	Na dělnících, 5-6.11.22	Moskevská, 8-10.9.22	Moskevská, 20-22.9.22	Moskevská, 4-6.10.22	Moskevská, 26-27.10.22	Moskevská, 3-4.11.22	Sportovní hala, 5- 6.11.22	Sportovní hala, 18- 19.10.22	Sportovní hala, 28- 29.10.22	Pod Zelenou, 23-25.9.22	Pod Zelenou, 2-4.10.22	Pod Zelenou, 18-19.10.22	Pod Zelenou, 27-28.10.22	ZŠ u bazény, 6-7.11.22	ZŠ u bazény, 22-23.11.22
CPI1 $\Sigma(C_{11}-C_{14})/(C_{15}-C_{18})$	8,11	1,06	1,04	1,12	1,07	1,05	1,08	1,06	1,03	1,13	1,01	1,04	1,17	0,84	1,45	1,11	1,08
Zdroj	x	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	x	x	doprava	doprava
CPI2 $\Sigma(C_{12}-C_{15})/(C_{16}-C_{19})$	7,664	2,309	2,872	2,376	3,100	2,654	1,450	3,245	3,874	1,771	4,030	4,591	2,689	2,265	5,106	2,606	2,907
Zdroj	biomasa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	biomasa	x	x
CPI3 $\Sigma(C_{13}-C_{17})/(C_{18}-C_{22})$	6,089	0,851	1,260	0,840	1,268	1,313	0,881	1,649	1,794	1,213	1,474	1,613	1,710	0,901	1,266	1,287	1,018
Zdroj	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	uhlí	x	uhlí

Alkany z dopravy byly identifikovány na všech stanovištích s výjimkou Na dělnicích (20.-21.10.22), Pod Zelenou (18.-19.10.22, 27.-28.10.22). Imise PM₁₀ obsahují alkany ze spalování biomasy na stanovišti Na dělnicích (20.-21.10.22) a Pod Zelenou (27.-28.10.22). Alkany pocházející z uhlí byly identifikovány na stanovišti Pod Zelenou (18.-19.10.22) a ZŠ u bazénu (22.-23.11.22).

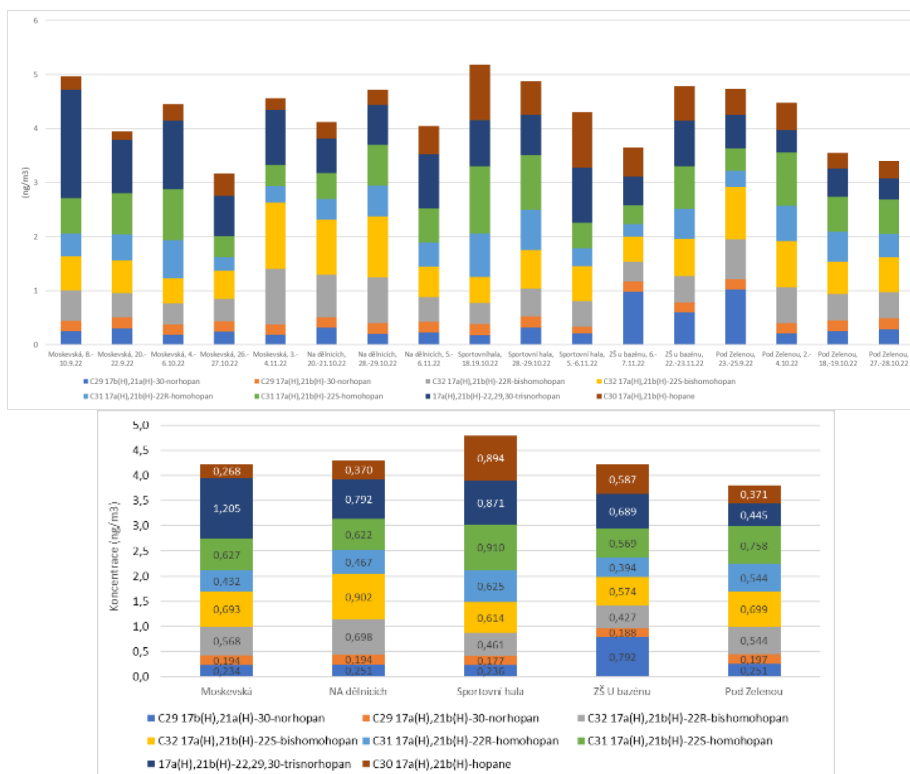


Obrázek 12 Koncentrace alkanů v imisích PM₁₀-Český Těšín.

K rozlišení emisí ze spalování uhlí od dopravy byly použity isoprenoidní uhlovodíky-pristan (Pr) a fytan (Ph) a jejich poměr Pr/Ph. Hodnoty poměru Pr/Ph jsou uvedeny v **tab. 12**. Z poměru Pr/Ph vyplývá, že na všech stanovištích je zdrojem isoprenoidních uhlovodíků doprava s výjimkou stanoviště Pod Zelenou (18.-19.10.22), kde pristan a fytan pochází ze spalování uhlí. Z geochemických markerů byly v imisích stanoveny hopanoidní uhlovodíky (**obr. 13**).

Tabulka 12 Hodnoty poměru Pr/Ph při imise PM₁₀-Český Těšín.

(ng/m³)	Moskevská 8-10.9.22	Moskevská 20-22.9.22	Moskevská 4-6.10.22	Moskevská 26-27.10.22	Moskevská 3-4.11.22	Na dělnicích 20-21.10.22	Na dělnicích 28-29.10.22	Na dělnicích 5-6.11.22	Sportovní hala 18-19.10.22	Sportovní hala 28-29.10.22	Sportovní hala 5-6.11.22	U bazénu 6-7.11.22	U bazénu 22-23.11.22	Pod Zelenou 23-25.9.22	Pod Zelenou 2-4.10.22	Pod Zelenou 18-19.10.22	Pod Zelenou 27-28.10.22
Pristane	0,541	0,321	0,129	0,065	0,145	0,241	0,265	0,254	0,265	0,052	0,026	0,029	0,075	0,024	0,029	0,069	0,039
Phytane	0,852	0,526	0,254	0,184	0,236	0,365	0,352	0,526	0,358	0,124	0,098	0,084	0,102	0,089	0,071	0,027	0,078
Pr/Ph	0,63	0,61	0,51	0,35	0,61	0,66	0,75	0,48	0,74	0,42	0,27	0,35	0,74	0,27	0,41	2,56	0,50
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava



Obrázek 13 Hopanoidní uhlovodíky v imisích PM₁₀- Český Těšín, nahoře – denní odběr, dole – průměrná hodnota.

Tabulka 13 Hodnoty poměrů $C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$ a $C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$ v imisích PM₁₀-Český Těšín.

	Moskevská 8-10.9.22	Moskevská 20-22.9.22	Moskevská 4-6.10.22	Moskevská 26-27.10.22	Moskevská 3-4.11.22	Na dělnicích 117 20-21.10.22	Na dělnicích 117 28-29.10.22	Na dělnicích 117 5-6.11.22	Sportovní hala 18-19.10.22	Sportovní hala 28-29.10.22	Sportovní hala 5-6.11.22	U bazénu 6-7.11.22	U bazénu 22-23.11.22	Pod Zelenou 23-25.9.22	Pod Zelenou 2-4.10.22	Pod Zelenou 18-19.10.22	Pod Zelenou 27-28.10.22
$C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$	0,61	0,61	0,58	0,61	0,56	0,56	0,57	0,59	0,61	0,58	0,60	0,60	0,59	0,58	0,60	0,54	0,60
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava
$C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$	0,53	0,57	0,55	0,56	0,55	0,57	0,57	0,55	0,55	0,58	0,58	0,56	0,58	0,57	0,56	0,55	0,57
Zdroj	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	doprava	doprava	uhlí	doprava	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí

Tabulka 13 uvádí hodnoty poměru $C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$ a $C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$ v imisích. Sterany jsou další skupinou geochemických markerů, která byla aplikována pro rozlišení spalování uhlí od dopravy, **tab. 14**. Poměr $C_{27}\alpha\beta\beta/C_{29}\alpha\beta\beta$ indikuje na 17 stanovištích výskyt steranů ze spalování uhlí. Sterany z dopravy byly na základě poměru $C_{27}\alpha\beta\beta/C_{29}\alpha\beta\beta$ identifikovány pouze na stanovišti Sportovní hala (5.-6.11.22) a Moskevská (4.-6.10.22). Z hodnoty poměru $C_{27}\alpha\alpha\alpha 20S/(20S+20R)$ vyplývá, že na stanovišti Moskevská (8.-10.9.22, 4.-6.10.22), Na dělnicích 117 (28.-29.10.22, 5.-6.11.22), Sportovní hala (18.-19.10.22, 28.-29.10.22), U bazénu (6.-7.11.22, 14.-15.11.22) pochází sterany z dopravy. Hodnota poměru $C_{28}\alpha\alpha\alpha 20R/C_{29}\alpha\alpha\alpha 20R$ potvrdila, že na všech stanovištích pochází sterany v PM₁₀ z dopravy.

Tabulka 14 Poměry steranů pro imise PM₁₀ - Český Těšín.

	Moskevská 8-10.9.22	Moskevská 20-22.9.22	Moskevská 4-6.10.22	Moskevská 26-27.10.22	Moskevská 3-4.11.22	Na dělnicích 117 20-21.10.22	Na dělnicích 117 28-29.10.22	Na dělnicích 117 5-6.11.22	Sportovní hala 18-19.10.22	Sportovní hala 28-29.10.22	Sportovní hala 5-6.11.22	U bazénu 6-7.11.22	U bazénu 22-23.11.22	Pod Zelenou 23-25.9.22	Pod Zelenou 2-4.10.22	Pod Zelenou 18-19.10.22	Pod Zelenou 27-28.10.22
$C_{27}\alpha\beta\beta/C_{29}\alpha\beta\beta$	1,78	1,31	1,53	1,92	1,91	2,53	1,52	1,59	2,18	1,95	1,13	2,50	2,71	3,05	1,88	4,47	3,02
Zdroj	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí
$C_{27}\alpha\alpha\alpha 20S/(20S+20R)$	0,61	0,63	0,61	0,84	0,73	0,80	0,47	0,53	0,59	0,61	0,75	0,48	0,91	0,80	0,79	0,85	0,81
Zdroj	doprava	uhlí	doprava	uhlí	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí	uhlí
$C_{28}\alpha\alpha\alpha 20R/C_{29}\alpha\alpha\alpha 20R$	0,82	0,60	0,56	0,44	0,40	0,81	0,75	0,45	0,76	0,80	0,66	0,80	1,05	0,69	0,50	0,46	0,49
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Poměr C_{18}/C_{16} v imisích PM₁₀ byl aplikován pro rozlišení imisní zátěže z dopravy, ze spalování uhlí a biomasy (Rogge et al. 1993). Hodnoty poměru C_{18}/C_{16} jsou uvedeny v **tab. 15**. Na všech stanovištích s výjimkou Na dělnicích (20.-21.10.22) a Pod zelenou (18.-19.10.22) imise PM₁₀ obsahují kyselinu hexadekanovou (C_{16}) a oktadekanovou (C_{18}), které pochází z dopravy. Sloučeniny C_{18} , C_{16} na stanovišti Na dělnicích (20.-21.10.22) pochází ze spalování biomasy, na stanovišti Pod Zelenou (18.-19.10.22) pochází ze spalování uhlí.

Tabulka 15 C_{18}/C_{16} pro imise PM₁₀ - Český Těšín.

(ng/m ³)	Na dělnicích, 20.-21.10.22	Na dělnicích, 28-29.10.22	Na dělnicích, 5-6.11.22	Moskevská, 8-10.9.22	Moskevská, 20-22.9.22	Moskevská, 4-6.10.22	Moskevská, 26-27.10.22	Moskevská, 3-4.11.22	Sportovní hala, 5-6.11.22	Sportovní hala, 18.19.10.22	Sportovní hala, 28-29.10.22	Pod Zelenou, 23-25.9.22	Pod Zelenou, 2, 4.10.22	Pod Zelenou, 18-19.10.22	Pod Zelenou, 27-28.10.22	ZŠ u bazénu, 6-7.11.22	ZŠ u bazénu, 22-23.11.22
n-Hexadecanoic acid	6,250	4,321	5,201	3,125	8,666	10,856	0,541	4,695	5,521	2,985	2,212	6,214	1,952	2,213	6,755	3,820	1,721
Octadecanoic acid	0,931	2,012	2,214	1,025	3,214	5,041	0,214	2,054	2,485	0,965	1,102	3,014	0,652	1,952	2,031	1,874	0,852
C_{18}/C_{16}	0,149	0,466	0,426	0,328	0,371	0,464	0,396	0,437	0,450	0,323	0,498	0,485	0,334	0,882	0,301	0,491	0,495
Zdroj	biomasa	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava	doprava

Chemické sloučeniny ze spalování biomasy byly v imisích PM₁₀ identifikovány také na základě výskytu anhydrosacharidů – levoglukosan (L), manosan (M) a jejich poměru L/M. Na stanovišti Na dělnicích (20.-21.10.22) a Pod Zelenou (27.-28.10.22) indikují hodnoty poměru L/M přítomnost anhydrosacharidů, které pochází ze spalování biomasy, viz **tab. 16**.

Tabulka 16 L/M pro imise PM₁₀ - Český Těšín.

(ng/m ³)	Na dělnicích, 20.-21.10.22	Na dělnicích, 28-29.10.22	Na dělnicích, 5-6.11.22	Moskevská, 8-10.9.22	Moskevská, 20-22.9.22	Moskevská, 4-6.10.22	Moskevská, 26-27.10.22	Moskevská, 3-4.11.22	Sportovní hala, 5-6.11.22	Sportovní hala, 18.19.10.22	Sportovní hala, 28-29.10.22	Pod Zelenou, 23-25.9.22	Pod Zelenou, 2, 4.10.22	Pod Zelenou, 18-19.10.22	Pod Zelenou, 27-28.10.22	ZŠ u bazénu, 6-7.11.22	ZŠ u bazénu, 22-23.11.22
levoglucosan	9,85	2,93	3,21	6,52	1,80		1,63	2,65	2,01	2,36	1,35	2,54	2,63	1,63	16,45	2,51	1,03
Manosan	2,65	4,01		5,17	4,82		1,14				3,06		3,26		4,52	3,27	
L/M	3,71	0,73		1,26	0,37		1,43				0,44		0,81		3,64	0,77	
Zdroj	biomasa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	biomasa	x	x

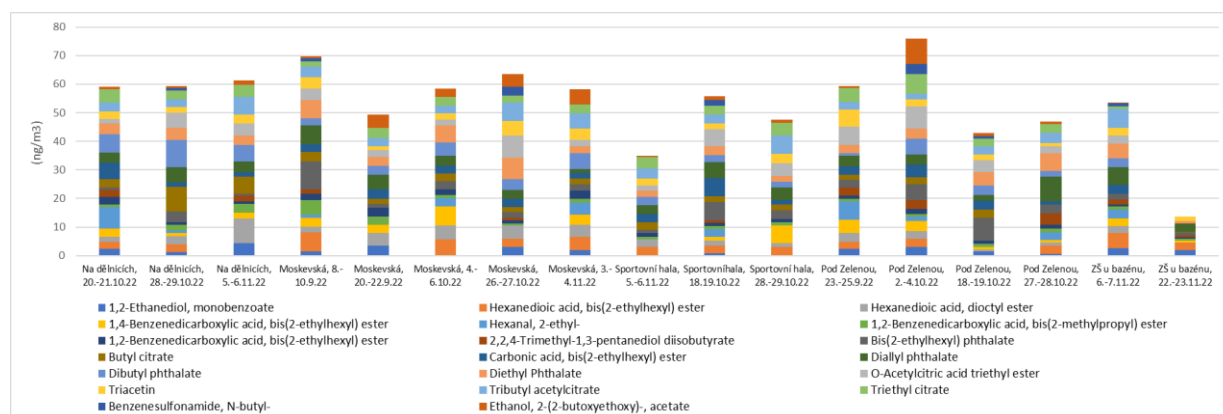
Imise PM₁₀ obsahují organické sloučeniny uvolněné těkáním/spalováním plastů. Celkem bylo identifikováno 51 (ZŠ U bazénu, 22.-23.11.22) až 62 (Po Zelenou 27.-28.10.22) organických sloučenin indikujících plasty v imisích PM₁₀.

Z antioxidantů (sloučeniny zabraňující degradaci plastů vzdušným kyslíkem) imise PM₁₀ obsahují Bayer 28,589 v koncentracích od 0,61 (Moskevská, 8.-10.9.22) do 8,52 ng/m³ (Moskevská, 26.-27.10.22). Retardanty hoření v imisích PM₁₀ (**tab. 17**) reprezentuje tributyl fosfát, tris(2-chlorethyl)fosfát, 2-propanol-1-chlorofosfát (3:1).

Tabulka 17 Retardanty hoření v imisích PM₁₀ - Český Těšín.

Retardanty hoření (ng/m ³)	Na dělnicích, 20.-21.10.22	Na dělnicích, 28.-29.10.22	Na dělnicích, 5.-6.11.22	Moskevská, 8.-10.9.22	Moskevská, 20.-22.9.22	Moskevská, 4.-6.10.22	Moskevská, 26.-27.10.22	Moskevská, 3.-4.11.22	Sportovní hala, 5.-6.11.22	Sportovní hala, 18.19.10.22	Sportovní hala, 28.-29.10.22	Pod Zelenou, 23.-25.9.22	Pod Zelenou, 4.10.22	Pod Zelenou, 18.-19.10.22	Pod Zelenou, 27.-28.10.22	ZŠ u bazénu, 6.-7.11.22	ZŠ u bazénu, 22.-23.11.22
Tri(2-chloroethyl) phosphate	2,46	5,20	4,99	3,54	3,59	4,15	3,53	2,05	4,26	6,48	4,56	5,39	1,01	2,65	1,37	2,75	0,86
2-Propanol, 1-chloro-, phosphate (3:1)	1,63	0,68	0,86	2,66		1,26	2,33	3,03	1,65		1,45		1,04	1,02	1,06	1,03	0,63
Tributyl phosphate	4,52	2,19	4,52	3,47	1,03	3,45	4,15	2,65	2,15	4,13	3,12	4,15	2,65	3,57	4,13	2,37	1,06
Triethyl phosphate	6,32	6,41	5,02	1,47	4,52	6,52	6,20	4,27	4,56	5,00	3,13	4,70	5,01	1,89	1,09	3,25	2,06

Plasticizéry se používají ke změkčení plastů, viz **obr. 14**. V imisích byly stanoveny plasticizéry ftalátové (např. diisobutylftalát, bis(2-ethylhexyl)ftalát, diallyl ftalát, dibutylftalát, diethylftalát), adipátové (bis(2-ethylhexyl)adipát, dioktyladipát), citrátové (butyl citrát, o-acetylcitric acid triethyl ester, tributyl acetylcitrát, triethylcitrát), tereftalátové (bis(2-ethylhexyl)tereftalát). K plasticizérům patří také 2-ethylhexanal, 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate, bis(2-ethylhexyl)ester uhlíkové kyseliny, triacetin, n-butylbenzenesulfoamid, 2-(2-butoxyethoxy)ethanol, 1,2-ethanediol monobenzoate.

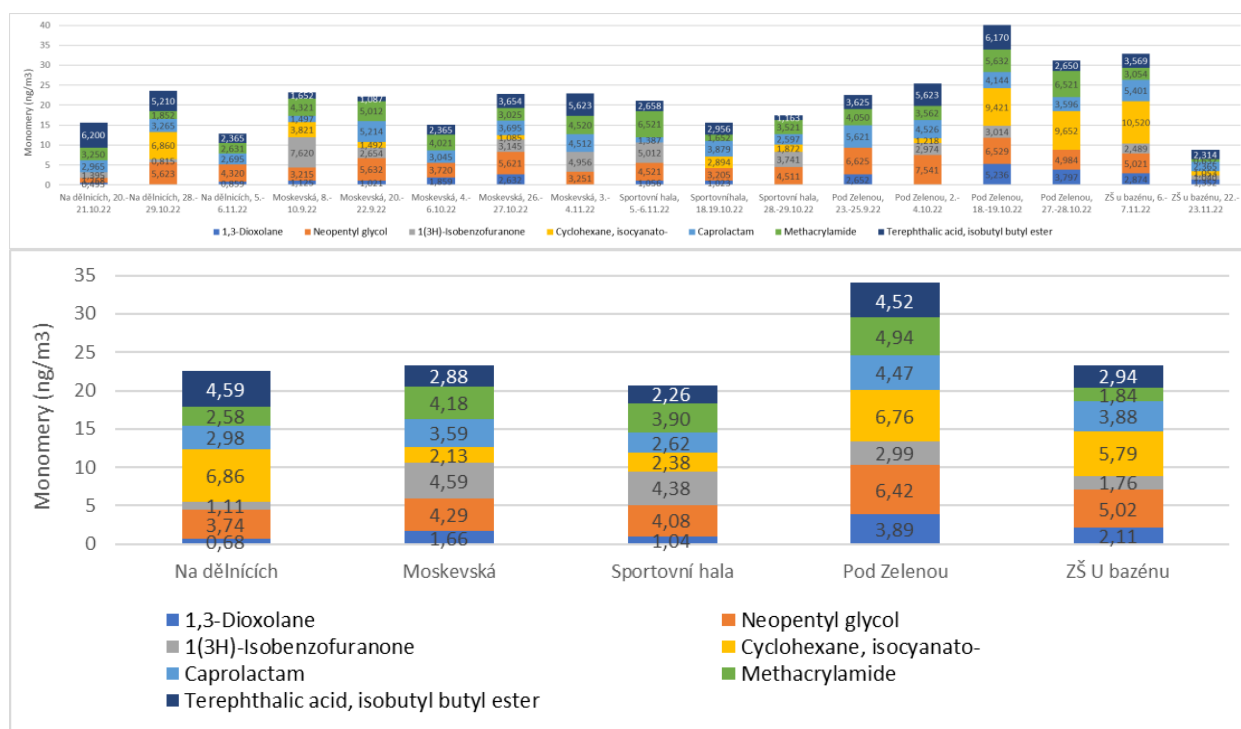


Obrázek 14 Plasticizéry v imisích PM₁₀ - Český Těšín.

Sumárně koncentrace pesticidů, které mohou pocházet z ošetření vegetace, ale také mohou být jako biocidní přípravky součástí syntetických polymerů, se pohybují v rozsahu od 13,71 (ZŠ U bazénu, 22.-23.11.22) do 79,98 ng/m³ (Pod Zelenou, 2.-4.10.22).

Imise PM₁₀ obsahují také vytvrzující činidla pro plasty, a to: 1,6-dioxacyklododekan-7,12-dione v rozsahu od 0,65 (ZŠ U bazénu, 22.-23.11.22) do 3,15 ng/m³ (Pod Zelenou 18.-19.10.22). Kontaminanty, degradační produkty a prekurzory pro plasty a aditiva tvoří významnou část chemických sloučenin v imisích PM₁₀. Celkem bylo identifikováno mezi 19 (Na dělnicích 5.-6.11.22) až 23 (Na dělnicích 28.-29.10.22) sloučeninami v koncentraci 24,34 (ZŠ u bazénu, 22.-23.11.22) až 105,10 ng/m³ (Moskevská, 20.-22.9.22). Příkladem kontaminantů je např. alfa-methylstyren a 1,3,5-trifenylycyklohexan, které jsou kontaminanty polystyrenu. 7,9-di-tert.-1-oxaspiro(4,5)deka-6,9-dion pocházejí z rozkladu Irgafos 168. 1,2-difenyl-1,2-ethanediol je transformačním produktem 1,2-ethanediol monobenzoátu.

Monomery, stavební komponenty plastů (**obr. 15**) v imisích PM₁₀ dosahují koncentrace v rozsahu od 8,76 (ZŠ, U bazénu, 22.-23.11.22) do 40,15 ng/m³ (Pod Zelenou 18.-19.10.22). Z monomerů byla identifikována tereftalová kyselina-komponenta pro PET (*Dueminchen et al., 2019*). Methakrylamid komponenta pro polymethakrylamid. 1,3-dioxolan je stavební komponentou pro polykarbonát (*Tsuge et al., 2011*).



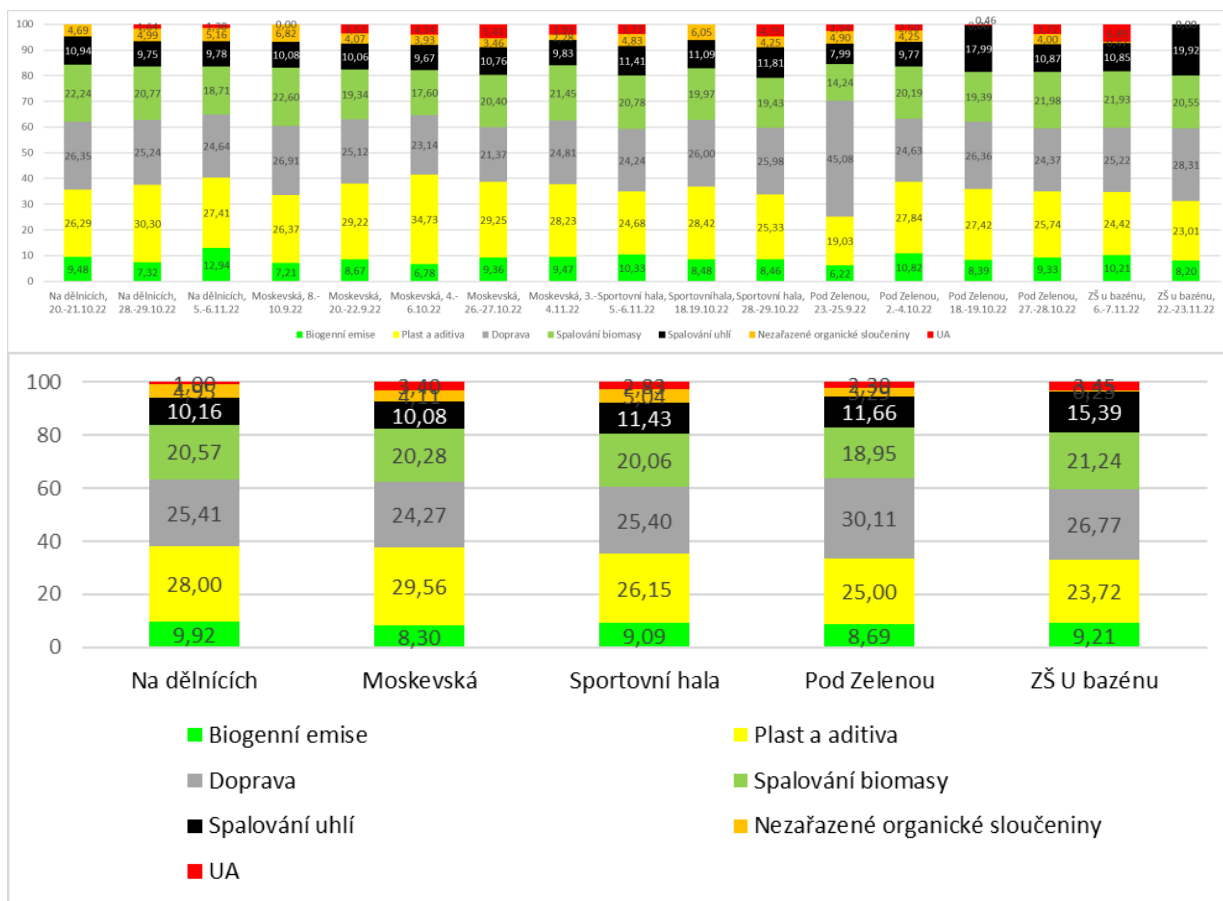
Obrázek 15 Monomery v imisích PM₁₀-Český Těšín. Horní část obrázku – hodnoty z denních měření, dolní část – průměrné hodnoty.

Isokyanatocyklohexan pochází z degradace polyuretanu. Kaprolaktam je stavební komponentou pro polyamid, nylon 6. Vonné komponenty zastupuje v imisích PM₁₀ acetyl valeryl, 4,8,12,16-tetramethylheptadecan-4-olide. Vazné agenty zastupuje isopropyl myristát. Koncentrace organických sloučenin indikujících znečištění plasty v imisích PM₁₀ je v rozsahu od 62,54 (ZŠ u bazény, 22.-23.11.22) do 223,27 ng/m³ (Na dělnicích, 28.-29.10.22).

Chemické sloučeniny biogenního původu v imisích PM₁₀ vznikají z degradace přírodní biogenní hmoty (rostliny, mikroorganismy, vzdušný plankton). Do ovzduší se uvolňují abrazí, mechanickým poškozením, těkáním. Biogenní sloučeniny v imisích PM₁₀ zastupují terpeny (např. alfa-kamfolenal, 1,3,5-p-mentatrien, sloučeniny indikující proteiny, bílkoviny a aminokyseliny, lipidy (methyl stearát, butenol, 2-methyl-5-hexen-3-ol, mastné kyseliny C₁₀-C₁₈), celulózy, hemicelulózu (levoglukosenon), lignin, fytosteroly, barviva (D-limone, fyton). Koncentrace sloučenin indikujících biogenní původ v imisích PM₁₀ je v rozsahu od 22,29 (ZŠ u bazény, 22.-23.11.22) do 80,84 ng/m³ (Moskevská, 20.-22.9.22).

4.6.1 Vyhodnocení Český Těšín

V imisích PM₁₀ byly identifikovány organické sloučeniny, které pochází ze spalování biomasy, uhlí, z dopravy, z těkání/spalování plastů a z biogenních procesů. Podle původu organických sloučenin byla na základě jejich koncentrace stanovena míra znečištění v imisích PM₁₀ během monitorovaného období (**obr. 16**).



Obrázek 16 Procentuální podíl zdrojů v imisích PM₁₀ – Český Těšín. Horní část obrázku zobrazuje podíl znečištění pro jednotlivé dny, obrázek dole dokumentuje průměrné hodnoty.

Největší měrou se na znečištění podílí doprava, sloučeniny uvolněné z těkání/spalování plastů a spalování biomasy. Chemické sloučeniny z dopravy tvoří od 21,37 (Moskevská, 4.-6.10.22) do 45,08 % (Pod Zelenou, 23.-25.9.22), průměrné koncentrace dosahují $26,34 \pm 5,07$ %. Emise z těkání/spalování plastů jsou v rozsahu od 19,03 (Pod Zelenou, 23.-25.9.22) do 34,73 % (Moskevská, 4.-6.10.22). Průměrná koncentrace chemických sloučenin pocházejících z těkání/spalování plastů dosahuje za celé sledované období na $26,92 \pm 3,37$ %. Chemické sloučeniny uvolněné při spalování biomasy se vyskytují v rozsahu od 17,60 (Moskevská, 4.-6.10.22) do 22,60 % Moskevská (8.-10.9.22). Průměrná míra znečištění imisí PM₁₀ produkty ze spalování biomasy za celé sledované období je $20,09 \pm 2,01$ %.

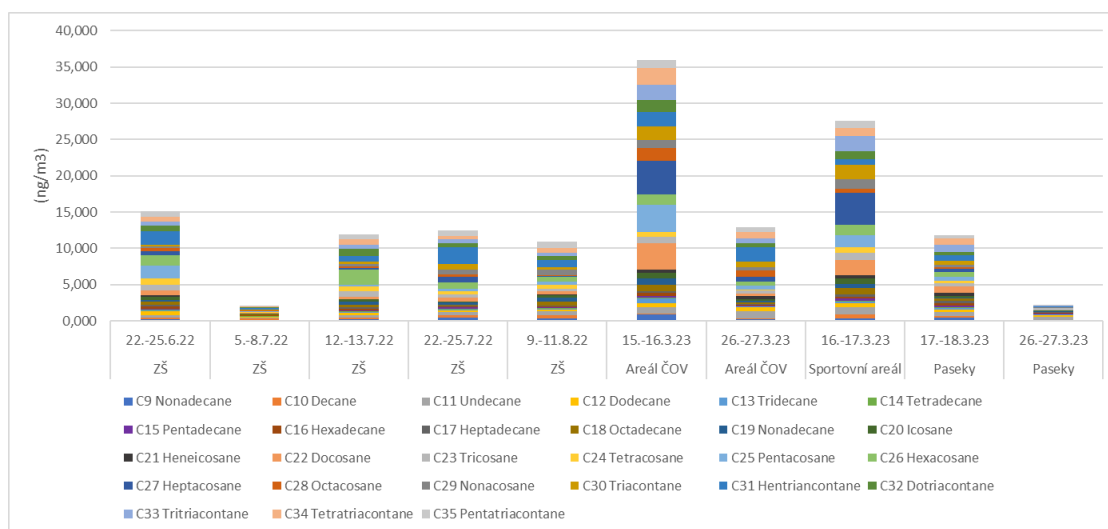
4.7 Menší sídelní jednotky

4.7.1 Bystřice

V imisích PM₁₀ odebraných v období od června 2022 do března 2023 na stanovištích Základní škola, areál čistírny odpadních vod, sportovní areál a Paseky, bylo identifikováno průměrně 296 organických sloučenin. Koncentrace PM₁₀ jsou v rozsahu od 1,84 (ZŠ, 5.-8.7.22) do 29,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Sportovní areál, 16.-17.3.23). Průměrná koncentrace PM₁₀ za celé období je $13,14 \pm 7,89$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nízkým koncentracím PM₁₀ odpovídají nižší koncentrace organických sloučenin v PM₁₀, průměrná koncentrace organických sloučenin identifikovaných TD-GC/MS ve vzorcích imisí PM₁₀ je $235,17 \pm 196,10$ ng/m^3 .

Organické sloučeniny identifikované v imisích PM₁₀ patří ke skupině: alkanů a jejich methylovaných analogů, karboxylových kyselin, anhydrosacharidů, terpeny, sloučenin s obsahem alifatického a heterocyklického dusíku, alkoholů, alkenů, aldehydů a ketonů, fenolů a alkylovaných fenolů, sloučenin s obsahem benzenů, furanů a benzofuranů, cykloalkanů, isoprenoidních uhlovodíků, steranů

a hopanoidních uhlovodíků. Alkany mohou pocházet z biogenní hmoty, z dopravy, ale také ze spalovacích procesů (biomasa, uhlí). Koncentrace n-alkanů v imisích PM₁₀ jsou zobrazeny na **obr. 17**.



Obrázek 17 Koncentrace alkanů v imisích PM₁₀-Bystřice

Sumární koncentrace alkanů jsou od 2,12 (Paseky, 26.-27.3.23) až 35,93 ng/m³ (Areál ČOV, 15.-16.3.23). CPI (carbon preference index) umožňuje rozlišit emise alkanů ze spalování biomasy, uhlí a dopravy (Bray a Evans, 1961). Hodnoty CPI1 až CPI3 indexů v imisích PM₁₀ jsou uvedeny v následující **tab. 18**. Emise alkanů v imisích PM₁₀ pocházejí převážně z dopravy. Emise ze spalování uhlí byly identifikovány na stanovišti Paseky (17.-18.3.23) a emise ze spalování biomasy na stanovišti Čistírna odpadních vod (26.-27.3.22) a Paseky (26.-27.3.23).

Tabulka 18 Hodnoty CPI indexů.

Stanoviště	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	Areál ČOV	Areál ČOV	Sportovní areál	Paseky	Paseky
Datum odběru PM ₁₀	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	9.-11.8.22	15.-16.3.23	26.-27.3.23	16.-17.3.23	17.-18.3.23	26.-27.3.23
CPI1 $\Sigma(C_{11}-C_{25})/(C_{10}-C_{24})$	1,09	1,01	0,90	1,02	1,00	1,10	1,73	1,00	0,95	2,53
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	x	doprava	x	x
CPI2 $\Sigma(C_{15}-C_{35})/(C_{14}-C_{24})$	2,61	2,04	2,33	4,60	2,53	2,64	6,06	3,01	2,34	5,45
Zdroj	x	x	x	x	x	x	biomasa	x	x	biomasa
CPI3 $\Sigma(C_{15}-C_{35})/(C_{14}-C_{34})$	1,15	1,16	0,73	1,41	1,17	1,11	1,38	1,31	1,08	3,44
Zdroj	x	x	x	x	x	x	x	x	uhlí	x

Emise ze spalování biomasy indikuje v imisích PM₁₀ výskyt anhydrosacharidů (levoglukosan, manosan, galaktosan), pryskyřičných (7-oxodehydroabietová kyselina) a karboxylových kyselin (např. kyselina octová) a jejich derivátů (např. methyldehydroabietát), výskyt sloučenin s obsahem fenolů (methoxyfenoly, alkylované fenoly), ketonů (acetofenon). Poměr L/M (levoglukosan/manosan) umožňuje rozlišit druh spalované biomasy v imisích PM₁₀. Hodnoty poměru L/M v imisích PM₁₀ jsou zobrazeny v **tab. 19**. Emise ze spalování měkkého dříví byly identifikovány na všech odběrných místech s výjimkou ZŠ (22.-25.6., 5.-8.7.22, 22.-25.7., 9.-11.8.22).

Tabulka 19 Poměr L/M v imisích PM₁₀.

	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	Areál ČOV	Areál ČOV	Sportovní areál	Paseky	Paseky
(ng/m ³)	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	9.-11.8.22	15.-16.3.23	26.-27.3.23	16.-17.3.23	17.-18.3.23	26.-27.3.23
Levoglucosan	68,29	x	48,29	x	x	48,25	0,99	185,69	52,36	0,78
Manosan	13,25	x	12,96	x	x	13,09	0,26	49,23	14,58	0,21
L/M	5,15	x	3,73	x	x	3,69	3,80	3,77	3,59	3,66
Zdroj			biomasa			biomasa	biomasa	biomasa	biomasa	biomasa

Hodnoty poměru karboxylových kyselin C₁₈ (oktadekanová) a C₁₆ (hexadekanová) C₁₈/C₁₆ jsou uvedeny v **tab. 20**. Většina emisí C₁₈, C₁₆ pochází z dopravy. Emise karboxylových kyselin ze spalování biomasy byly zjištěny v areálu ČOV a Paseky.

Tabulka 20 Hodnoty poměru C₁₈/C₁₆ v imisích PM₁₀.

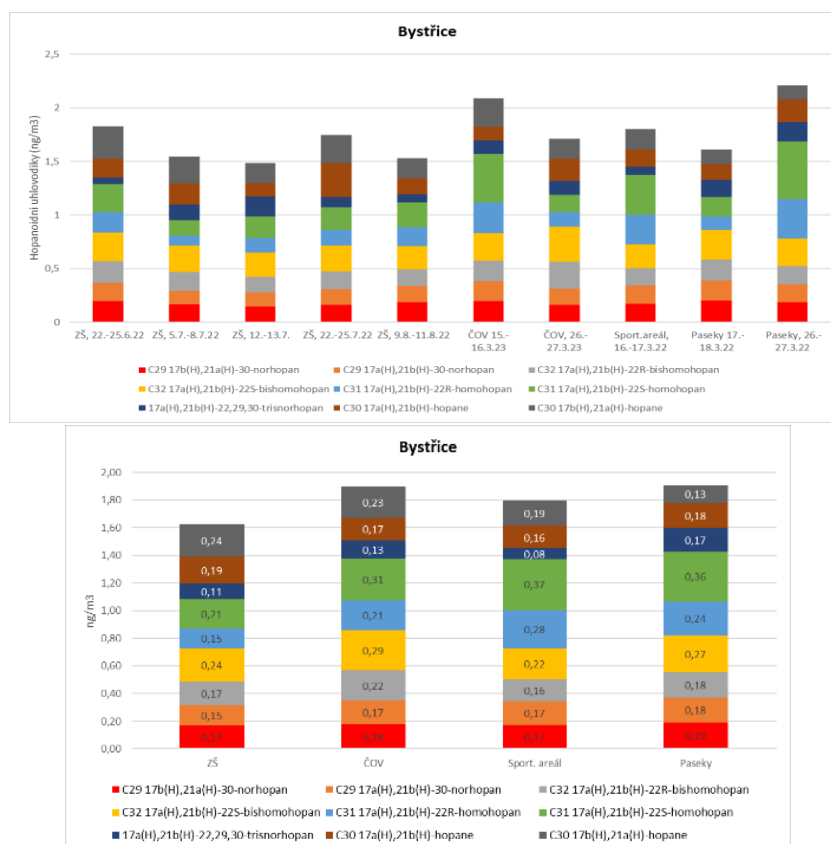
	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	Areál ČOV	Areál ČOV	Sportovní areál	Paseky	Paseky
	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	9.-11.8.22	15.-16.3.23	26.-27.3.23	16.-17.3.23	17.-18.3.23	26.-27.3.23
Octadecanoic acid (C ₁₈)	0,065	0,008	0,069	0,085	0,081	0,124	0,016	0,154	0,096	0,018
n-Hexadecanoic acid (C ₁₆)	0,234	0,025	0,436	0,328	0,254	0,730	0,084	0,831	0,245	0,085
C ₁₈ /C ₁₆	0,278	0,320	0,158	0,259	0,319	0,170	0,190	0,185	0,392	0,212
Zdroj	doprava	doprava	biomasa	doprava	doprava	biomasa	biomasa	biomasa	doprava	biomasa

Isoprenoidní uhlovodíky (pristan a fytan) v imisích PM₁₀ reprezentují přítomnost organické hmoty z fosilních paliv. Průměrná koncentrace pristanu a fytanu za celé monitorovací období je 0,109±0,071 a 0,129±0,072 ng/m³. Hodnoty poměru Pr/Ph jsou uvedeny v **tab. 21**. Hodnoty poměru Pr/Ph na všech stanovištích s výjimkou Paseky (17.-18.3.23) indikují emise z dopravy.

Tabulka 21 Hodnoty poměru Pr/Ph v imisích PM₁₀.

	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	Areál ČOV	Areál ČOV	Sportovní areál	Paseky	Paseky
ng/m ³	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	9.-11.8.22	15.-16.3.23	26.-27.3.23	16.-17.3.23	17.-18.3.23	26.-27.3.23
Pristane	0,0985	0,087	0,067	0,108	0,275	0,187	0,087	0,042	0,087	0,047
Phytane	0,109	0,105	0,092	0,127	0,289	0,207	0,147	0,089	0,035	0,092
Pr/Ph	0,90	0,83	0,73	0,85	0,95	0,90	0,59	0,47	2,49	0,51
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava

Hopanoidní uhlovodíky v imisích PM₁₀ indikují emise z fosilních paliv (ropné produkty, uhlí). V imisích PM₁₀ bylo stanoveno 9 zástupců hopanoidních uhlovodíků (obr. 12). Průměrná sumární koncentrace hopanoidních uhlovodíků je 1,98 ± 0,30 ng/m³.



Obrázek 18 Hopanoidní uhlovodíky v imisích PM₁₀, nahoře pro všechny měřené dny, dole – průměrná koncentrace pro lokalitu.

Rozlišení vlivu spalování fosilních paliv (doprava × spalování uhlí) je možné na základě poměrů homohopanů C_{31} , konfigurace S a R (22S-17 α (H),21 β (H)-homohopan, 22R - 17 α (H),21 β (H)-homohopan) a bishomohopanů C_{32} , (22S-17 α (H),21 β (H)-homohopan, 22R - 17 α (H),21 β (H)-homohopan). Z **tab. 22** je zřejmé, že imise PM₁₀ na všech stanovištích pochází z dopravy s výjimkou stanoviště Areál ČOV, kde pochází ze spalování uhlí.

Tabulka 22 Poměry $C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$ a $C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$ v imisích PM₁₀.

	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	Areál ČOV	Areál ČOV	Sportovní areál	Paseky	Paseky
	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	9.-11.8.22	15.-16.3.23	26.-27.3.23	16.-17.3.23	17.-18.3.23	26.-27.3.23
$C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$	0,59	0,62	0,61	0,59	0,57	0,61	0,54	0,57	0,59	0,60
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava	doprava
$C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$	0,57	0,58	0,61	0,58	0,58	0,58	0,56	0,58	0,58	0,61
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava	doprava

Hodnoty poměrů steranů jsou uvedeny v **tab. 23**. Z **tab. 23** je zřejmé, že sterany pochází převážně z dopravy s výjimkou stanoviště Paseky (26.-27.3.22), kde pochází ze spalování uhlí. Celkové množství organických sloučenin jejichž zdrojem je doprava se pohybuje v rozsahu od 5,12 (ZŠ, 5.-8.7.22) do 95,45 ng/m³ (ČOV, 15.-16.3.23). Celkové množství organických sloučenin pocházejících ze spalování uhlí je v rozsahu od 1,75 (Paseky 26.-27.3.23) do 32,65 ng/m³ (areál ČOV, 15.-16.3.23).

Tabulka 23 Poměry steranů v imisích PM₁₀.

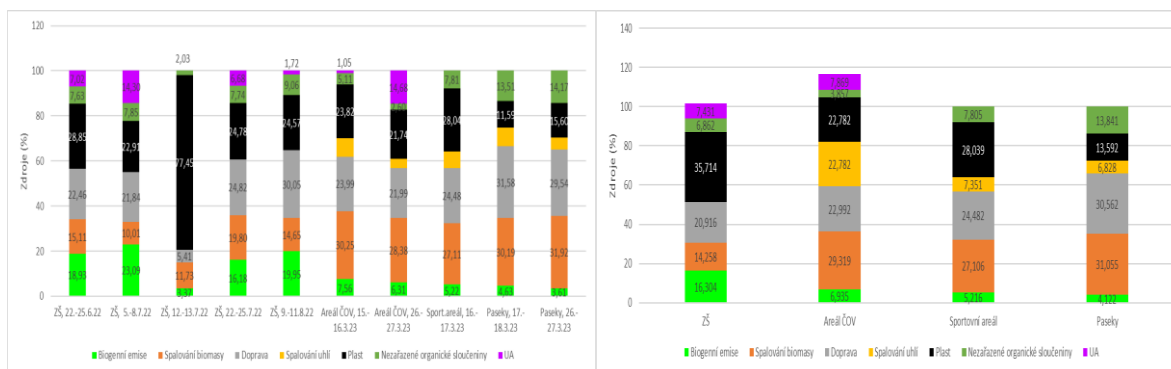
	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	ZŠ	Areál ČOV	Areál ČOV	Sportovní areál	Paseky	Paseky
	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	9.-11.8.22	15.-16.3.23	26.-27.3.23	16.-17.3.23	17.-18.3.23	26.-27.3.23
$C_{27}\alpha\beta\beta/C_{29}\alpha\beta\beta$	0,86	0,88	0,87	0,85	0,85	0,88	0,87	0,95	0,88	1,89
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí
$C_{27}\alpha\alpha\alpha 20S/(20S+20R)$	0,31	0,35	0,37	0,34	0,16	0,33	0,40	0,30	0,23	0,25
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava
$C_{28}\alpha\alpha\alpha 20R/C_{29}\alpha\alpha\alpha 20R$	0,40	0,41	0,38	0,45	0,41	0,48	0,80	0,81	0,80	0,52
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Mezi organické sloučeniny biogenního původu v imisích PM₁₀ patří terpeny (např. campholenal, calacorene, terpenil, 1,3,8-p-menthatriene, D-limonen atd.), alkoholy (tetradekanol, isomaltol, thymol), aldehydy a ketony (2-kumaranon, 2-karen-10-al, 2-heptadekanon, 2-hexadekanon, 2-pentadekanon, 2-tridekanon), methyl stearát, steroly (sitosterol). Množství organických sloučenin biogenního původu v imisích PM₁₀ se vyskytuje v rozsahu 1,23 (Paseky, 26.-27.3.23) do 32,48 ng/m³ (ZŠ, 22.-25.6.22).

Sloučeniny z plastů (syntetických polymerů) jsou uvolňovány těkáním a spalováním. Imise PM₁₀ obsahují strukturní sloučeniny (markery polymerů) a aditiva. Z aditiv a kontaminantů imise PM₁₀ obsahují diisobutylftalát, dinonylftalát, bis(2-ethylhexyl)ftalát, dibutylftalát, didekanyl ftalát, diisobutyl cellosolv, 1,2-ethanediol monobenzoate, 1(3H)-isobenzofuranone, 1,3-diacetin, 1,3-dioxolane, 1,3-dioxol-2-one, 2-ethyl-1-hexanol, bis(2-ethylhexyl)tereftalát, 1,6-dioxacyclododekan-7,12-dion, n, n-dimethyl-1-dodecanamine, 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrtát, 2,4-di-tert-butylfenol, 1-chloro-2-propanol fosfát (3:1), Bayer 28,589, benzofenon a další. Z monomerů pro výrobu plastů imise PM₁₀ obsahují 2-hydroxyethyl methakrylát, 1,4-bis(1-methylethenyl)benzene, 1,3-bis(1-methylethenyl)benzen, kaprolaktam, krotonyl isokynát, 1,3,5-trifenylcyklohexan, isokyanatocyklohexan, methakrylamid, anhydrid methakrylátové kyseliny a další. Množství sloučenin indikujících plast v imisích PM₁₀ je v rozsahu od 5,37 (ZŠ, 5.-8.7.2022) do 571,03 ng/m³ (ZŠ 12.-13.7.22).

4.7.2 Zhodnocení Bystřice

Identifikované organické sloučeniny pocházejí ze spalování biomasy, dopravy, biogenní (přírodní) hmoty a ze spalování uhlí. Největší podíl na znečištění v Bystřici má v letních měsících doprava (20,58 %) a emise z plastů (36,70 %). Biogenní emise a spalování biomasy přispívají v letních měsících cca 16 %. V jarním období se průměrně nejvíce na znečištění podílí spalování biomasy (33,13 %), které následují emise z dopravy (24,94 %) a těkání/spalování plastů (24,35 %). Procentuální míra znečištění pro každé stanoviště je zobrazena na **obr. 19**.



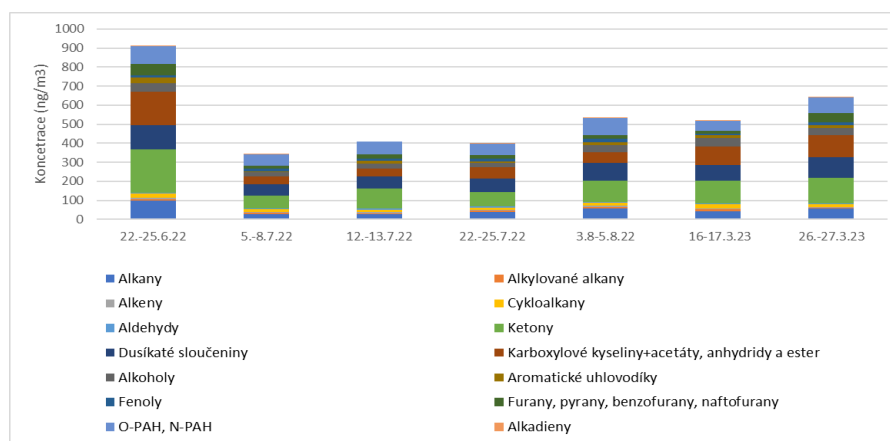
Obrázek 19 Procentuální podíl zdrojů v emisích PM₁₀ - Bystřice. Vlevo podíl znečištění pro jednotlivé dny, vpravo průměrné hodnoty pro jednotlivá odběrová místa.

4.7.3 Petrovice u Karviné

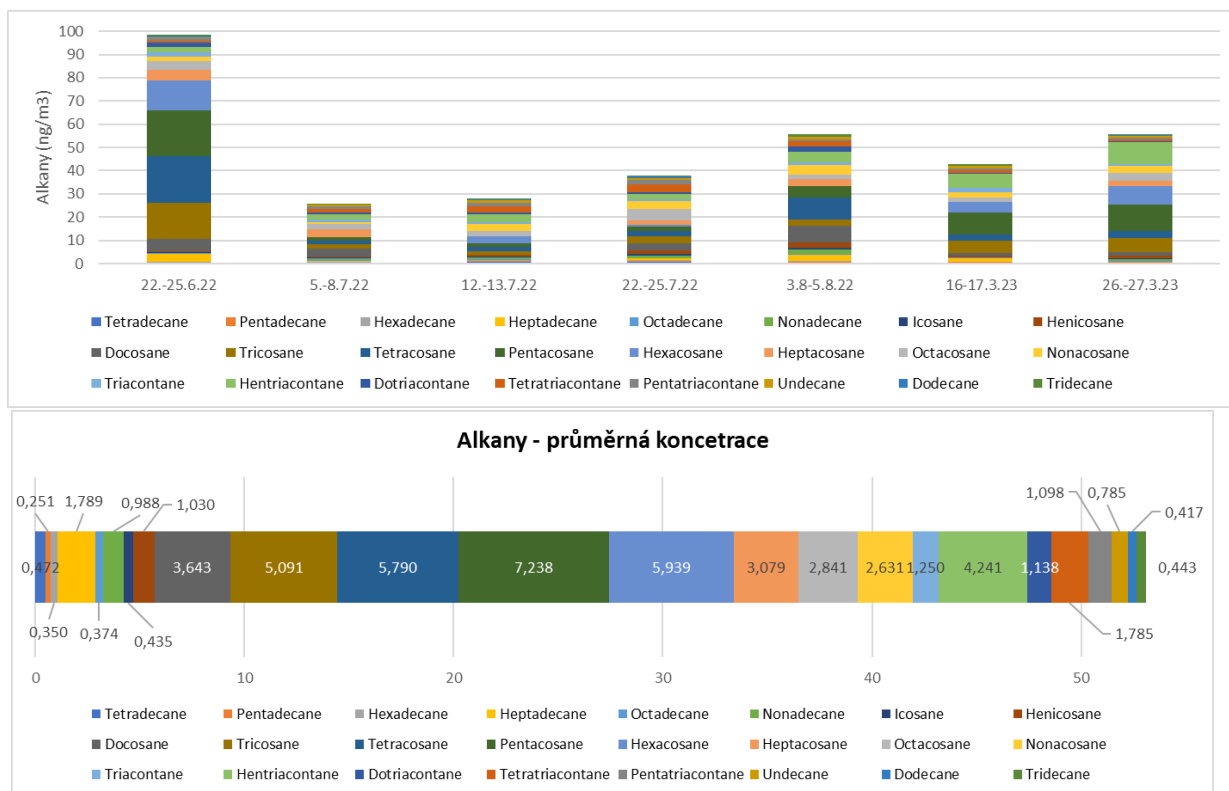
Koncentrace PM₁₀ se v rámci sledovaného období vyskytují v rozsahu od 10,13 (Areál TS, 26.-27.3.23) do 49,56 µg/m³ (22.-25.7.22) s průměrnou hodnotou 27,78 ± 15,12 µg/m³. Během sledovaného období nebyla překročena limitní koncentrace (50 µg/m³) platná jako maximální koncentrace pro 24hodinové měření (zákon o ochraně ovzduší 201/2012 Sb., v aktuálním znění).

V emisích PM₁₀ bylo identifikováno 293 (12.-17.7.22) až 358 (Areál TS, 16.-17.3.23) organických sloučenin. Skupiny organických sloučenin obsažené v emisích PM₁₀ jsou zobrazeny na **obr. 20**. Skupiny organických látek obsažených v PM₁₀ lze podle koncentrace sestupně seřadit v následujícím pořadí: ketony > sloučeniny obsahující organicky vázaný dusík > O-PAH + N-PAH > alkany > alkoholy > furany, pyrany, benzofurany > cykloalkany > aromatické uhlovodíky > fenoly > alkylované alkany > aldehydy > alkadieny.

V emisích PM₁₀ byly identifikovány alkany C₁₁ až C₃₅ (**obr. 21**). Průměrná koncentrace alkanů dosahuje hodnotu 49,15 ± 24,72 ng/m³, což reprezentuje cca 9,17% z organických sloučenin identifikovaných metodou TD-GC/MS. Původ alkanů v emisích byl stanoven na základě CPI indexu (**tab. 24**). Alkany v letním období (červen, červenec, srpen) pocházejí z dopravy. V jarním období (březen) pocházejí emise alkanů ze spalování biomasy.



Obrázek 20 Zastoupení organických sloučenin v emisích PM₁₀ – Petrovice u Karviné.



Obrázek 21 Alkany v imisích PM₁₀ – Petrovice u Karviné.

Tabulka 24 CPI indexy v imisích PM₁₀ – Petrovice u Karviné.

	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	3.8.-5.8.22	16.-17.3.23	26.-27.3.23
CPI Σ(C ₁₁ -C ₂₅)/(C ₁₀ -C ₂₄)	1,02	1,06	1,02	1,01	1,05	1,22	1,30
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	x	x
CPI Σ(C ₁₅ -C ₃₅)/(C ₁₄ -C ₃₄)	1,87	1,87	3,52	2,52	1,38	5,58	6,04
Zdroj	x	x	x	x	x	biomasa	biomasa
CPI Σ(C ₁₅ -C ₃₅)/Σ(C ₁₄ -C ₃₄)	1,82	2,93	1,26	0,84	0,63	1,76	1,84
Zdroj	x	x	x	x	x	x	x

Isoprenoidní uhlovodíky (pristan, fytan) umožňují indikovat v imisích PM₁₀ emise z dopravy a spalování uhlí. Z hodnoty poměru Pr/Ph vyplývá, že tyto sloučeniny pochází z dopravy (tab. 25).

Tabulka 25 Poměr Pr/Ph v imisích PM₁₀-Petrovice u Karviné.

	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	3.-5.8.22	Areál TS, 16.-17.3.22	Areál TS, 26.-27.3.22
Pristane	0,451	0,352	0,214	0,159	0,287	0,541	0,498
Phytane	0,852	0,652	0,341	0,298	0,352	0,784	0,982
Pr/Ph	0,53	0,54	0,63	0,53	0,82	0,69	0,51
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Emise z dopravy a uhlí je možné také definovat pomocí poměru hopanoidních uhlovodíků a steranů (Oros et al., 2000; Simoneit et al., 2004). Hodnoty poměrů C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) se pohybují v rozsahu od 0,58 do 0,61 (tab. 26) a indikují původ hopanoidních uhlovodíků z dopravy. Taktéž poměry steranů indikují jejich původ z dopravy (tab. 27).

Tabulka 26 Hodnota poměrů C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) v imisích PM₁₀-Petrovice u Karviné.

	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	3.-5.8.22	Areál TS, 16.-17.3.22	Areál TS, 26.-27.3.22
C ₃₁ S/(C ₃₁ S+C ₃₁ R)	0,58	0,60	0,60	0,60	0,59	0,60	0,58
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava
C ₃₂ S/(C ₃₂ S+C ₃₂ R)	0,60	0,58	0,59	0,60	0,61	0,59	0,60
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Tabulka 27 Hodnoty poměrů steranů v imisích PM₁₀-Petrovice u Karviné.

	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	3.-5.8.22	Areál TS, 16.-17.3.22	Areál TS, 26.-27.3.22
C ₂₇ αββ/C ₂₉ αββ	1,05	0,98	0,92	0,87	1,03	0,85	1,02
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava
C ₂₇ ααα20S/(20S+20R)	0,56	0,32	0,31	0,32	0,36	0,44	0,31
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava
C ₂₈ ααα20R/C ₂₉ ααα20R	0,71	0,58	0,83	0,73	0,51	0,49	0,68
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Spalování biomasy je charakteristické produkcí anhydrosacharidů (levoglukosan, manosan, galaktosan a další). V imisích PM₁₀ bylo v červenci, srpnu 2022 a v březnu 2023 potvrzeno spalování měkkého dřeva (**tab. 28**).

Tabulka 28 Poměr L/M (levoglukosan/manosan) pro imise PM₁₀ - Petrovice u Karviné.

Anhydrosacharidy (ng/m ³)	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	3.8-5.8.22	16-17.3.23	26.-27.3.23
Levoglucosan (L)	17,21	5,41	3,56	4,58	5,03	3,21	2,36
Manosan (M)	1,95	2,41	1,88	1,24	1,35	0,23	0,61
L/M	8,84	2,24	1,89	3,70	3,72	13,88	3,88
Zdroj	x	x	x	měkké dříví	měkké dříví	tvrdé dříví	měkké dříví

Spalovací procesy (uhlí, biomasa), a také doprava produkují karboxylové kyseliny zvláště oktadekanovou (C₁₈) a hexadekanovou kyselinu (C₁₆). Diagnostický poměr C₁₈/C₁₆ umožňuje rozlišení původu emisí těchto kyselin (**tab. 29**).

Tabulka 29 C₁₈/C₁₆ pro imise PM₁₀ - Petrovice u Karviné.

	22.-25.6.22	5.-8.7.22	12.-13.7.22	22.-25.7.22	3.8-5.8.22	16-17.3.23	26.-27.3.23
Octadecanoic acid	0,794	2,272	1,685	1,011	0,925	2,059	4,531
Hexadecanoic acid	1,612	6,528	3,940	2,269	2,009	4,651	18,278
C ₁₈ /C ₁₆	0,493	0,348	0,428	0,446	0,460	0,443	0,248
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	dřevo

Z **tab. 29** je zřejmé, že převážná část emisí C₁₈, C₁₆ pochází z dopravy, výjimku tvoří jen imise z areálu TS (26.-27.3.23). Spalování biomasy produkuje také pryskyřičné kyseliny a jejich deriváty (např. 7-oxodehydroabietová kyselina, methyldehydroabietát atd.). Koncentrace pryskyřičných kyselin a jejich derivátů v imisích PM₁₀ je v rozsahu od 5,77 (22.-25.7.22) do 14,81 ng/m³ (26.-27.3.23, areál TS).

Sloučeniny biogenního původu v imisích PM₁₀ jsou zastoupeny terpeny (např. kamfolenal, kalakoren, terpinen, karvenon, D-limonen a další), ketony (např. 3-penten-2-on, 3-hexen-2-on, 3-heptanon a jejich alkylované analogy a další), alkoholy a fenoly (např. kumenol). Množství organických sloučenin biogenního původu se pohybuje v rozsahu od 43,58 (12.-13.7.22) do 81,53 (22.-25.7.22) ng/m³. Průměrná koncentrace sloučenin indikujících biogenní znečištění je 56,90 ± 12,26 ng/m³.

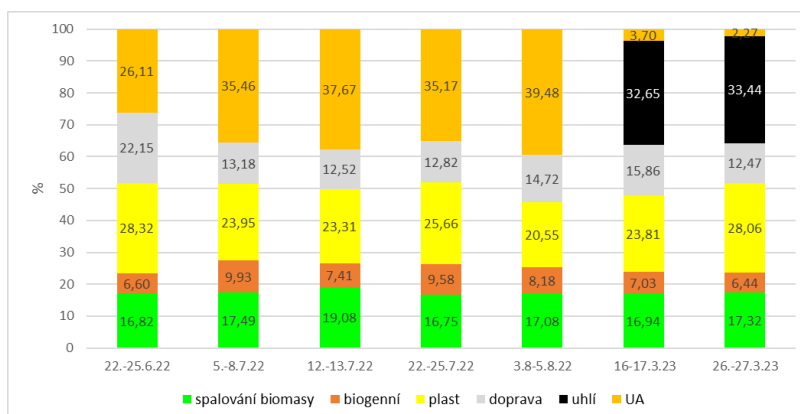
Znečištění syntetickými polymery (plasty) v imisích PM₁₀ indikuje přítomnost aditiv a nezreagovaných monomerů plastů. Celkem bylo identifikováno mezi 81 až 97 organickými sloučeninami indikujících plasty. Z aditiv imise PM₁₀ obsahují plasticizéry (např. dinonyl ftalát, diisobutyl ftalát, dibutyl ftalát, diethyl ftalát, 1,3-diacetin, 1,2-ethanediol monobenzoat, bis(2-ethylhexyl)ftalát, 2-ethyl-1-hexanol, o-acetylcitric acid triethyl ester, butyl citrát, didekanyl ftalát, 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrtát a další). Z vytvrzujících agentů pro plasty imise PM₁₀ obsahují 1,6-dioxacyclododecane-7,12-dion. Z degradačních produktů a prekurzorů imise PM₁₀ obsahují např. anhydrid kyseliny ftalové, ftalimid, n-methyl methakrylamid, 5'-fenyl-1,1':3',1''-terfenyl), UV stabilizátory (např. oxybenzon), antioxidanty (např. Bayer 28,589), retardanty hoření (např. 1-chloro-2-propanol fosfát (3:1). Nezreagované monomery zahrnují např. styren, 1,3-diphenyl-1,3-butadien, kaprolaktam, 1(3H)-isobenzofuranon, 4,5-dimethyl-1,3-isobenzofurandion, 4-methyl-1,3-isobenzofurandion a další. Koncentrace sloučenin

odvozených z plastů je v rozsahu od 129,85 (5.-8.7.22) do 349,96 (22.-25.7.22) ng/m³. Průměrná koncentrace sloučenin za celé sledované období je 189,04±81,10 ng/m³.

Chemické sloučeniny uvolňované při spalování uhlí byly potvrzeny v imisích PM₁₀ v období jara 2023 (areál TS). Organické sloučeniny indukující emise ze spalování uhlí zahrnují 1,1,5,6-tetramethyl-1,2,3,4-tetrahydronaftalen, 1-Phenanthrenecarboxaldehyde, 1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,4a.beta.,10a.alpha.)]-, 2(1H)-Phenanthrenone, 3,4,4a,4b,5,6,7,8,10,10a-decahydro-1,1,4a,7,7-pentamethyl-, [4aR-(4a.alpha.,4b.beta.,10a.beta.)]-, 6-Isopropyl-1,4-dimethylnaphthalene, karbazol, 1,2,3,4,4a,8a-hexahydronaftalen, alkylované naftaleny, biogenní kadenal a pimantren, quinolin a jeho sloučeniny (nafto(2,3-h)chinolin, 2,3,4-trimethylchinolin, 2,4-dimethylchinolin, 2,7-dimethylchinolin, 4-a 6-methylchinolin), xantheny (nafto(2,1,8,7-klmn)xanten, xanton, nafto(1,2-c)furan-1,3-dion, perylen, alkylfenantreny (3,6-dimethylfenantren, 4-methylfenantren, 2-methylfenantren). Množství organických sloučenin pocházejících ze spalování uhlí se pohybuje v rozsahu od 220,43 (16.-17.3.23) do 294,57 ng/m³ (TS, 26.-27.3.23).

4.7.4 Vyhodnocení částic PM₁₀ Petrovice u Karviné

PM₁₀ obsahuje částice jejichž zdrojem je biogenní hmota, dále částice, které jsou uvolňovány při spalování biomasy a uhlí, z dopravy a částice uvolňované při spalování/těkání plastů. Podíl jednotlivých zdrojů včetně nerozlišené organické hmoty je uveden na **obr. 22**. Ve výpočtu nejsou zahrnuty částice anorganické původu a jejich zdroj. Obrázek je normalizován na 100% organické hmoty v PM₁₀. V letním i jarním období vykazují nejvyšší koncentrace chemické sloučeniny uvolňované z těkání plastů, následuje spalování biomasy a doprava.



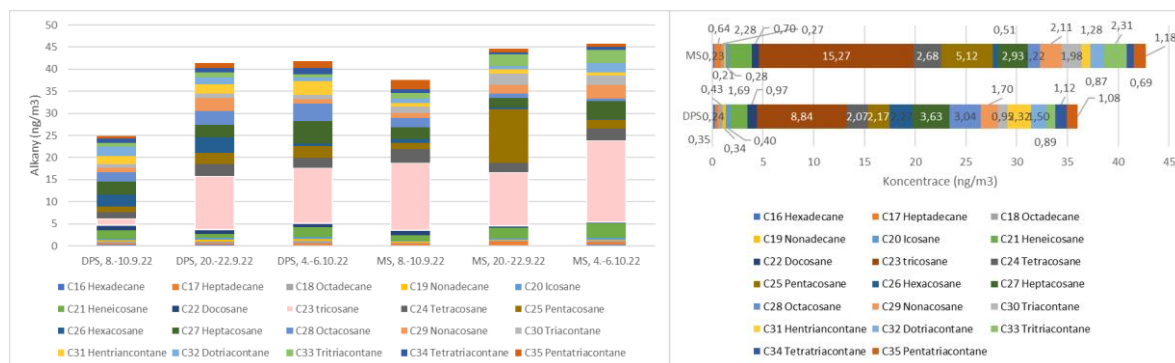
Obrázek 22 Původ organických sloučenin v imisích PM₁₀ - Petrovice u Karviné, UA – nerozlišená organická hmota.

4.7.5 Vendryně

Vzorky imisí PM₁₀ odebrané ve Vendryni (DPS, Mateřská škola) v podzimním období mají velmi nízkou koncentraci PM₁₀, a to 10,13 (DPS, 20-22.9.22) až 18,10 µg/m³ (MŠ, 8.-10.9.22). Průměrná koncentrace PM₁₀ za celé sledované období je 13,75±3,32 µg/m³. Celkem bylo identifikováno mezi 265 (MŠ, 8.-10.9.22) až 270 (MŠ, 20.-22.9.22) organickými sloučeninami, které lze zařadit do 15 skupin (**obr. 23**). Podle klesající koncentrace lze jednotlivé skupiny organických sloučenin seřadit v tomto pořadí: UA > aditiva (sloučeniny z plastů) > karboxylové kyseliny > anhydrosacharidy > alkany > sloučeniny s organicky vázaným dusíkem > terpeny > furany + pyrany > alkeny > aromatické uhlovodíky > alkoholy > cykloalkany.



Alkany v imisích PM₁₀ byly zastoupeny v rozsahu od C₁₆ do C₃₅ (**obr. 24**). Stanovená sumární koncentrace alkanů v imisích PM₁₀ se pohybuje od 24,83 (DPS, 8.-10.9.22) do 45,75 ng/m³ (MŠ, 4.-6.10.22).



Z hodnoty CPI indexu vyplývá, že alkyany pochází ze spalování biomasy s výjimkou DPS (8.-10.9.22), viz **tab. 30**.

Tabulka 30 CPI indexy pro alkyany v imisích PM₁₀ - Vendryně.

	DPS 8.-10.9.22	DPS 20.-22.9.22	DPS 4.-6.10.22	MŠ 8.-10.9.22	MŠ 20.-22.9.22	MŠ 4.-6.10.22
CPI 1 $\Sigma(C_{11}-C_{25})/(C_{10}-C_{24})$						
Zdroj	Hodnoty CPI1 v rozsahu 1.61 až 7.98 neindikují dopravu					
CPI 2 $\Sigma(C_{15}-C_{35})/(C_{14}-C_{24})$		5,57	7,05	5,58	10,47	8,94
Zdroj		biomasa	biomasa	biomasa	biomasa	biomasa
CPI 3 $\Sigma(C_{15}-C_{35})/\Sigma(C_{14}-C_{34})$	1,190					
Zdroj	uhlí					

Přítomnost částic ze spalování biomasy byla verifikována hodnotou poměru L/M (levoglucosan/manosan). Hodnota poměru L/M > 3,60 na stanovištích DPS indikuje jejich původ ze spalování měkkých dřevin (**tab. 31**).

Tabulka 31 Poměr L/M v imisích PM₁₀-Vendryně.

	DPS	DPS	DPS	MŠ	MŠ	MŠ
	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22
Levoglucosan	26,52	45,21	55,14	125,30	5,63	37,52
Manosan	6,25	11,62	12,14	41,20	2,37	12,01
L/M	4,24	3,89	4,54	3,04	2,38	3,12
Zdroj	biomasa	biomasa	biomasa	x	x	x

Také poměr C₁₈/C₁₆ v imisích PM₁₀ indikuje původ kyselin ze spalování biomasy na stanovišti DPS. Doprava byla identifikována na stanovišti MŠ (8.-10.9.22) a vliv spalování uhlí na stanovišti MŠ v období 20.-22.9.22 a 4.-6.10.22 (**tab. 32**).

Tabulka 32 Poměr C₁₈/C₁₆ v imisích PM₁₀-Vendryně.

	DPS	DPS	DPS	MŠ	MŠ	MŠ
	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22
C ₁₈ /C ₁₆	0,17	0,15	0,13	0,50	0,63	0,70
Zdroj	biomasa	biomasa	biomasa	doprava	uhlí	uhlí

Poměr isoprenoidních uhlovodíků (pristan/fytan) v imisích PM₁₀ indikuje u všech vzorků s výjimkou DPS (8.-10.9.22) znečištění z dopravy (**tab. 33**). Na stanovišti DPS (8.-10.9.22) byly na byly základě hodnoty poměru Pr/Ph identifikován vliv spalování uhlí (**tab. 33**). Podobně poměry homohopanoidních a bishomohopanoidních uhlovodíků (**tab. 34**) C₃₁S/C₃₁S+C₃₁R a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) a steranů (**tab. 35**) indikují na všech stanovištích znečištění z dopravy s výjimkou MŠ (8.-10.9.22).

Tabulka 33 Poměr pristan/fytan v imisích PM₁₀ - Vendryně.

	DPS	DPS	DPS	MŠ	MŠ	MŠ
	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22
Pristane	0,15	0,07	0,09	0,05	0,07	0,05
Phytane	0,08	0,10	0,13	0,09	0,11	0,07
Pr/Ph	1,96	0,68	0,68	0,55	0,62	0,66
Zdroj	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Tabulka 34 Poměry C₃₁S/C₃₁S+C₃₁R a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) v imisích PM₁₀ - Vendryně.

	DPS	DPS	DPS	MŠ	MŠ	MŠ
	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22
C ₃₁ S/(C ₃₁ S+C ₃₁ R)	0,59	0,59	0,61	0,59	0,59	0,58
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava
C ₃₂ S/(C ₃₂ S+C ₃₂ R)	0,58	0,60	0,58	0,59	0,58	0,58
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

Tabulka 35 Poměry steranů v imisích PM₁₀ - Vendryně.

	DPS	DPS	DPS	MŠ	MŠ	MŠ
	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22
C ₂₇ αββ/C ₂₉ αββ	0,97	1,04	0,88	1,28	0,84	0,98
Zdroj	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava
C ₂₇ ααα.20S/(20S+20R)	0,58	0,52	0,56	0,43	0,50	0,48
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava
C ₂₈ ααα.20R/C ₂₉ ααα.20R	0,61	0,60	0,47	0,49	0,50	0,50
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava

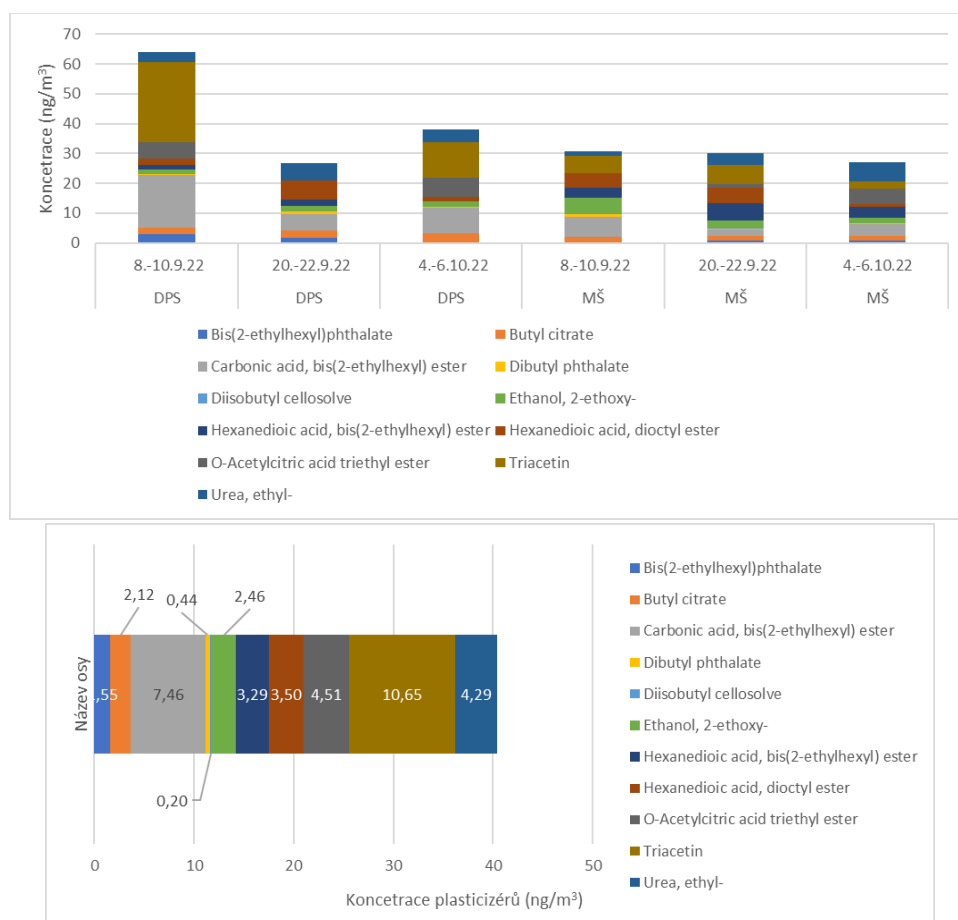
V imisích PM₁₀ bylo identifikováno 49 organických sloučenin uvolněných při spalování/těkání plastů. Organické sloučeniny reprezentují degradační produkty plastů včetně nezreagovaných monomerů a oligomerů, prekurzory, inhibitory a katalyzátory, biocidy, vazné a kluzné agenty, plasticizéry,

antioxidanty a UV blokátory, vůně. Z inhibitorů a katalyzátorů byl v imisích obsažen dimethyl(amino)ethyl methakrylát a n,n-dimethylmethylamin. Z biocidů na ochranu plastů proti mikroorganismům imise PM₁₀ obsahují diethyltoluamid, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methylfenol methylkarbamát, 2-(1-methylethyl)fenol methylkarbamát (**tab. 36**).

Tabulka 36 Biocidy v imisích PM₁₀ - Vendryně.

Biocidy	DPS 8.-10.9.22	DPS 20.-22.9.22	DPS 4.-6.10.22	MŠ 8.-10.9.22	MŠ 20.-22.9.22	MŠ 4.-6.10.22	AVG	SMODCH
Diethyltoluamide	0,409	0,497	0,698	0,520	0,320	0,250	0,449	0,159
Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-, methylcarbam	2,804		2,791	3,400	1,800		2,699	0,663
Phenol, 2-(1-methylethyl)-, methylcarbamate	1,710	1,650	1,240	1,850	1,820	2,410	1,780	0,379

Z aditiv mají v částicích PM₁₀ největší zastoupení plasticizéry. Plasticizéry se používají pro změkčení plastů, zvýšení jejich flexibility. Celkem bylo identifikováno 11 zástupců (**obr. 25**). Sumární koncentrace plasticizérů se pohybuje v rozsahu od 26.70 (DPS, 20.-22.9.22) do 64.04 ng/m³ (DPS 8.-10.9.22).



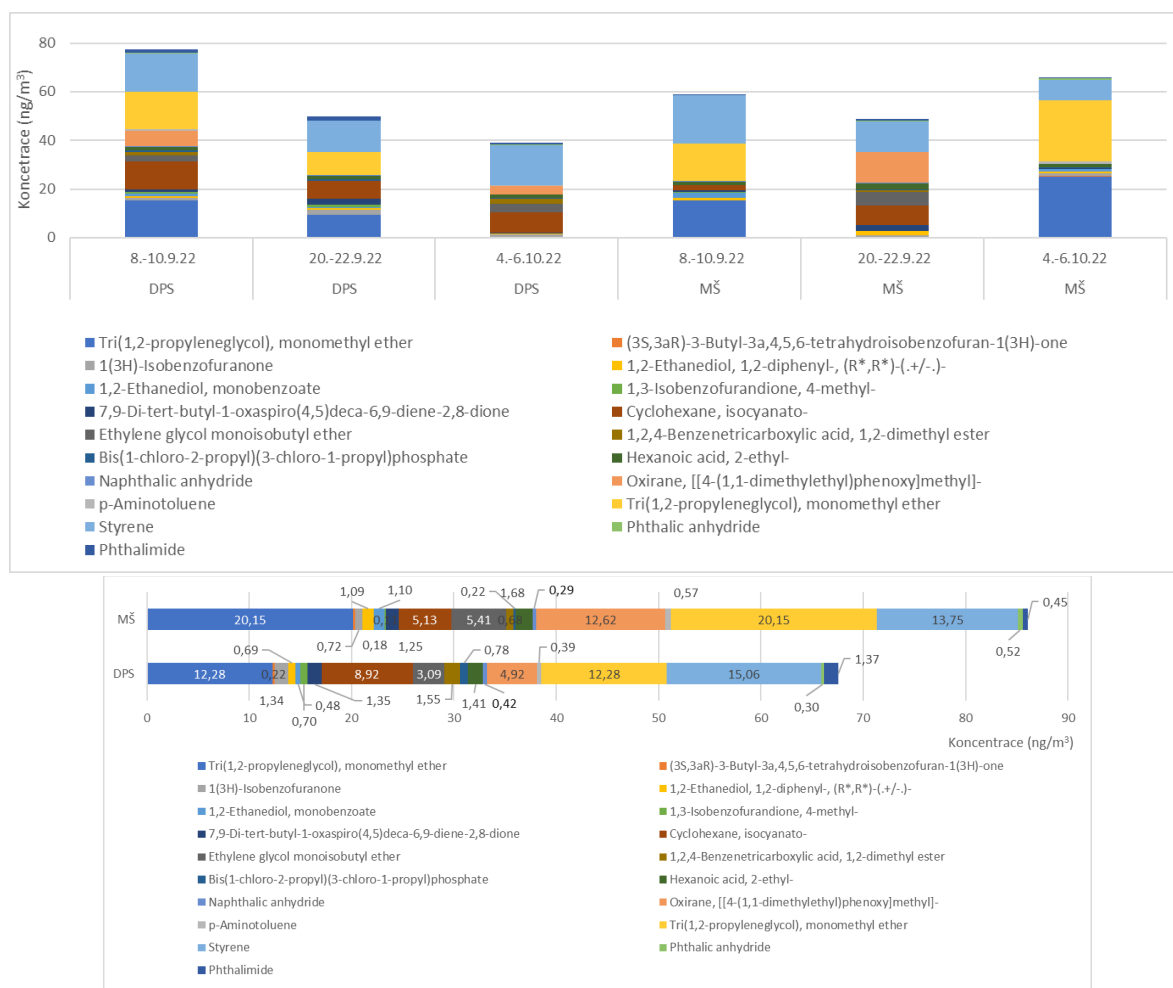
Obrázek 25 Plasticizéry v imisích PM₁₀ – Vendryně, nahoře koncentrace pro jednotlivá měření, dole průměrná koncentrace pro obě měřící místa a denní odběry.

Z antioxidantů a UV blokátorů imise PM₁₀ obsahují 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyd v rozsahu od 0,229 (MŠ, 20.-22.9.22) do 0,787 (DPS, 8.-10.9.22) ng/m³ a Bayer 28,589 v rozsahu od 0,331 (DPS, 20.-22.9.22) do 1,15 ng/m³ (MŠ, 4.-6.10.22). Z vonných komponent, které jsou složkou textilu, plastů a jiných spotřebitelských výrobků, částice PM₁₀ obsahují 5 sloučenin (**tab. 37**).

Tabulka 37 Vonné sloučeniny v imisích PM₁₀.

	DPS	DPS	DPS	MŠ	MŠ	MŠ
Vůně	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22	8.-10.9.22	20.-22.9.22	4.-6.10.22
3-Acetyl-1H-pyrroline	0,562	0,676		7,028	0,540	0,540
4,8,12,16-Tetramethylheptadecan-4-olide	1,906		0,349		0,241	0,241
4H-Inden-4-one, 1,2,3,5,6,7-hexahydro-1,1,2,3,3-pentamethyl-	0,153	1,120		1,090	0,590	0,590
Borane, diethyl(decyloxy)-	1,200	0,967		0,632	0,510	0,360
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	3,663	2,486	2,630		1,520	1,795

Z nezreagovaných syntetických monomerů imise PM₁₀ obsahují v nejvyšších koncentracích styrene (14,41±3,97 ng/m³), tri(1,2-propyleneglycol)monomethyl ether (16,21±6,53 ng/m³), isokyanatocyklohexan (7,40±3,38 ng/m³). V koncentraci menší než 1 ng/m³ je v částicích PM₁₀ přítomen ftalimid, anhydrid kyseliny ftalové, p-aminotoluen, anhydrid naftalenu, 1(3H)-isobenzofuranon, 1,2-difenyl-1,2-ethandiol, 1,2-ethandiol monobenzoát, 4-methyl-1,3-isobenzofurandion, bis(1-chloro-2-propyl)(3-chloro-1-propyl)fosfát. V koncentraci 1 až 2 ng/m³ částice PM₁₀ obsahují 7,9-di-terc.-butyl-1-oxaspiro(4,5)deka-6,9-dien-2,8-dion a 2-ethylhexanovou kyselinu. Celkové množství organických sloučenin indikujících plast v PM₁₀ se pohybuje v rozsahu od 90,04 (DPS 20.-22.9.22) do 148,04 ng/m³ (DPS 8.-10.9.22), viz **obr. 26**. Průměrné koncentrace těchto sloučenin jsou v lokalitě MŠ cca o ⅓ vyšší (86,06±29,32 ng/m³) než v lokalitě DPS (67.54 ± 19.31 ng/m³).



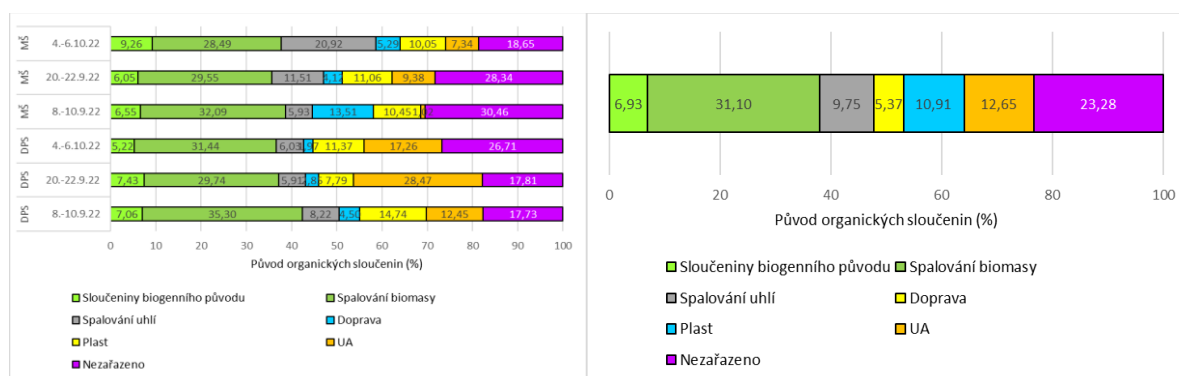
Obrázek 26 Degradací produkty, monomery a prekurzory pocházející z plastů.

Částice PM₁₀ biogenního původu zastupují terpeny: kalakoren, kamfolenal, terpinyl acetát, 1,3,8-p-menthatrien, alfa-terpinen, 1S,2S,3R,5S-pinandiol, borneol, nopinon, kamfen, karvenon, terpin, karvomethon, p-menthon, p-mentha-1,8-dien, L-alfa-terpineol, p-mentha-1,5-dien-8-ol, D-8-

hydroxykarvotanaceton. Z alkoholů byl identifikován: heptadekanol, mequinol, 4-methylen-5-hexen-2-ol a dioly jako je 2,7-dimethyl-4-okten-2,7-diol. Z ketonů a aldehydů byl v částicích PM₁₀ stanoven 1-(4-methylfenyl)-1-pentanon, 2,4-dimethyl-1-penten-3-on, 2-heptadekanon, sloučeniny s organicky vázaným dusíkem zastupuje 2-pyrolidinon a další. Nižší mastné kyseliny jako je např. dekanová, butanová, propanová, pentanová, oktanová jsou produkovány mikroorganismy. Částice PM₁₀ biogenního původu se pohybují v rozmezí od 49,36 (DPS, 4.-6.10.22) do 85,84 ng/m³ (DPS 20.-22.9.22).

4.7.6 Původ částic v PM₁₀ - Vendryně

Identifikované organické sloučeniny v imisích PM₁₀ indikují původ částic z dopravy, ze spalování a těkání plastů, ze spalování uhlí a biomasy a částice biogenního původu. Podíl částic v PM₁₀ je zobrazena na obr. 27.



Obrázek 27 Vendryně - rozdělení organických sloučenin v PM₁₀ dle původu, vlevo pro všechny odběry, vpravo průměrná hodnota.

4.7.7 Chotěbuz

Vzorky imisí PM₁₀ v Chotěbuzi byly odebrány v zimním období (listopad 2022 až leden 2023). Koncentrace PM₁₀ jsou v rozsahu od 14,36 (Chotěbuz, hřbitov 6.-7.1.23) až 34,19 µg/m³ (Chotěbuz 218, 8.-9.1.23). Průměrná koncentrace PM₁₀ za celé sledované období je 24,61±8,13 µg/m³. Počet identifikovaných organických sloučenin v imisích PM₁₀ je 115 (Chotěbuz 218, 8.-9.1.23) až 125 (U hřbitova, 17.-18.1.23). Identifikované organické sloučeniny patří do skupiny alkanů a jejich methylovaných analogů, alkeny, karboxylových kyselin, aromatických uhlovodíků, sloučeniny s obsahem heterocyklického a alifatického dusíku, dusíkaté a kyslíkaté polycyklické aromatické uhlovodíky, alkoholy, aldehydy a ketony, sloučeniny s obsahem fenolu, sloučeniny s obsahem organické síry.

V imisích PM₁₀ byly identifikovány alkaný C₁₁ až C₃₅. Sumární koncentrace alkanů jsou v rozsahu od 21,83 (Hřbitov, 17.-18.23) až 97,05 ng/m³ (Hřbitov, 6.-7.1.23). Hodnoty CPI alkanů jsou uvedeny v tab. 38. Původ alkanů z dopravy byl potvrzen na stanovišti Obecní úřad (17.-18.11.22) a U hřbitova (6.-7.1.23). Původ alkanů ze spalování biomasy byl potvrzen na stanovišti Obecní úřad (29.-30.11.22), Chotěbuz 218 (30.-31.12.22), U hřbitova (17.-18.1.23), Chotěbuz 218 (8.-9.1.23, 17.-18.1.23). Emise alkanů ze spalování uhlí byly identifikovány pouze ve vzorku U hřbitova (6.-7.1.23).

Tabulka 38 Indexy CPI alkanů v imisích PM₁₀.

	Obecní úřad 17.-18.11.22	Obecní úřad 29.-30.11.22	Chotěbuz 218 30.-31.12.22	U hřbitova 6.-7.1.23	U hřbitova 17.-18.1.23	Chotěbuz 218 8.-9.1.23	Chotěbuz 218 17.-18.1.23
CPI1 $\Sigma(C_{11}-C_{25})/(\Sigma C_{10}-C_{24})$	1,01	0,73	1,46	1,08	6,11	2,00	1,62
Zdroj	doprava	x	x	doprava	x	x	x
CPI $\Sigma(C_{15}-C_{35})/(\Sigma C_{14}-C_{34})$	4,79	5,11	5,01	1,87	5,22	5,72	5,58
Zdroj	x	biomasa	biomasa		biomasa	biomasa	biomasa
CPI $\Sigma(C_{15}-C_{35})/\Sigma(C_{14}-C_{34})$	1,73	1,27	2,12	1,04	4,41	4,20	2,42
Zdroj	x	x	x	uhlí	x	x	x

Z hodnoty poměru levoglukosan/manosan (L/M) vyplývá, že se na všech stanovištích projevilo spalování měkkého dřeva (**tab. 39**). Výjimkou je stanoviště Obecní úřad (29.-30.11.22) a Chotěbuz 218 (8.-9.1.23) kdy hodnoty poměru indikují spalování tvrdého dřeva. Emise ze spalování biomasy produkují také fenoly (2-methoxyfenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxyfenol) a propanon.

Tabulka 39 Poměr L/M v imisích PM₁₀.

	Obecní úřad 17.-18.11.22	Obecní úřad 29.-30.11.22	Chotěbuz 218 30.-31.12.22	U hřbitova 6.-7.1.23	U hřbitova 17.-18.1.23	Chotěbuz 218 8.-9.1.23	Chotěbuz 218 17.-18.1.23
Levoglukosan	21,30	40,50	36,02	31,10	28,50	34,19	19,45
Manosan	5,56	2,65	9,52	6,75	7,85	1,85	5,36
L/M	3,83	15,27	3,78	4,61	3,63	18,44	3,63
Zdroj	měkké dřevo	tvrdé dřevo	měkké dřevo	měkké dřevo	měkké dřevo	tvrdé dřevo	měkké dřevo

Poměr oktadekanové (C₁₈) a hexadekanové kyseliny (C₁₆) indikuje původ karboxylových kyselin z dopravy a ze spalování biomasy (**tab. 40**).

Tabulka 40 Poměr C₁₈/C₁₆ v imisích PM₁₀.

	Obecní úřad 17.-18.11.22	Obecní úřad 29.-30.11.22	Chotěbuz 218 30.-31.12.22	U hřbitova 6.-7.1.23	U hřbitova 17.-18.1.23	Chotěbuz 218 8.-9.1.23	Chotěbuz 218 17.-18.1.23
C ₁₈ /C ₁₆	0,34	0,13	0,31	0,10	0,25	0,38	0,41
Zdroj	doprava	biomasa	doprava	biomasa	doprava	doprava	doprava

Poměr pristan/fytan indikuje u všech vzorků dopravu s výjimkou imisí PM₁₀ u hřbitova (17.-18.1.22) a Chotěbuz 218 (17.-18.1.22) kde hodnoty odpovídají spalování uhlí (**tab. 41**).

Tabulka 41 Poměr Pr/Ph v imisích PM₁₀.

	Obecní úřad, 17.-18.11.22 TSQ57	Obecní úřad, 29.-30.11.22 TSQ58	U hřbitova, 29.-30.12.22 TSQ59	U hřbitova, 6.-7.1.22 TSQ60	U hřbitova, 17.-18.1.22 TSQ99	Chotěbuz 218, 8.-9.1.22 TSQ97	Chotěbuz 218, 17.-18.1.22 TSQ98	Chotěbuz 218, 30.-31.12.22 TSQ96
Pristane	0,03	0,05	0,07	0,05	0,10	0,14	0,06	0,08
Phytane	0,10	0,25	0,14	0,10	0,08	0,09	0,15	0,18
Pr/Ph	0,31	0,21	0,51	0,51	1,23	1,56	0,38	0,45
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava

Poměry homohopanoidních a bishomohopanoidních uhlovodíků (**tab. 42**) indikuje na všech stanovištích jejich původ z dopravy s výjimkou stanoviště U hřbitova (6.-7.1.22) a Chotěbuz 218 (8.-9.1.22), kde tyto uhlovodíky pocházejí ze spalování uhlí.

Tabulka 42 Poměry C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) v imisích PM₁₀-Chotěbuz.

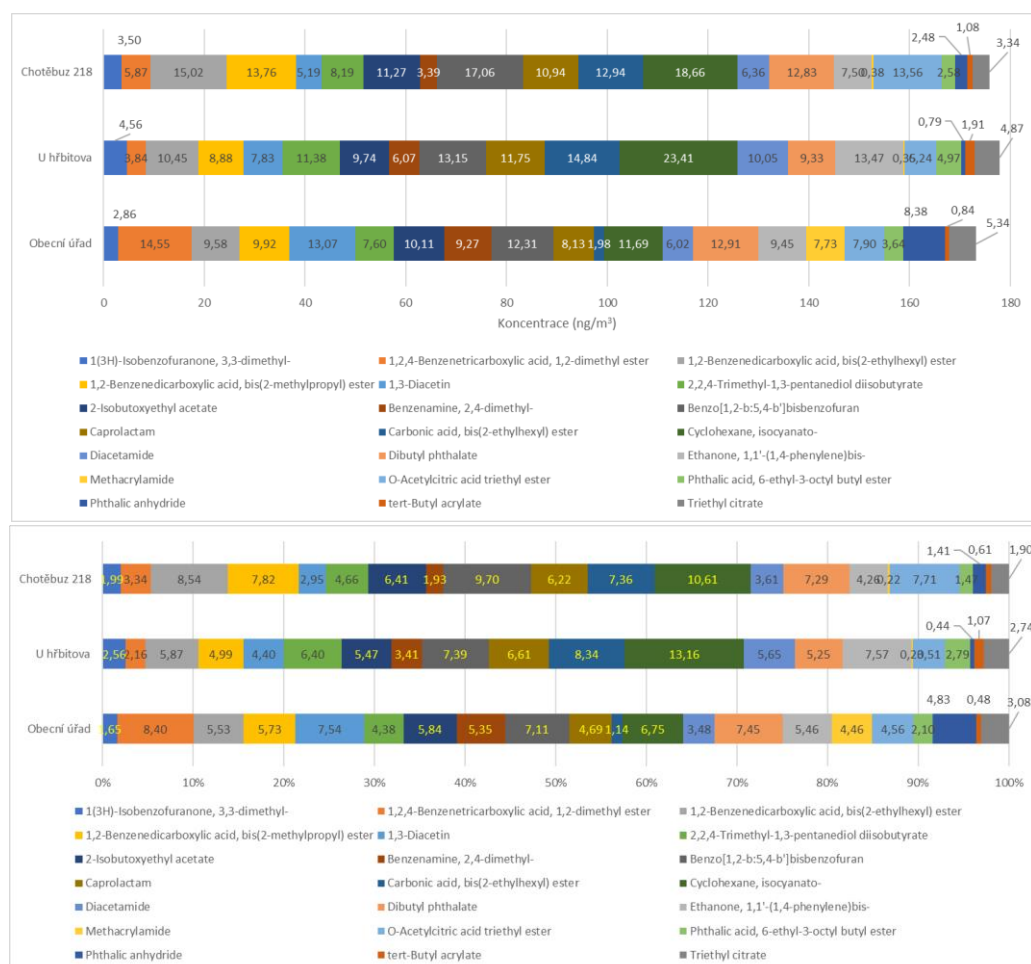
	TSQ57	TSQ58	TSQ59	TSQ60	TSQ99	TSQ97	TSQ98	TSQ96
	Obecní úřad, 17.-18.11.22	Obecní úřad, 29.-30.11.22	U hřbitova, 29.-30.12.22	U hřbitova, 6.-7.1.22	U hřbitova, 17.-18.1.22	Chotěbuz 218, 8.-9.1.22	Chotěbuz 218, 17.-18.1.22	Chotěbuz 218, 30.-31.12.22
C ₃₁ S/(C ₃₁ S+C ₃₁ R)	0,60	0,58	0,60	0,60	0,53	0,54	0,58	0,60
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava
C ₃₂ S/(C ₃₂ S+C ₃₂ R)	0,60	0,59	0,62	0,59	0,52	0,54	0,60	0,61
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava

Z hodnoty poměru steranů C₂₇αββ/C₂₉αββ vyplývá, že na všech stanovištích pochází z dopravy. Výjimku tvoří pouze imise odebrané na stanovišti Chotěbuz 218 (17.-18.1.22, 30.-31.12.22). Také hodnota poměru steranů C₂₇ααα20S/(20S+20R) odpovídá jejich původu z dopravy z dopravy, s výjimkou imisí PM₁₀ na stanovišti U hřbitova (17.-18.1.22) a Chotěbuz 218 (8.-9.1.22), kde hodnoty odpovídají spalování uhlí. Podobně poměr steranů C₂₈ααα20R/C₂₉ααα20R potvrdil na stanovišti Chotěbuz (17.-18.1.22, 30.-31.12.22) jejich původ ze spalování uhlí, u zbývajících stanovišť sterany pochází z dopravy (**tab. 43**).

Tabulka 43 Poměry steranů

	Obecní úřad, 17.-18.11.22	Obecní úřad, 29.-30.11.22	U hřbitova, 29.-30.12.22	U hřbitova, 6.-7.1.22	U hřbitova, 17.-18.1.22	Chotěbuz 218, 8.-9.1.22	Chotěbuz 218, 17.-18.1.22	Chotěbuz 218, 30.-31.12.22
$C_{27}\alpha\beta/C_{29}\alpha\beta$	1,10	0,64	1,14	0,97	1,20	1,15	0,44	1,04
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava
$C_{27}\alpha\alpha.20S/(20S+20R)$	0,35	0,33	0,32	0,30	0,65	0,63	0,36	0,41
Zdroj	doprava	dsop	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava
$C_{28}\alpha\alpha.20R/C_{29}\alpha\alpha.20R$	0,79	0,81	0,79	0,80	0,47	0,38	1,00	1,03
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	ulí	uhlí

V imisích PM₁₀ bylo identifikováno 21 organických sloučenin, které se uvolňují při těkání/spalování plastů. Tyto sloučeniny jsou tvořeny aditivy, degradačními produkty plastů, prekursorů pro výrobu plastů a aditiv a kontaminantů plastů (**obr. 28**). Koncentrace organických sloučenin indikujících těkání/spalování plastů jsou v rozsahu od 162,32 (Chotěbuz 218, 8.-9.1.23) do 215,62 ng/m³ (Chotěbuz 218, 30.-31.12. 22). Celkové průměrné koncentrace pro jednotlivé lokality jsou srovnatelné, liší se zastoupením některých sloučenin. Největší rozdíl v koncentraci těchto sloučenin na jednotlivých lokalitách je pozorovatelný u isocyanatocyclohexane, který se na lokalitě Chotěbuz 218 a U hřbitova vyskytuje ve dvojnásobné koncentraci ve srovnání s koncentrací naměřenou u obecního úřadu. Druhou sloučeninou s významným rozdílem je carbonic acid,bis(2-ethylhexyl) ester (**obr. 28**).



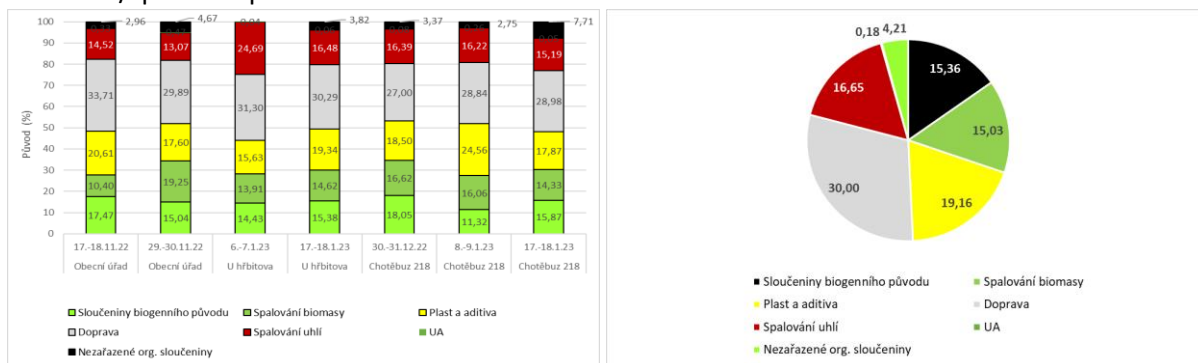
Obrázek 28 Organické sloučeniny indikující těkání/spalování plastů v imisích PM₁₀. V horním obrázku jsou uvedené průměrné koncentrace pro lokality, ve spodním obrázku jsou koncentrace přepočtené na procentuální zastoupení jednotlivých sloučenin.

Biogenní hmotu v imisích PM₁₀ reprezentují alkoholy (např. heptanol, tridekinol, butanol), xylosa, aldehydy a ketony (isoacetovanilon, hexanon). Sloučeniny pocházející z biogenní hmoty se v PM₁₀

vyskytují v rozsahu od 74,81 (Chotěbuz 218, 17.-18.1.23) až 210,40 ng/m³ (Chotěbuz 218, 30.-31.12.22).

4.7.8 Původ částic v PM₁₀ - Chotěbuz

Organické sloučeniny obsažené v imisích PM₁₀ pochází jednak z biogenní hmoty a dále indikují znečištění z dopravy, těkání spalování/plastů, spalování biomasy a uhlí, a dopravy. Procentuální podíl částic odpovídající jejich původu je na **obr. 29**. Podíl spalování biomasy a uhlí v PM₁₀ je z hlediska produkce charakteristických sloučenin velmi podobný, 15-16%. Nejvyšší zátěž v PM₁₀ pochází z dopravy a z těkání/spalování plastů.

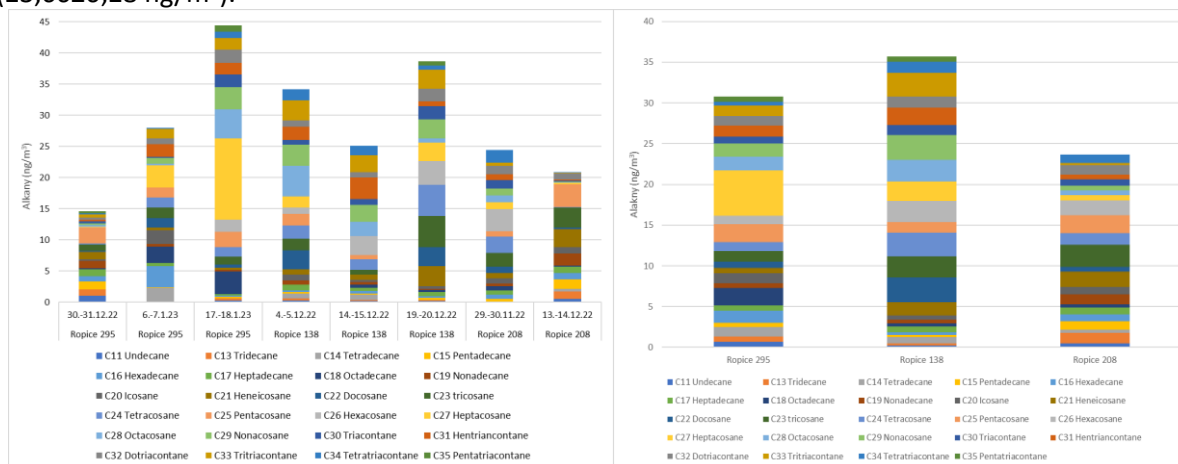


Obrázek 29 Původ organických sloučenin v PM₁₀, vlevo jednotlivé odběry, vpravo průměrná hodnota.

4.7.9 Ropice

Vzorky imisí PM₁₀ byly odebrány v zimním období – prosinec 2022 a leden 2023. Koncentrace PM₁₀ se pohybují od 3,63 (Ropice 295, 30.-31.12.22) do 43,85 µg/m³. Průměrná koncentrace PM₁₀ během sledovaného období je 22,87±12,28 µg/m³. Koncentrace PM₁₀ nepřesahují imisní limit.

V imisích PM₁₀ bylo identifikováno 135 (Ropice 138, 19.-20.12.22) až 161 (Ropice 295, 30.-31.12.22) organických sloučenin. Identifikované organické sloučeniny patří do skupiny alkoholů, furanů a benzofuranů, aldehydů a ketonů, alkanů a jejich methylovaných analogů, karboxylových kyselin a jejich derivátů, heterocyklických a alifatických dusíkatých sloučenin, cykloalkanů, organických sloučenin síry, etherů. Alkany se v imisích PM₁₀ vyskytují v rozsahu od C₁₁ do C₃₅ (**obr. 30**). Sumární koncentrace alkanů se pohybuje v rozsahu od 14,57 (Ropice 295, 30.-31.12.22) do 44,42 ng/m³ (Ropice 295, 17.-18.1.23). Nejvyšší průměrná koncentrace alkanů byla zjištěna na lokalitě Ropice 138 (35,72±5,24 ng/m³), nejnižší průměrná koncentrace byla naměřena v lokalitě Ropice 208 (23,66±6,28 ng/m³).



Obrázek 30 Koncentrace alkanů v imisích PM₁₀ – Ropice, vlevo pro všechny odběry, vpravo průměrná koncentrace pro lokalitu.

CPI indexy pro alkany pro identifikaci jejich původu (spalovací procesy, doprava) jsou uvedeny v **tab. 44**. Na většině stanovišť pochází alkany v imisích PM₁₀ z dopravy. Alkany ze spalování biomasy byly identifikovány na základě hodnoty indexu CPI₃ na stanovišti Ropice 295 (30.-31.12.22) a Ropice 208 (13.-14.12.22). Alkany pocházející z uhlí byly identifikovány v imisích PM₁₀ na stanovišti Ropice 295 (6.-7.1.23).

Tabulka 44 CPI indexy pro alkany v imisích PM₁₀-Ropice.

	Ropice 295 30.-31.12.22	Ropice 295 6.-7.1.23	Ropice 295 17.-18.1.23	Ropice 138 4.-5.12.22	Ropice 138 14.-15.12.22	Ropice 138 19.-20.12.22	Ropice 208 29.-30.11.22	Ropice 208 13.-14.12.22
CPI₁ Σ(C₁₁-C₂₅)/(C₁₀-C₂₄)	6,49	0,35	0,93	1,00	1,05	1,09	0,94	4,45
Zdroj	x	x	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	x
CPI Σ(C₁₅-C₃₅)/(C₁₄-C₃₄)	6,13	0,95	4,45	2,38	3,36	2,21	1,57	5,04
Zdroj	biomasa	x	x	x	x	x	x	biomasa
CPI_Σ(C₁₅-C₃₅)/Σ(C₁₄-C₃₄)	3,60	1,10	2,20	1,12	1,01	1,26	0,68	3,43
Zdroj	x	uhlí	x	x	x	x	x	x

Přítomnost anhydrosacharidů (levoglukosan, manosan, galaktosan) a diagnostickým poměrem L/M (levoglukosan/manosan) prokazuje vliv spalování biomasy v imisích (**tab. 45**). Spalování biomasy bylo potvrzeno v imisích na stanovištích Ropice 295 (30.-31.12.22, 6.-7.1.23, 17.-18.1.23) a Ropice 208 (29.-30.11.22, 13.-14.12.22).

Tabulka 45 Hodnota poměru L/M pro imise PM₁₀

	Ropice 295 30.-31.12.22	Ropice 295 6.-7.1.23	Ropice 295 17.-18.1.23	Ropice 138 4.-5.12.22	Ropice 138 14.-15.12.22	Ropice 138 19.-20.12.22	Ropice 208 29.-30.11.22	Ropice 208 13.-14.12.22
Levoglukosan	23,65	18,52	19,62	21,05	10,32	5,96	25,36	17,36
Manosan	6,53	5,02	5,41	7,85	7,52	6,02	6,85	4,65
L/M	3,62	3,69	3,63	2,68	1,37	0,99	3,70	3,73
Zdroj	biomasa	biomasa	biomasa				biomasa	biomasa

Výskyt kyseliny oktadekanové a hexadekanové v imisích PM₁₀ (**tab. 46**) odpovídá jejich původu z dopravy (Ropice 138, 4.-5.12.22, 14.-15.12.22, 19.-20.12.22), ze spalování uhlí (Ropice 208: 29.-30.11.22, Ropice 295: 30.-31.12.22) a biomasy (Ropice 295: 6.-7.1.23).

Tabulka 46 Hodnota poměru C₁₈/C₁₆ pro imise PM₁₀.

	Ropice 295 30.-31.12.22	Ropice 295 6.-7.1.23	Ropice 295 17.-18.1.23	Ropice 138 4.-5.12.22	Ropice 138 14.-15.12.22	Ropice 138 19.-20.12.22	Ropice 208 29.-30.11.22	Ropice 208 13.-14.12.22
	0,71	5,80	1,62	0,48	0,48	0,28	0,97	3,23
Zdroj	uhlí	biomasa		doprava	doprava	doprava	uhlí	

Emise isoprenoidních uhlovodíků na základě diagnostického poměru Pr/Ph v imisích PM₁₀ indikují na všech stanovištích s výjimkou Ropice 295 (6.-7.1. 23, 17.1.-18.1.22) znečištění z dopravy.

Tabulka 47 Poměr Pr/Ph v imisích PM₁₀-Ropice.

	Ropice 138, 4.-5.12.22	Ropice 138, 14.-15.12.22	Ropice 138, 19.-20.12.22	Ropice 208, 29.11.-30.11.22	Ropice 208, 13.12.-14.12.22	Ropice 295, 30.-31.12.22	Ropice 295, 6.1.-7.1.22	Ropice 295, 17.1.-18.1.22
Pristane	0,069	0,0244	0,097	0,087	0,095	0,596	0,418	0,541
Phytane	0,075	0,089	0,115	0,136	0,125	0,684	0,384	0,412
Pr/Ph	0,92	0,27	0,84	0,64	0,76	0,87	1,09	1,31
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí

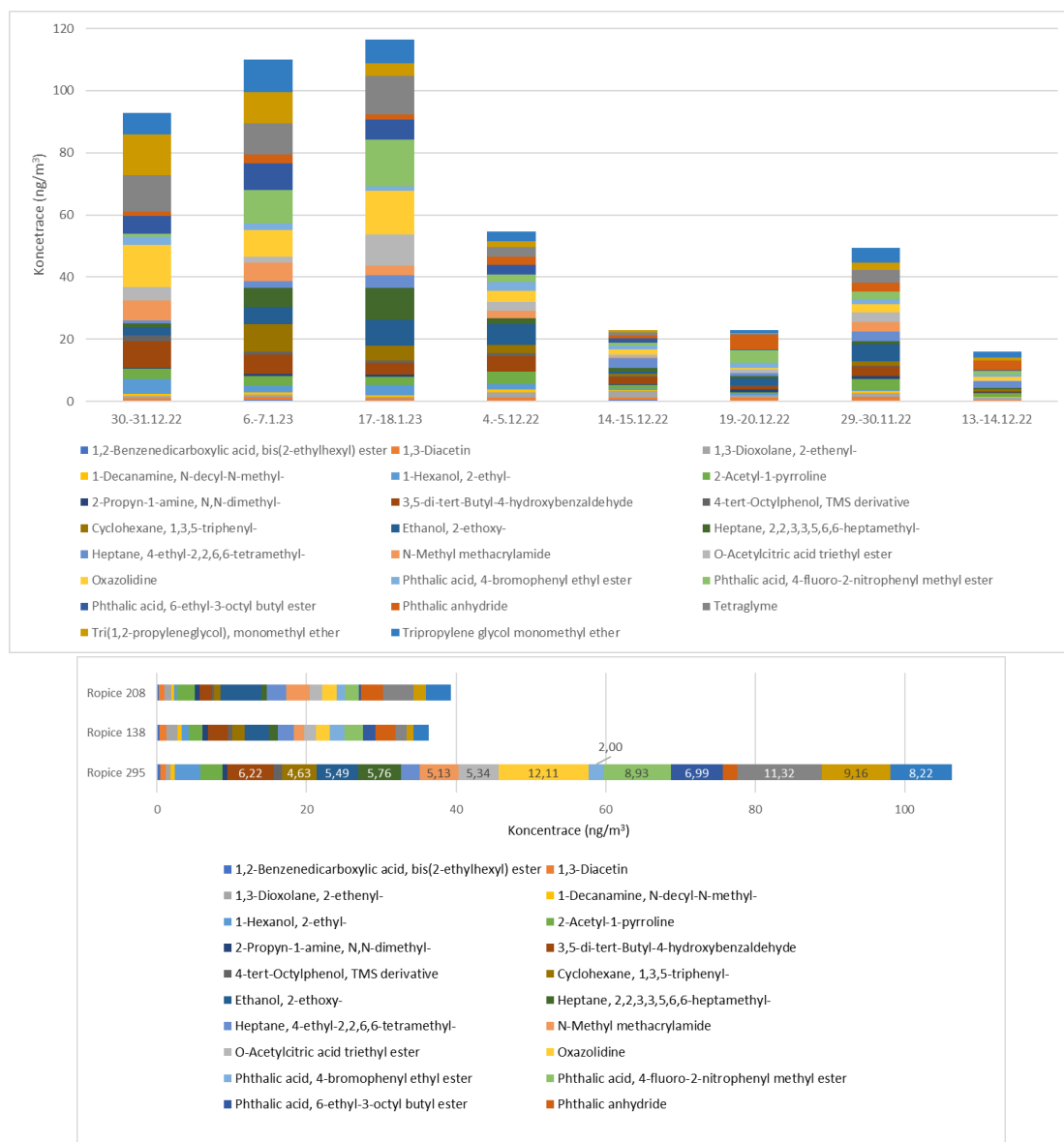
Poměry homohopanoidních C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a bishomohopanoidních uhlovodíků C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) indikují jako zdroj znečištění v imisích PM₁₀ (**tab. 48**) dopravu s výjimkou stanoviště Ropice 295 (6.-7.1.23), kde je indikováno jako zdroj spalování uhlí. Poměry steranů (**tab. 49**) indikují, že sterany C₂₇αββ a C₂₈ααα pocházejí především z dopravy, pouze v jednom případě byl prokázán vliv spalování uhlí (Ropice 208, 13.12. – 14.12.22).

Tabulka 48 Poměry homohopanoidních $C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$ a bishomohopanoidních uhlovodíků $C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$ v imisích PM_{10}

	Ropice 138	Ropice 138	Ropice 138	Ropice 208	Ropice 208	Ropice 295	Ropice 295	Ropice 295
	4.-5.12.22	14.-15.12.22	19.-20.12.22	29.11.-30.11.22	13.12.-14.12.22	30.-31.12.22	6.1.-7.1.22	17.1.-18.1.22
$C_{31}S/(C_{31}S+C_{31}R)$	0,60	0,59	0,61	0,60	0,59	0,60	0,54	0,58
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava
$C_{32}S/(C_{32}S+C_{32}R)$	0,58	0,58	0,60	0,59	0,60	0,59	0,55	0,59
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava

Tabulka 49 Poměry steranů pro imise PM_{10} -Ropice.

	Ropice 138	Ropice 138	Ropice 138	Ropice 208	Ropice 208	Ropice 295	Ropice 295	Ropice 295
	4.-5.12.22	14.-15.12.22	19.-20.12.22	29.11.-30.11.22	13.12.-14.12.22	30.-31.12.22	6.1.-7.1.22	17.1.-18.1.22
$C_{27}\alpha\beta\beta/C_{28}\alpha\beta\beta$	1,09	1,00	1,11	1,05	1,04	0,95	0,88	1,40
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí
$C_{27}\alpha\alpha\alpha205/(205+20R)$	0,74	0,48	0,41	1,06	0,82	0,48	0,37	0,55
Zdroj	uhlí	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava
$C_{28}\alpha\alpha\alpha20R/C_{29}\alpha\alpha\alpha20R$	0,23	0,34	0,68	0,59	0,56	0,80	0,43	0,47
Zdroj	uhlí	uhlí	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava	doprava



Obrázek 31 Organické sloučeniny indikující plast v imisích PM_{10} , horní část obrázku dokumentuje všechny odběry, spodní část obrázku odpovídá průměrné koncentraci pro odběrové místo.

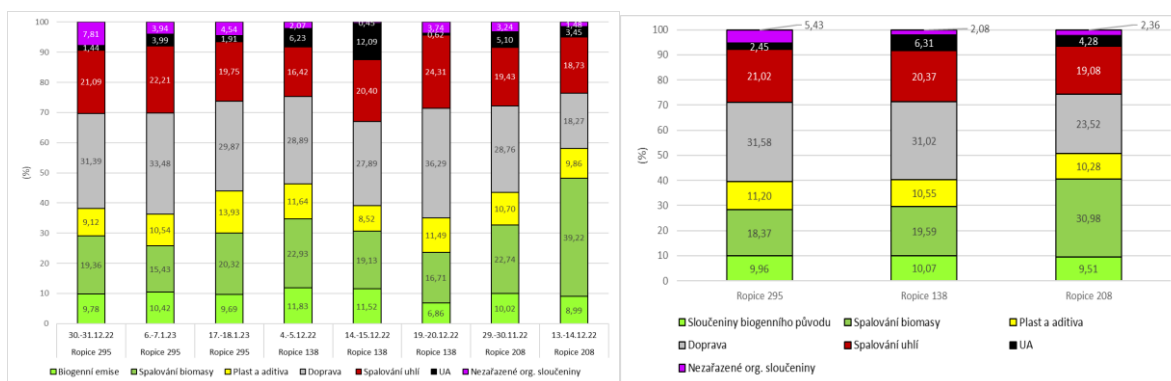
Biogenní (přírodní) hmota je v imisích PM_{10} přítomna v minoritním množství. Ke sloučeninám biogenního původu, které byly identifikovány patří: 3,7-dimethyl-1,5,7-oktatrien-3-ol, 3,3,6-trimethyl-1,5-heptadien-4-on, 1-nonanol, 2-pentanol, 2-dodekanon, 2-hexanon, 3-butenol, 3,6-heptandion, 2,5-dimethyl-3-hexanon, 1-(3-methoxyoxiranyl)ethanone, 2,6,6-trimethylbicyklo(3,1,1)heptan-2,3-diol, 2-

methyl-5-(1-methylethyl(bicyklo(3,1,0)hexenon, 1-(2-hydroxy-4-methoxyphenyl)ethanone, 1,2-di-2-furanyl-2-hydroxyethanon, 2-methylhexadekanal. Celková koncentrace sloučenin indikujících biogenní původ v imisích PM₁₀ se pohybuje v rozsahu od 13,22 (Ropice 138, 6.-7.1.23) do 96,70 ng/m³ (Ropice 295, 19.-20.12.22). Průměrná koncentrace sloučenin indikujících biogenní původ za celé sledované období dosahuje hodnotu 49,92±32,10 ng/m³.

V imisích PM₁₀ bylo identifikováno celkem 23 organických sloučenin pocházejících z těkání/spalování plastů (**obr. 31**). Sloučeniny jsou tvořeny aditivami a degradačními produkty plastů a prekursorů pro výrobu plastů a aditiv. Celková koncentrace sloučenin indikujících plast se pohybuje od 15,78 (Ropice 208, 13.-14.12.22) do 109,48 ng/m³ (Ropice 295, 17.-18.1.23). Průměrná koncentrace sloučenin indikujících plast za celé sledované období je 54,18±36,54 ng/m³. Nejvyšší koncentrace se vyskytují v lokalitě Ropice 295.

4.7.10 Původ částic v PM₁₀ - Ropice

V imisích PM₁₀ jsou obsaženy organické sloučeniny, které pocházejí ze spalování biomasy a uhlí, dopravy a z těkání/spalování plastů. Podíl jednotlivých zdrojů je zobrazen na **obr. 32**. Spalovací procesy (spalování biomasy a uhlí) dominují nad ostatními typy znečištění. V imisích PM₁₀ tvoří organické sloučeniny ze spalovacích procesů 40 % a více procent, následuje doprava (23-32 %) a sloučeniny uvolněné z těkání/spalování plastů.

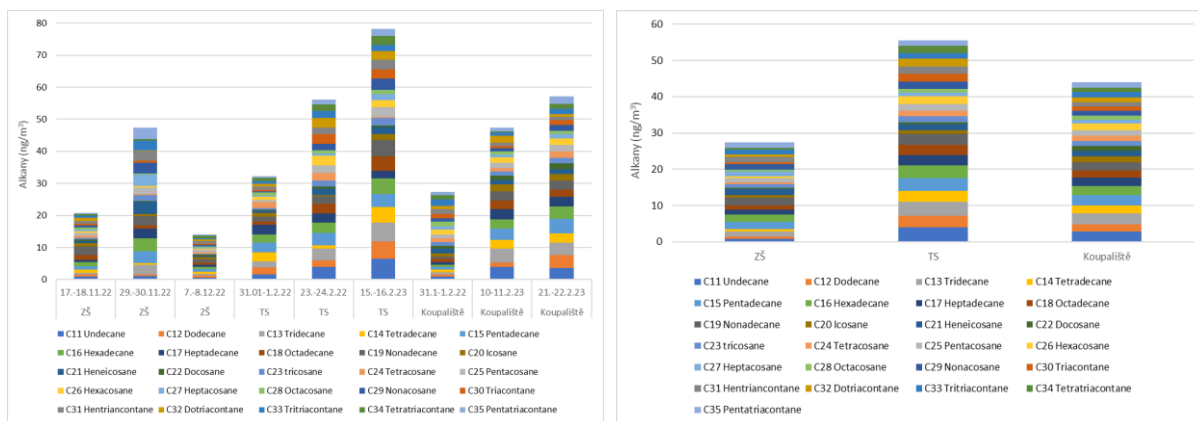


Obrázek 32 Původ organických sloučenin v PM₁₀, vlevo jednotlivé odběry, vpravo průměrná hodnota pro jednotlivé lokality.

4.7.11 Bolatice

Imise PM₁₀ v Bolaticích byly odebrány v průběhu listopadu 2022 až února 2023. Koncentrace PM₁₀ jsou v rozsahu od 17,89 (ZŠ, 7.-8.12.22) do 98,88 ng/m³ (TS, 15.-16.2.23). Průměrná koncentrace PM₁₀ během sledovaného období byla 46,80±25,21 µg/m³. 24-hodinový imisní limit koncentrace PM₁₀ byl na stanovištích v Bolaticích překročen během sledovaného období 4krát (TS: 15.-16.2. a 23.-24.2.23, koupaliště: 10.-11.2.23 a 21.-22.2.23).

Celkem bylo v imisích PM₁₀ identifikováno 111 (ZŠ, 29.-30.11.22) až 125 organických sloučenin (Koupaliště 10.-11.2. a 21.-22.2.23). Alkany identifikované v imisích PM₁₀ jsou v rozsahu od C₁₀ do C₃₅ (**obr. 33**). Sumární koncentrace alkanů jsou v rozsahu od 21,42 (ZŠ, 17.-18.11.22) do 83,35 ng/m³ (TS, 15.-16.2.23). Průměrná koncentrace alkanů za celé sledované období je 43,95±21,67 ng/m³. Výskyt vyšších koncentrací alkanů je u vzorků imisí PM₁₀ s koncentrací nad 50 µg/m³.



Obrázek 33 Alkany v imisích PM₁₀, vlevo jednotlivé odběry, vpravo průměrná hodnota pro lokalitu.

Hodnoty indexů CPI pro identifikaci původu alkanů jsou uvedeny v **tab. 50**. Alkany pocházející z dopravy se vyskytují ve vzorcích imisí PM₁₀ odebraných u ZŠ (17.-18.11.22, 7.-8.12.22), TS (31.1.-1.2.22) a koupaliště (31.1.-1.2.23, 10.-11.2.23, 21.-22.2.23). Alkany ze spalování biomasy byly identifikovány na stanovišti ZŠ (29.-30.11.22) a alkany pocházející ze spalování uhlí byly identifikovány na stanovišti TS (23.-24.2.23, 15.-16.2.23) a koupaliště (10.-11.2. a 21.-22.2. 23).

Tabulka 50 CPI indexy alkanů v imisích PM₁₀ - Bolatice.

	ZŠ	ZŠ	ZŠ	TS	TS	TS	Koupaliště	Koupaliště	Koupaliště
	17.-18.11.22	29.-30.11.22	7.-8.12.22	31.01.-1.2.22	23.-24.2.22	15.-16.2.23	31.1.-1.2.22	10-11.2.23	21.-22.2.23
$\frac{C_{11}-C_{25}}{(C_{10}+C_{24})}$	1,05	2,93	1,00	1,05	1,59	1,14	1,03	1,49	1,05
Zdroj	doprava		doprava	doprava			doprava		doprava
$\frac{C_{5}-C_{35}}{(C_{14}-C_{24})}$	1,55	5,14	1,81	1,37	2,29	1,84	2,20	1,49	1,57
Zdroj		biomasa							
$\frac{C_{35}}{\sum(C_{14}-C_{34})}$	1,04	3,87	1,14	0,94	1,07	1,08	0,99	1,01	1,07
Zdroj					uhlí	uhlí		uhlí	uhlí

Emise ze spalování biomasy produkují jako hlavní degradační sloučeniny levoglukosan (L), manosan (M), galaktosan. Z hodnoty poměru L/M (**tab. 51**) vyplývá, že na stanovištích ZŠ (29.-30.11.22, 7.-8.12.22, 23.-24.2.23, 10.-11.2.23, 21.-22.2.23) se prokázalo spalování tvrdého dřeva, na zbývajících stanovištích se prokázalo spalování měkkého dřeva.

Z hodnoty poměru oktanové a hexadekanové kyseliny (C_{18}/C_{16}) vyplývá, že původ karboxylových kyselin na stanovištích TS (23.-24.2., 15.-16.2.23) a koupaliště (10.-11.2.23 a 21.-22.2.23) souvisí se spalováním uhlí (**tab. 52**). Hodnoty poměru C_{18}/C_{16} na stanovištích ZŠ (29.-30.11, 7.-8.12.22) a koupaliště (10.-11.2.23) indikují spalování biomasy a původ z dopravy byl prokázán pouze na stanovišti ZŠ (17.-18.11.22).

Tabulka 51 Poměr L/M v imisích PM₁₀ - Bolatice.

	ZŠ	ZŠ	ZŠ	TS	TS	TS	Koupaliště	Koupaliště	Koupaliště
	17.-18.11.22	29.-30.11.22	7.-8.12.22	31.01.-1.2.22	23.-24.2.22	15.-16.2.23	31.1.-1.2.22	10-11.2.23	21.-22.2.23
L/M	3,68	14,55	10,44	4,24	15,84	3,86	4,46	15,38	14,66
Zdroj	měkké dříví	tvrdé dříví	tvrdé dříví	měkké dříví	tvrdé dříví	měkké dříví	měkké dříví	tvrdé dříví	tvrdé dříví

Tabulka 52 Poměr C_{18}/C_{16} v imisích PM₁₀ - Bolatice.

	ZŠ	ZŠ	ZŠ	TS	TS	TS	Koupaliště	Koupaliště	Koupaliště
	17.-18.11.22	29.-30.11.22	7.-8.12.22	31.01.-1.2.23	23.-24.2.23	15.-16.2.23	31.1.-1.2.23	10-11.2.23	21.-22.2.23
Hexadekanová kyselina	36,52	130,15	60,50	49,80	159,60	605,21	45,92	274,90	114,20
Oktadekanová kyselina	16,32	30,15	10,52	24,09	98,50	317,32	25,94	66,06	59,63
C_{18}/C_{16}	0,45	0,23	0,17	0,48	0,62	0,52	0,56	0,24	0,52
Zdroj	doprava	biomasa	biomasa	doprava	uhlí	uhlí	uhlí	biomasa	uhlí

Z poměru isoprenoidních uhlovodíků Pr/Ph v imisích PM₁₀ vyplývá, že na stanovišti ZŠ (17.-18.12.22, 29.-30.11.22, 7.-8.12.22), TS (31.1.-1.2.23), koupaliště (31.1.-1.2.23) pochází tyto uhlovodíky z dopravy, zatímco na stanovišti TS (15.-16.2., 23.-24.2.23) a koupaliště (10.-11.2., 21.-22.2.23) pochází ze spalování uhlí (**tab. 53**).

Tabulka 53 Poměr Ph/Pr v imisích PM₁₀ - Bolatice.

	Základní škola	ZŠ	ZŠ	TS	TS	TS	Koupaliště	Koupaliště	Koupaliště
	17.-18.11.22	29.-30.11.22	7.-8.12.22	31.01.-1.2.22	15.-16.2.23	23.-24.2.22	31.1.-1.2.22	10.-11.2.23	21.-22.2.23
Pristane	0,136	0,159	0,241	0,141	0,289	0,285	0,121	0,098	0,124
Phytane	0,285	0,302	0,412	0,236	0,185	0,136	0,362	0,054	0,096
Pr/Ph	0,48	0,53	0,58	0,60	1,56	2,10	0,33	1,81	1,29
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí

Poměry homohopanoidních a bishomohopanoidních uhlovodíků (**tab. 54**) a steranů (**tab. 55**) v imisích PM₁₀ byly využity pro rozlišení vlivu dopravy a spalování uhlí. Na stanovišti ZŠ pochází hopanoidní uhlovodíky z dopravy, na stanovišti TS je ve dnech 15-16.2.2022 a 23-24.2.2023 zdrojem spalování uhlí, stejně jako na stanovišti „Koupaliště“ ve dnech 10-11.2.2023 a 21.-22.2.2023. Poměry steranů a hopanoidů prokazují pro jedno datum odběru stejný zdroj.

Tabulka 54 Poměr homohopanoidních C₃₁S/(C₃₁S+C₃₁R) a bishomohopanoidních uhlovodíků C₃₂S/(C₃₂S+C₃₂R) v imisích PM₁₀ - Bolatice.

	Základní škola	ZŠ	ZŠ	TS	TS	TS	Koupaliště	Koupaliště	Koupaliště
	17.-18.11.22	29.-30.11.22	7.-8.12.22	31.01.-1.2.22	15.-16.2.23	23.-24.2.22	31.1.-1.2.22	10.-11.2.23	21.-22.2.23
C ₃₁ S/(C ₃₁ S+C ₃₁ R)	0,59	0,60	0,58	0,60	0,56	0,56	0,58	0,53	0,54
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí
C ₃₂ S/(C ₃₂ S+C ₃₂ R)	0,60	0,58	0,58	0,59	0,55	0,53	0,59	0,54	0,54
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí

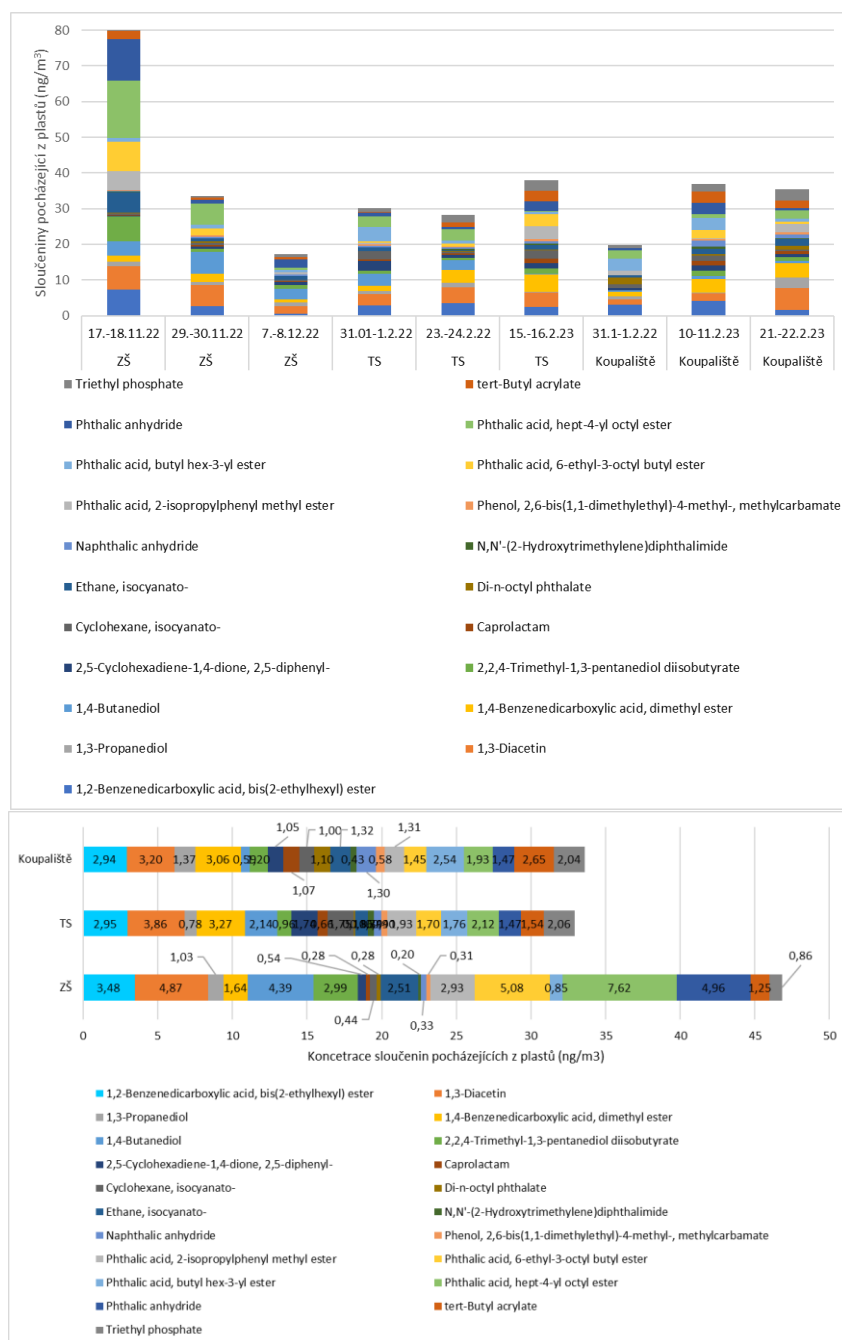
Tabulka 55 Poměry steranů v imisích PM₁₀ - Bolatice.

	Základní škola	ZŠ	ZŠ	TS	TS	TS	Koupaliště	Koupaliště	Koupaliště
	17.-18.11.22	29.-30.11.22	7.-8.12.22	31.01.-1.2.22	15.-16.2.23	23.-24.2.22	31.1.-1.2.22	10.-11.2.23	21.-22.2.23
C ₂₇ αββ/C ₂₉ αββ	0,84	0,98	1,05	1,00	0,62	1,53	0,84	1,55	1,26
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	uhlí	doprava	uhlí	uhlí
C ₂₇ ααα20S/(20S+20R)	0,35	0,31	0,41	0,48	0,69	0,30	0,40	0,71	0,74
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava	uhlí	uhlí
C ₂₈ ααα20R/C ₂₉ ααα20R	0,54	0,66	0,36	0,41	1,59	0,38	0,58	3,86	2,34
Zdroj	doprava	doprava	doprava	doprava	uhlí	doprava	doprava	uhlí	uhlí

Přítomnost 21 organických sloučenin v imisích PM₁₀ indikuje těkání/spalování plastů. Sloučeniny patří do skupiny plastových aditiv, dále jsou přítomny degradační produkty plastů (monoperů) a jejich kontaminanty (**obr. 34**). V nejvyšší koncentraci se vyskytují deriváty kyseliny ftalové a plasticizér 1,3-diacetin.

Koncentrace organických sloučenin indikujících plasty jsou v rozsahu od 17,22 (ZŠ, 7.-8.12.22) do 81,29 ng/m³ (ZŠ, 17.-18.11.22). Průměrná koncentrace sloučenin indikujících plasty v imisích PM₁₀ dosahuje za celé sledované období hodnotu 35,62±18,61 ng/m³. Na lokalitě TS a Koupaliště se v nejvyšší koncentraci vyskytuje 1,3 diacetin (až 11% ze sumy sloučenin pocházejících z plastů), který se používá jako plasticizér nebo pro vodné koloidní disperze. Na lokalitě ZŠ se v nejvyšší koncentraci vyskytují estery kyseliny ftalové (Phthalic acid, hept-4-yl octyl ester, 16,3% a phthalic acid, 6-ethyl-3-octyl butyl ester 10,8%) a phthalic anhydride (10,3%), které se používají jako plasticizéry zejména pro PVC se používá jako složka pro barviva.

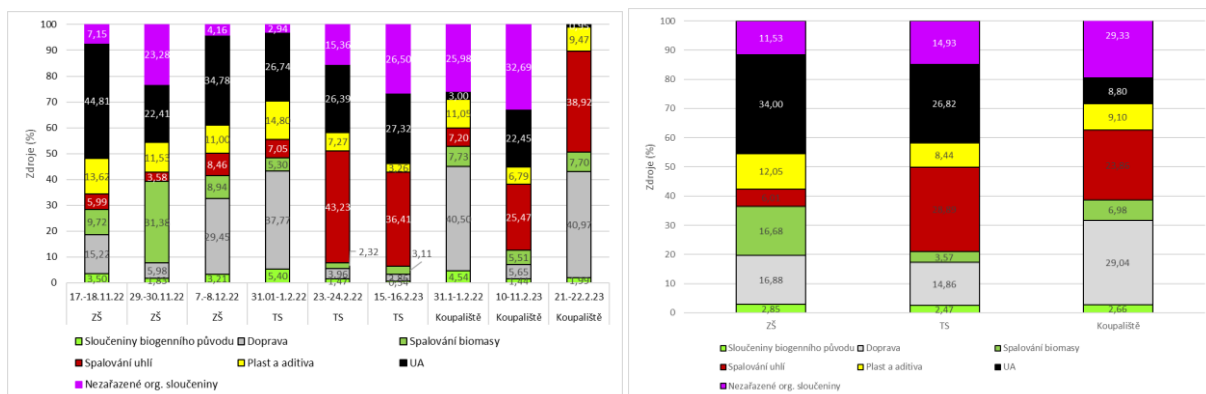
Sloučeniny biogenního původu pocházející z přírodní hmoty jsou zastoupeny ve velmi nízkých koncentracích s výjimkou imisí odebraných na stanovišti ZŠ (17.-18.11.22). Mezi sloučeniny biogenního původu jsou zařazeny: 3,3,6-trimethyl-1,5-heptadien-4-on, 3-methyl-1-pentanol, 2,3-nonadion, 2,6,10-trimethyldodekan, 2,7,10-trimethyldodekan, 2,7-dimethyloktan. Sumární koncentrace indikující přítomnost biogenních sloučenin je v rozsahu od 5,03 (ZŠ, 7.-8.12.22) do 20,92 ng/m³ (ZŠ, 17.-18.11.22), průměrná koncentrace během celého sledovaného období dosahuje hodnotu 8,64±4,96 ng/m³.



Obrázek 34 Aditiva, prekurzory a degradační produkty plastů v imisích PM₁₀ – Bolatice, v horní části obrázku jsou zobrazeny koncentrace z jednotlivých odběrů, ve spodní části obrázku jsou průměrné koncentrace pro lokalitu

4.7.12 Původ částic v PM₁₀ - Bolatice

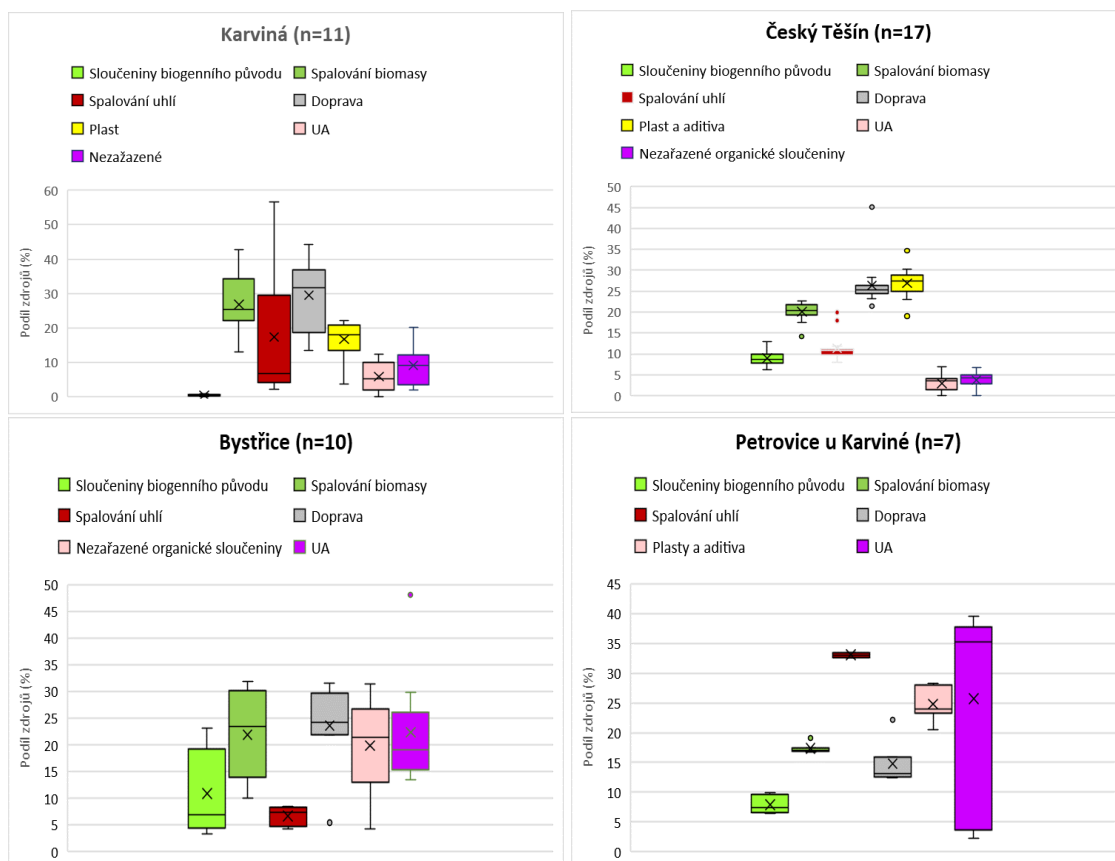
Organické sloučeniny v imisích PM₁₀ pochází z přírodní organické hmoty (biogenního původu) a dále ze spalovacích procesů (spalování uhlí a biomasy, dopravy) a z těkání/spalování plastů (**obr. 35**). Na lokalitě TS a Koupiště převažuje vliv spalování uhlí nad spalováním biomasy a lokalita koupaliště vykazoval dvojnásobně vyšší zátěž z dopravy. Významný je i podíl organických sloučenin, které pocházejí ze spalování/těkání plastů, který se v Bolaticích pohybuje v rozmezí 8,4 až 12,0 %.

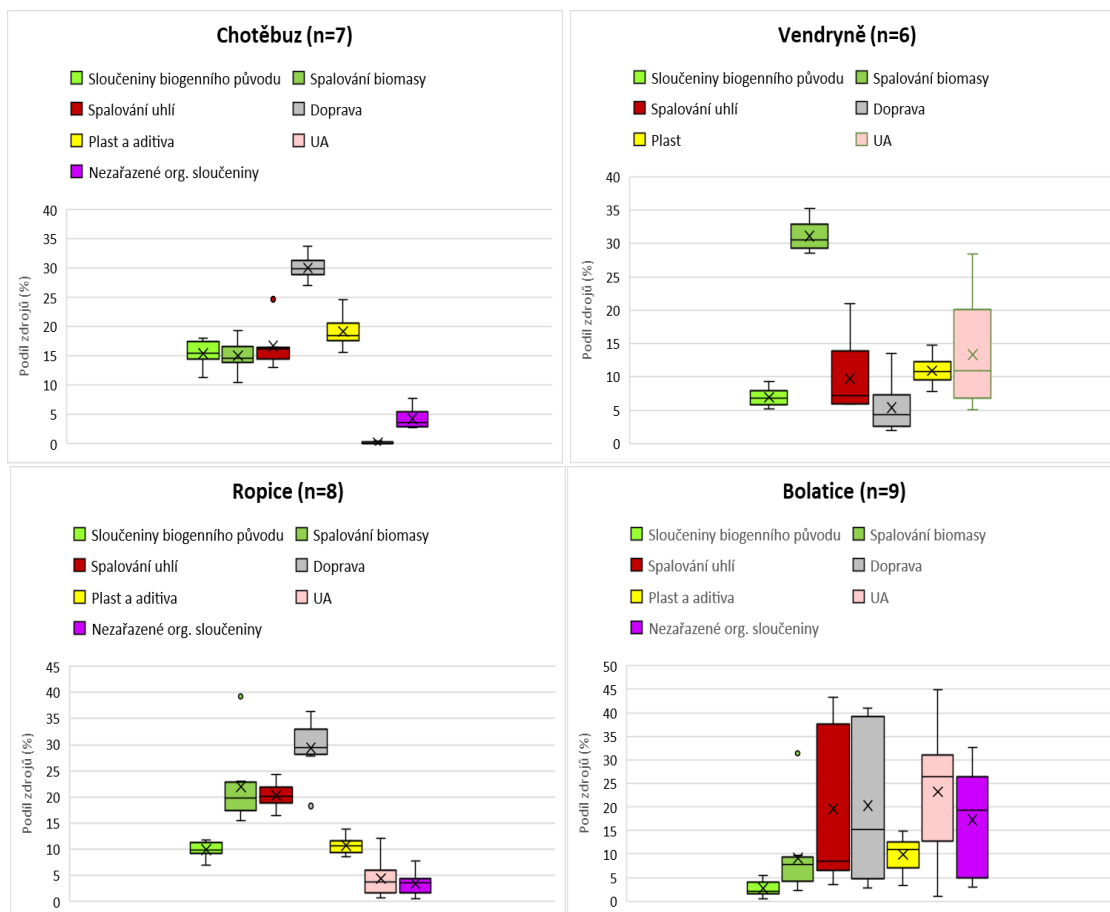


Obrázek 35 Původ organických sloučenin v PM₁₀, vlevo jednotlivé odběry, vpravo průměrná hodnota pro jednotlivé lokality.

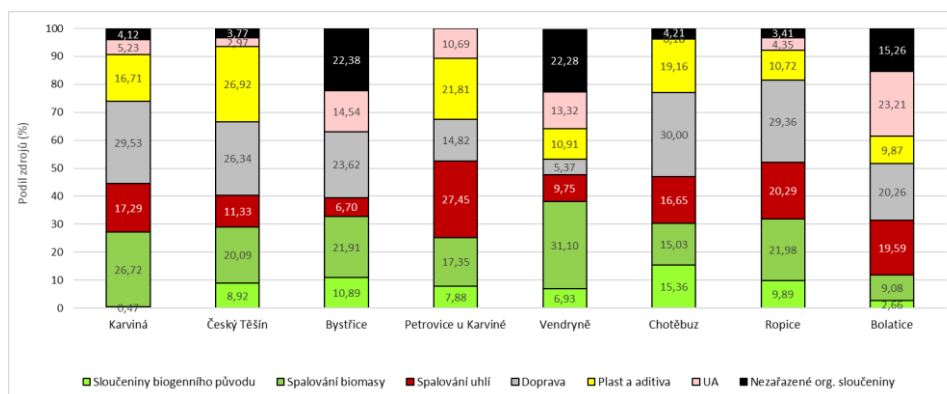
5 ZHODNOCENÍ

Rozptýl podílů zdrojů v PM₁₀ je vyjádřen pomocí box-plotu (**obr. 36**), který charakterizuje základní statistické parametry vypočtené ze všech relevantních měření na jednotlivých lokalitách.





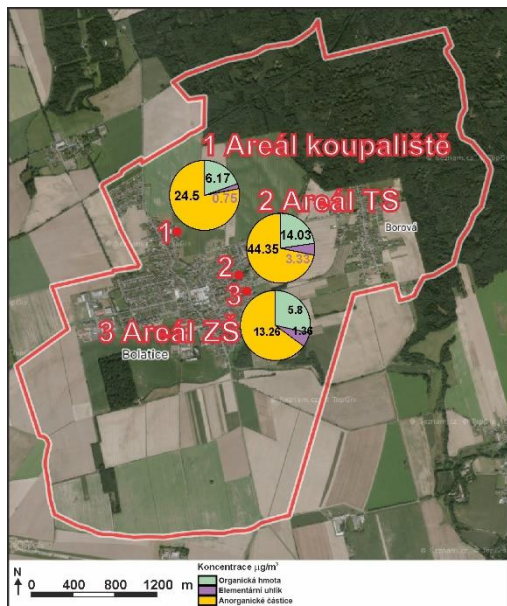
Obrázek 36 Box-plot charakterizující rozptyl hodnot z hlediska podílu zdrojů znečištění v imisích pro všechny měřené dny na jednotlivých lokalitách.



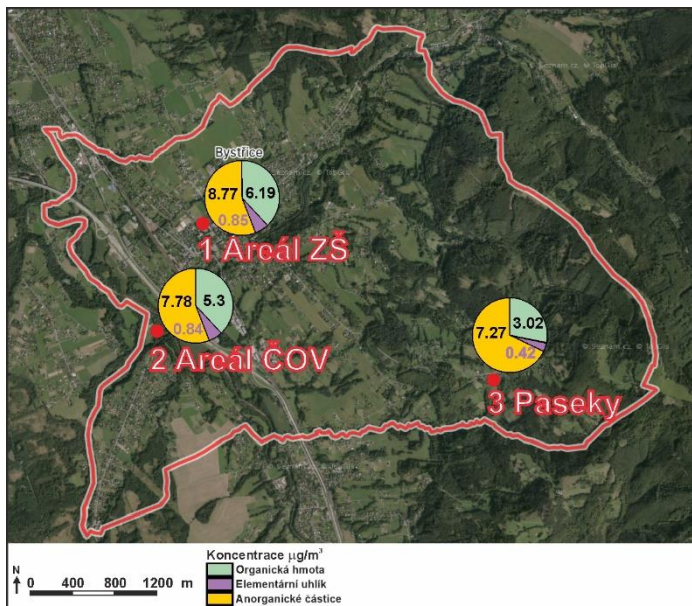
Obrázek 37 Průměrné hodnoty podílu jednotlivých zdrojů v imisích PM₁₀.

Z **obr. 37** je zřejmé, že v některých lokalitách Karviná, Český Těšín, Bystřice, Vendryně se významně zvýšil podíl využívání biomasy pro energetické účely. V některých lokalitách stále převažuje spalování uhlí nad biomasou (Petrovice u Karviné, Bolatice) a v některých lokalitách je spalování biomasy a uhlí ve stejném poměru (Chotěbuz a Ropice). Vliv imisní zátěže z dopravy okolo 30 % se projevil v Karviné, Chotěbuzi a Ropici, nejnižší imisní zátěž z dopravy byla stanovena ve Vendryni. Překvapivé jsou vysoké koncentrace syntetických polymerů a jejich aditiv, které v lokalitě Český Těšín tvoří až 30 % a okolo 20 % bylo zjištěno v Petrovicích u Karviné a Chotěbuzi.

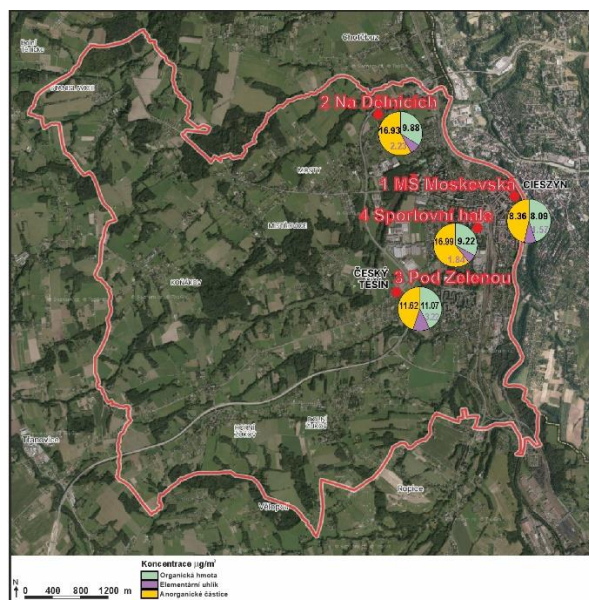
Obrázky 38 a 39 zobrazují grafické znázornění složení PM₁₀ z hlediska organické hmoty, elementárního uhlíku a anorganických částic.



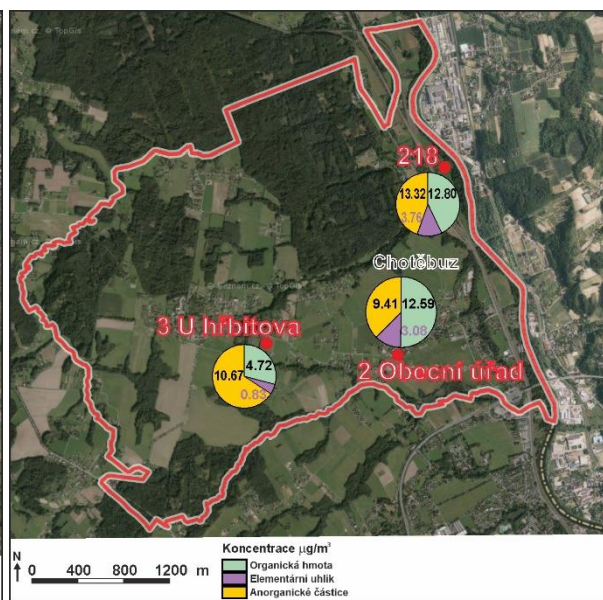
a) Bolatice



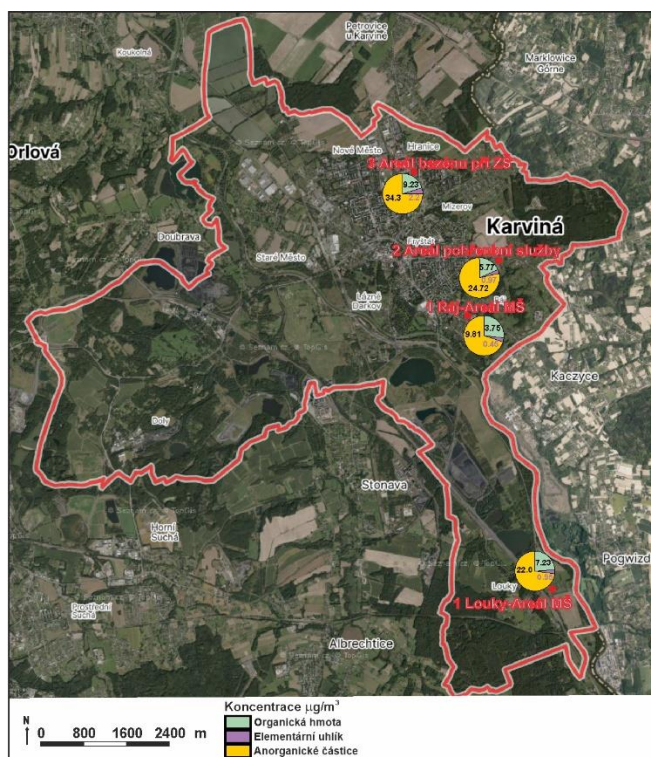
b) Bystřice



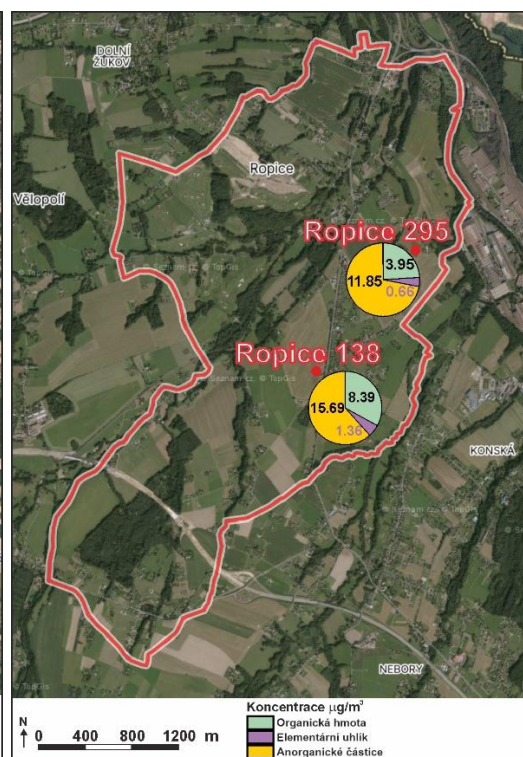
c) Český Těšín



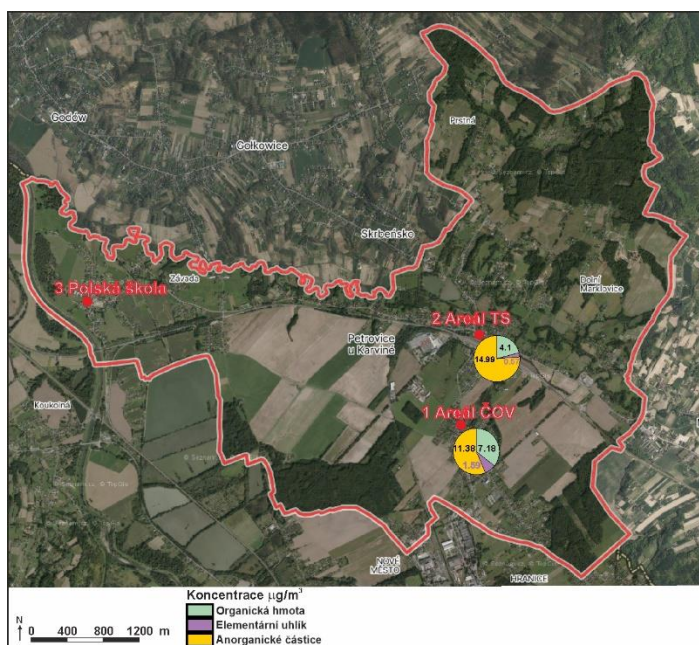
d) Chotěbuz



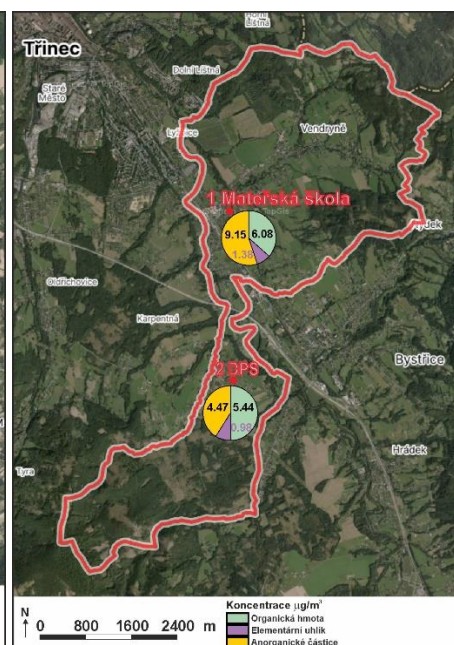
e) Karviná



f) Ropice

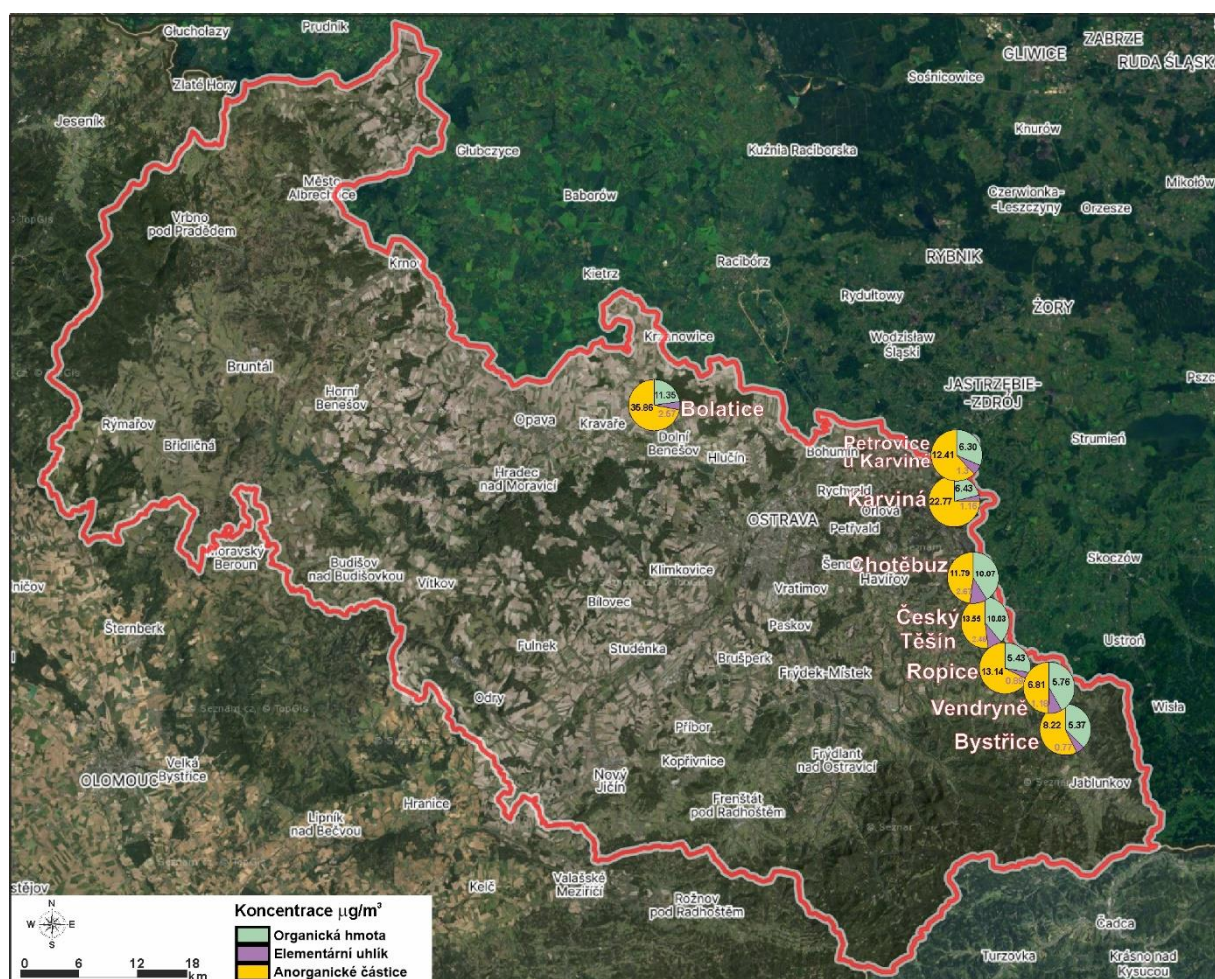


g) Petrovice u Karviné



h) Vendryně

Obrázek 38 Průměrné složení PM_{10} na jednotlivých sledovaných lokalitách.



Obrázek 38 Průměrné složení PM_{10} pro jednotlivá města v příhraniční oblasti.

LITERATURA

- Almeida S.M., Faria T., Martins V., Canha N., Diapouli E., Eleftheriadis K., Manousakas M.I. Source apportionment of children daily exposure to particulate matter. *Science of The Total Environment*. 2022, 835.
- Błaszczak B., Mathews B. Characteristics of Carbonaceous Matter in Aerosol from Selected Urban and Rural Areas of Southern Poland. *Atmosphere*. 2020, 11, 687.
- Brassel S.C., Eglinton G., Fu J.M. Biological marker compounds as indicators of the depositional history of the Maoming oil shale. *Organic Geochemistry*. 1985, 10, 927-941.
- Bray E.E., Evans E.D., Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1961, 22, 2-15.
- Carlton A.G., Wiedinmyer C., Kross J.H. A review of Secondary Organic Aerosol (SOA) formation from isoprene. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2009, 9, 4987-5005.
- Cavalli F., Viana M., Yttri K. E., Genberg J., Putaud J.-P. Toward a standardized thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon: The EUSAAR protocol. *Atmospheric Measurement Techniques*. 2010, 3, 79-89.
- Cigankova H., Mikuška P., Hegrova J., Pokorna P., Schwarz J., Krajčovič J. Seasonal variation and sources of elements in urban submicron and fine aerosol in Brno, Czech Republic. *Aerosol and Air Quality Research*. 2021, 21(5), 200556.
- Dueminchen E., Eisentraut P., Celina M., Braun U. Automated thermal extraction-desorption gas chromatography mass spectrometry: A multifunctional tool for comprehensive characterization of polymers and their degradation products. *Journal of Chromatography A*. 2019, 1592, 133-142.
- Fabiańska M.J., Smółka-Danielowska D. Biomarker compounds in ash from coal combustion in domestic furnaces (Upper Silesia Coal Basin, Poland). *Fuel*. 2012, 102, 333-344.
- Feng Y., Chen Y., Guo H., Zhi G., Xiong S.L., Sheng J.G., Fu, J. Characteristics of organic and elemental carbon in PM_{2.5} samples in Shanghai, China. *Atmospheric Research*. 2009, 92, 434-442.
- Gatari M.J., Boman, J. Black carbon and total carbon measurements at urban and rural sites in Kenya, East Africa. *Atmospheric Environment*. 2003, 37, 1149-1154.
- Grivas G., Cheristanidis S., Chaloulakou, A. Elemental and organic carbon in the urban environment of Athens. Seasonal and diurnal variations and estimates of secondary organic carbon. *Science of the Total Environment*. 2012, 414, 535-545.
- Gu X.-Y., Chu X., Zeng X.-L., Bao H.-R., Liu X.-J. Effects of PM_{2.5} exposure on the Notch signaling pathway and immune imbalance in chronic obstructive pulmonary disease. *Environmental Pollution* 2017, 226, 163-173.
- Hjellbrekke, A.G. Data Report 2020. Particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds. EMEP - Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. Norwegian Institute for Air Research, Norway, 2022, ISBN : 978-82-425-3096-7. Dostupné z: <https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmlui/bitstream/handle/11250/3031895/EMEP-CCC-1-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hussein T., Li X., Bakri Z., Alastuey A., Arar S., Al-Hunaiti A., Viana M., Petäjä T. Organic and Elemental Carbon in the Urban Background in an Eastern Mediterranean City. *Atmosphere*. 2022, 13.
- Chow J.C., Watson, J.G., Lowenthal, D.H., Chen, L.A., Motallebi, N. Black and organic carbon emission inventories: review and application to California. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2010, 60, 497-507.
- Iakovides M., Iakovides G., Stephanou E.G. Atmospheric particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons, n-alkanes, hopanes, steranes and trace metals: PM_{2.5} source identification, individual and cumulative multi-pathway lifetime cancer risk assessment in the urban environment. *Science of The Total Environment*. 2021, 752, 141834.

- Javed W., Iakovides M., Garaga R., Stephanou E.G., Kota S.H., Ying Q., Wolfson J.M., Koutrakis P., Guo B. Source apportionment of organic pollutants in fine and coarse atmospheric particles in Doha, Qatar. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2019, 69 (11), 1277-1292.
- Kozáková J., Pokorná P., Vodička P., Ondráčková L., Ondráček J., Křůmal K., Mikuška P., Hovorka J., Moravec P., Schwarz J. The influence of local emissions and regional air pollution transport on a European air pollution hot spot. *Environmental Science Pollution Research*. 2019, 26,
- Křůmal K., Mikuška P., Večeřa Z. Characterization of organic compounds in winter PM₁ aerosols in a small industrial town. *Atmospheric Pollution Research*, 2017, 8, 930-939.
- Kulháňová I., Morelli X., Le Tertre A., Loomis D., Charbotel B., Medina S., Ormsby J.-N., Lepeule J., Slama R., Soerjomataram I. The fraction of lung cancer incidence attributable to fine particulate air pollution in France: Impact of spatial resolution of air pollution models. *Environment International*. 2018, 121, 1079-1086.
- Lu P., Zhang Y., Lin J., Xia G., Zhang W., Knibbs L.D., Morgan G.G., Jalaludin B., Marks G., Abramson M., Li S., Guo Y. Multi-city study on air pollution and hospital outpatient visits for asthma in China. *Environmental Pollution*. 2020, 257.
- Malm W.C., Schichtel B. A., Pitchford M.L., Ashbaugh L.L., Eldred R.A., 2004. Spatial and monthly trends in speciated fine particle concentration in the United States. *Journal of Geophysical Research* 109, D03306.
- Mikuška P., Vojtěšek M., Křůmal K., Mikušková-Čampulová M., Michalek J., Večeřa Z. Characterization and source identification of elements and water-soluble ions in submicrometre aerosols in Brno and Šlapanice (Czech Republic). *Atmosphere*. 2020, 11(7), 688.
- Mishra M., Kulshrestha U.C. Source Impact Analysis Using Char-EC/Soot-EC Ratios in the Central Indo-Gangetic Plain (IGP) of India. *Aerosol and Air Quality Research*. 2021, 21.
- Monteiro dos Santos D.A., Brito J.F., Godoy J.M., Artaxo P. Ambient concentrations and insights on organic and elemental carbon dynamics in São Paulo, Brazil. *Atmospheric Environment*. 2016, 144, 226-233.
- Moustafa Y.M., Morsi R.A. *Biomarkers, Chromatography and Its Applications*, Dr.
- Oros D.R., Simoneit B.R.T. Identification and emission rates of molecular tracers in coal smoke particulate matter. *Fuel*. 2000. 79, 515-536.
- Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. *The biomarker guide. Biomarkers and isotopes in the environment and human history*. Cambridge university Press. 2005, 1+2, 1155.
- Qi M., Jiang L., Liu Y., Xiong Q., Sun C., Li X., Zhao W., Yang X. Analysis of the Characteristics and Sources of Carbonaceous Aerosols in PM_{2.5} in the Beijing, Tianjin, and Langfang Region, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018, 15, 1483.
- Rogge W.F., Hildemann L.M., Mazurek M.A., Cass G.R., Simoneit B.R.T. Source of fine organic aerosols. 2. Noncatalyst and catalysts-equipped automobiles and heavy-duty trucks. *Environmental Science and Technology*. 1993, 27, 636-651.
- Rohmer M. The hopanoids, procaryotic triterpenoids and sterol surrogates in: *Surface structures of microorganisms and their interactions with the mammalian host* (E.Schriner et al., eds.), VCH Publishing, Weinlein Germany. 1987, 227-242.
- Rushdi A.I., El-Mubarak A.H., Lijotra L., Al-Otaibi M.T., Qurban M.A., Al-Mutlaq K.F., Simoneit B.R.T. Characteristics of organic compounds in aerosol particulate matter from Dhahran city, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017, 10, S3532-S3547.
- Sasikumar Dhanarasu (Ed.), ISBN: 978-953-51-0357-8, InTech, 166-186. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/chromatography-and-its-applications/biomarkers>
- Schmidl C., Marr I.L., Caseiro A., Kotianová P., Berner A., Bauer H., Kasper-Giebl A., Puxbaum H. Chemical characterisation of fine particle emissions from wood stove combustion of common woods growing in mid-European Alpine regions. *Atmospheric Environment*. 2008, 42(1), 126-141.

- Schwarz J., Chi X., Maenhaut W., Civiš M., Hovorka J., Smolík J. Elemental and organic carbon in atmospheric aerosols at downtown and suburban sites in Prague. *Atmospheric Research*. 2008, 90, 287-302.
- Sillanpää M., Frey A., Hillamo R., Pennanen A.S., Salonen, R.O. Organic, elemental and inorganic carbon in particulate matter of six urban environments in Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2005, 5, 2869-2879.
- Simoneit B.R.T. Organic matter of the troposphere. III. Characterization and sources of petroleum and pyrogenic residues in aerosols over western United States. *Atmospheric Environment*. 1984, 18, 51-67.
- Simoneit B.R.T., Medeiros P.M., Didyk B.M. Combustion products of plastics as indicators for refuse burning in the atmosphere. *Environmental Science Technology*. 2005, 39, 6961-6970.
- Sunset laboratory Inc., 2005. Semi-continuous OCEC carbon aerosol analyzer. 96 s.
- Tsuge S., Ohtani H., Watanabe Ch. Pyrolysis-GC/MS data book of synthetic polymers. Pyrograms, thermograms and MS of pyrolyzates. Elsevier, 2011, 390 s.
- Turpin B. J., Lim H.-J. Species contributions to PM_{2.5} mass concentrations: Revisiting common assumptions for estimating organic mass. *Aerosol Science and Technology*. 2001, 35, 602- 610.
- Wang Z. Identification and differentiation of spilled oils by fingerprint tracing technology. 2011.
- Wang Z., Stout S.A., Fingas M. Forensic Fingerprinting of Biomarkers for oil spill characterization and source identification. 2006 ,7 (2), 105-146.
- Ward T.J., Hamilton R.F., Dixon R.W., Paulsen M., Simpson C.D. Characterization and evaluation of smoke tracers in PM: results from the 2003 Montana wildfire season. *Atmospheric Environment*. 2006, 40, 7005-7017.
- Yan C., Zheng M., Shen G., Cheng Y., Ma S., Sun J., Cui M., Zhang F., Han Y., Chen Y. Characterization of carbon fractions in carbonaceous aerosols from typical fossil fuel combustion sources. *Fuel*. 2019, 254, 115620.
- Zapletal M., Cudlín P., Khadka C. et al. Characteristics and sources of PAHs, hopanes, and elements in PM₁₀ aerosol in Tulsipur and Charikot (Nepal). *Water Air Soil Pollution*. 2022, 233, 486.
- Zhang S., Liang D., Gong Z., Wu K., Li M., Song F., Song Z., Zhang D., Wang P. Geochemistry of petroleum system in the eastern, Pearl River Mouth Basin: Evidence for mixed oils. *Organic Geochemistry*. 2003, 34, 971-991.