

Souhrnná zpráva o měření benzenu v ovzduší v Hustopečích nad Bečvou a okolí (březen 2025–březen 2026)

Abstrakt / obsah dokumentu

Studie hodnotí výsledky operativního monitoringu koncentrací benzenu v Hustopečích nad Bečvou a v okolních obcích po havárii železničních cisteren s benzenem dne 28. 2. 2025 na základě roční měřicí kampaně. Byly zaznamenány krátkodobé epizody zvýšených koncentrací související se sanačními pracemi, avšak celková průměrná roční koncentrace nepřesahovala imisní limit stanovený platnou legislativou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Monitoring potvrdil vhodnost kombinace kontinuálních a střednědobých i doplňkových metod měření pro komplexní hodnocení dopadů havárie na kvalitu ovzduší.

Projekt: SS02030031: Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší

Výsledek: V176

Autoři: Petra Bauerová, Adriana Šindelářová, Blanka Krejčí, Vladimíra Volná, Daniel Hladký, Jáchym Brzezina, Martin Beck, František Kuchrýk, Roman Mainda, Tadeáš Plachý, Lukáš Skovranek, Lucie Böhmová, Václav Uher

Datum: 28. dubna 2026

Hlavním uživatelem výstupů tohoto projektu je
Ministerstvo životního prostředí

Ministerstvo životního prostředí

Obsah

1. Úvod	2
1.1. Vlastnosti benzenu a jeho úroveň v ovzduší v ČR před vznikem havárie	2
2. Použitá metodika měření benzenu v ovzduší v Hustopečích nad Bečvou	3
3. Výsledky	5
3.1. Koncentrace naměřené automatickým analyzátozem a metodou aktivního vzorkování v Hustopečích nad Bečvou	5
3.1.1. Posouzení znečištění ovzduší v kontextu meteorologických podmínek na lokalitě Hustopeče nad Bečvou	7
3.2. Porovnání naměřených koncentrací benzenu na různých lokalitách (Hustopeče nad Bečvou a okolní obce)	10
4. Závěr	12
5. Zdroje literatury	13
Příloha 1	14
Popis paralelních metod měření na různých lokalitách.....	14
Výsledky porovnání paralelních měření	15

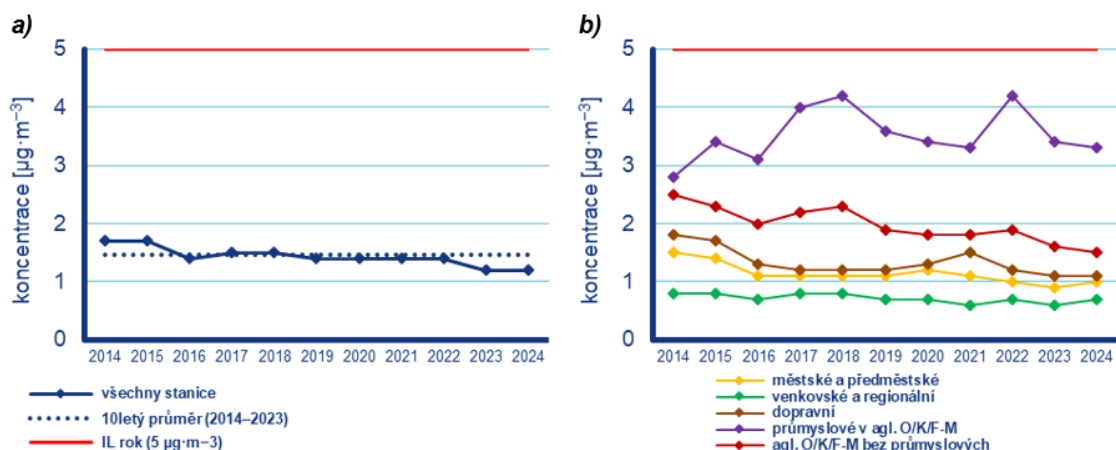
1. Úvod

Cílem operativně realizovaného měření kvality ovzduší v městysu Hustopeče nad Bečvou a jeho okolí bylo podpořit ochranu zdraví obyvatel a jejich informovanost v souvislosti s proběhlou havárií vlaku a cisteren s benzenem dne 28. 2. 2025 na železniční trase poblíž městyso. Z důvodu možného uvolňování této látky do ovzduší v průběhu likvidace nehody a probíhajících sanačních prací bylo měření v lokalitě Hustopeče nad Bečvou a okolí zahájeno 12. 3. 2025 a pokračuje i v době publikace této zprávy.

1.1. Vlastnosti benzenu a jeho úroveň v ovzduší v ČR před vznikem havárie

Benzen je čirá a bezbarvá organická kapalina s charakteristickým zápachem. Je těkavý a hořlavý. Používá se obvykle v průmyslu jako rozpouštědlo nebo jako surovina pro výrobu celé řady chemických látek. Benzen je součástí ropy a přidává se v malém množství do automobilového benzínu pro zlepšení oktanového čísla. Vyrábí se především zpracováním ropy a z uhelného dehtu vznikajícího při výrobě koksu. Společně s dalšími těkavými organickými látkami (VOC) se do ovzduší dostává zejména při nedokonalém spalování paliv (domácí vytápění, doprava) a průmyslové výrobě. Při vysokých koncentracích může mít benzen hematotoxické, genotoxické a imunotoxické účinky (SZÚ, 2015). Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) klasifikuje benzen jako karcinogen skupiny 1, tedy rakovinotvorný pro člověka. Roční imisní limit benzenu v ovzduší je dle aktuálně platné legislativy $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Roční celorepublikové průměrné koncentrace benzenu, vypočtené z celkem 33 stanic, které tuto látku sledují v rámci Státní sítě imisního monitoringu, se za posledních 10 let (mezi lety 2014 a 2024) pohybovaly mezi 1 a $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž v letech 2023 a 2024 došlo k dalšímu poklesu koncentrací oproti 10letému průměru v předchozím období (2014–2023; **Obr. 1a**). S ohledem na rozlišení typů stanic jsou nejvyšší roční průměrné koncentrace měřeny zejména na průmyslových stanicích, které se vyskytují převážně v aglomeraci O/K/F-M (Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek). Od roku 2013 nedošlo, až na výjimky, k překročení hodnoty ročního imisního limitu. Nejnižší roční průměrné koncentrace jsou pak obvykle měřeny na venkovských a regionálních stanicích (**Obr. 1b**; ČHMÚ, 2025).



Obr. 1. Průběh ročních průměrných koncentrací benzenu mezi lety 2014–2024. **a)** roční průměrné koncentrace dle rozlišení typů stanic v ČR; **b)** vývoj celorepublikových ročních průměrů (ze všech stanic v ČR). Červená linie na obou grafech znázorňuje hodnotu ročního imisního limitu dle platné legislativy. Zdroj: ČHMÚ, 2025.

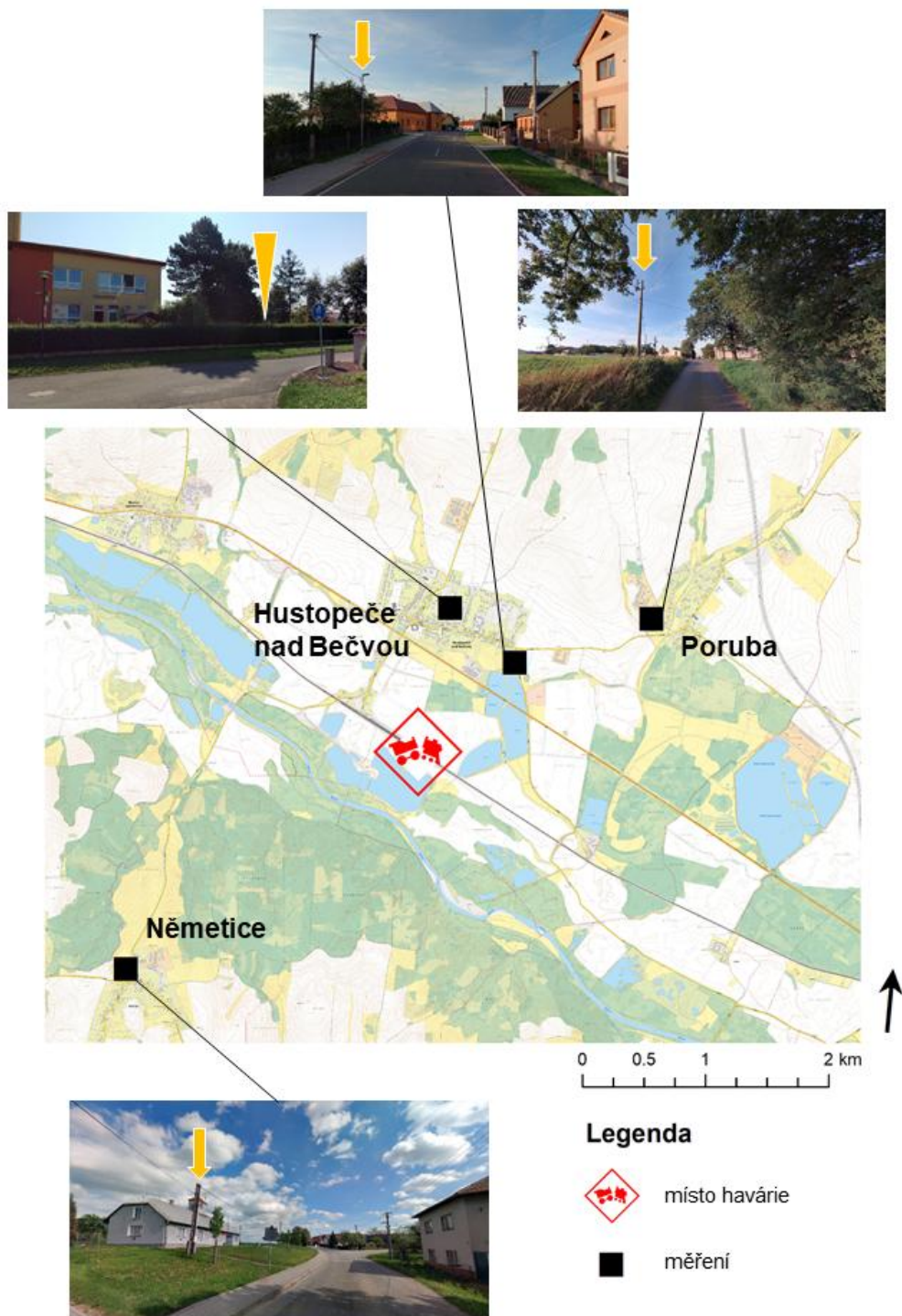
2. Použitá metodika měření benzenu v ovzduší v Hustopečích nad Bečvou

V rámci imisního monitoringu je benzen měřen různými metodami lišícími se zejména způsobem odběru a zpracováním vzorku vzduchu, a s tím souvisejícím intervalem měření. Kontinuálně (interval měření 1 hodina) lze měřit benzen pomocí referenčního automatického analyzátoru fungujícího na principu plynové chromatografie s fotoionizační detekcí (dále pojmenován jako automat) přímo na místě. Dále pak je možné měřit manuálně tzv. metodou aktivního vzorkování (dále označeno jako AV), kdy jsou vzorky odebírány aktivním prosáváním vzduchu přes sorpční trubici (s konstantním průtokem $10 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$) a následnou laboratorní analýzou pomocí termální desorpce a plynové chromatografie s plameno-ionizační detekcí (TD/GC-FID). Aktivní vzorkování probíhá nejčastěji v intervalu 7 nebo 14 dní a rovněž patří mezi akreditované referenční metody měření benzenu. Poslední metodou je odběr vzorku pomocí pasivních dosimetrů (sorpčních trubic) fungujících na principu difúze a rovněž následnou laboratorní analýzou pomocí termální desorpce a plynové chromatografie s plameno-ionizační detekcí (TD/GC-FID). Pasivní vzorkování (dále označeno jako PV) probíhá rovněž v intervalu 7 nebo 14 dní a jedná se o nereferenční (orientační) metodu měření. Měření pomocí pasivních dosimetrů má z vyjmenovaných metod nejvyšší nejistotu měření (okolo 25 % u naměřených koncentrací) a v případě měření benzenu je využíváno jako doplňková metoda monitoringu ovzduší. Nespornou výhodou pasivního vzorkování je ovšem jeho nezávislost na elektrickém napájení (viz **Obr. 3**), díky čemuž je snadno a rychle aplikovatelné na nových lokalitách. Zároveň je důležité zmínit, že veškeré manuální vzorkovací metody (ať už s aktivním či pasivním vzorkováním) poskytují s ohledem na několikadenní interval měření spíše střednědobé hodnocení kvality ovzduší a nejsou schopné zaznamenat okamžité výkyvy/špičky koncentrací během jednotlivého dne jako v případě automatických analyzátorů. V případě, že mohou být očekávány stabilně vyšší koncentrace benzenu v ovzduší (jako po vzniklé havárii), je pasivní vzorkování vhodně zvolenou doplňkovou metodou měření.

V souvislosti s havárií železničních vozů byla v Hustopečích nad Bečvou a okolí použita kombinace všech metod měření benzenu v ovzduší. V lokalitě Hustopeče nad Bečvou probíhalo od 12. 3. 2025 jak kontinuální měření automatickým analyzátozem pomocí měřicího vozu ČHMÚ (posléze nahrazen stanicí imisního monitoringu v Hustopečích nad Bečvou), tak paralelně metodami měření pomocí aktivního vzorkování i pasivních dosimetrů (odběry umístěné na střeše měřicího vozu/stanice). Samostatné měření pasivními dosimetry pak probíhalo od 18. 3. 2025 i na dalších vybraných lokalitách Hustopeče nad Bečvou-okraj, obec Poruba a obec Němetice (viz přehled **Tab. 1, Obr. 2 a 3**). Aktivní i pasivní vzorkování probíhalo od 12. 3. do 20. 5. 2025 v 7denním intervalu měření (7denní průměrné koncentrace), od 20. 5. 2025 probíhá ve 14denním intervalu (14denní průměrné koncentrace). Tato zpráva hodnotí výsledky měření za období 12. 3. 2025 až 25. 3. 2026 (377 dní).

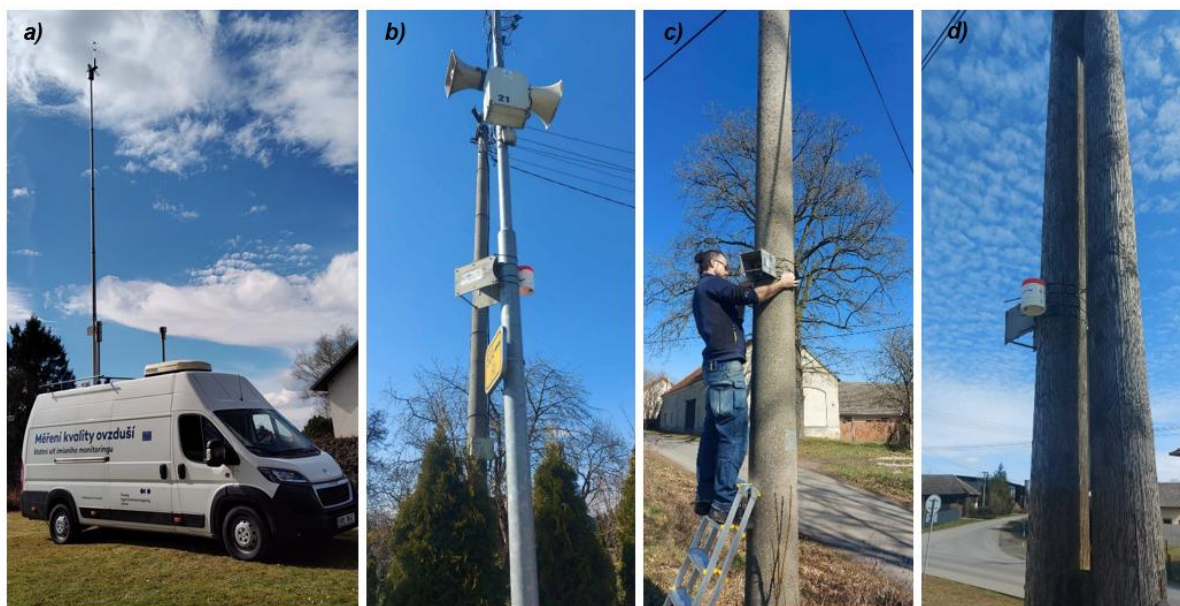
Tab. 1. Přehled lokalit měření a použitých metod měření benzenu na daných lokalitách.

Název lokality	GPS souřadnice	Metoda měření benzenu	Začátek měření
Hustopeče nad Bečvou	49.5318344N, 17.8731936E	automatický analyzátor (1hod interval)	12. 03. 2025
		aktivní vzorkování (7d/14d interval)	12. 03. 2025
		pasivní vzorkování (7d/14d interval)	18. 03. 2025
Hustopeče nad Bečvou - okraj	49.5282667N, 17.8810017E	pasivní vzorkování (7d/14d interval)	18. 03. 2025
obec Poruba	49.5324317N, 17.8957872E	pasivní vzorkování (7d/14d interval)	18. 03. 2025
obec Němetice	49.5034806N, 17.8407686E	pasivní vzorkování (7d/14d interval)	18. 03. 2025



ZDROJ: Geoportál ČÚZK, ČHMÚ, mapy.cz

Obr. 2. Mapa s místem havárie a rozmístěním měření v rámci vybraných lokalit: Hustopeče nad Bečvou (umístění měřicího vozu – automat, aktivní i pasivní vzorkování), Hustopeče nad Bečvou – okraj (pasivní vzorkování), obec Poruba (pasivní vzorkování) a obec Němetice (pasivní vzorkování).



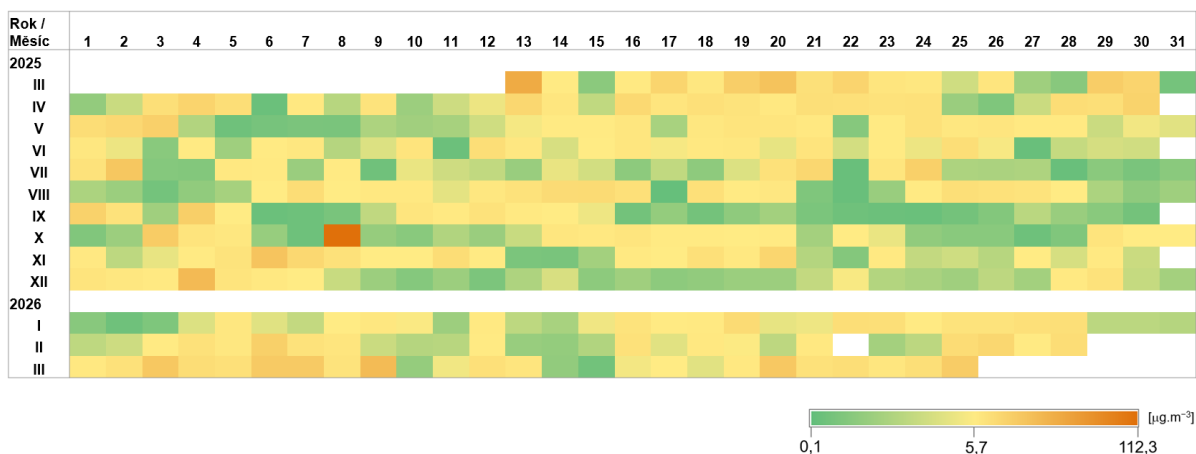
Obr. 3. Foto rozmístění měření na vybraných lokalitách: **a)** měřicí vůz s automatickým analyzátozem pro měření benzenu a pasivním i aktivním vzorkováním; **b)** pasivní vzorkovače v lokalitě Hustopeče nad Bečvou – okraj; **c)** pasivní vzorkovače v lokalitě Poruba, **d)** pasivní vzorkovače v lokalitě Němčice. Zdroj: ČHMÚ, pobočka Ostrava.

3. Výsledky

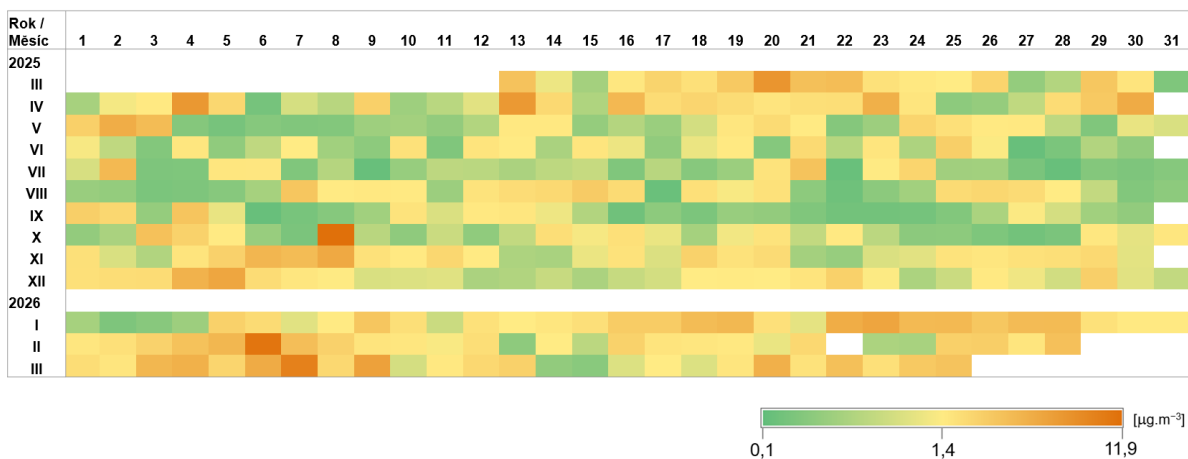
3.1. Koncentrace naměřené automatickým analyzátozem a metodou aktivního vzorkování v Hustopečích nad Bečvou

V případě měření automatickým analyzátozem benzenu v lokalitě Hustopeče nad Bečvou byla maximální hodinová koncentrace benzenu $112,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ naměřena dne 8. 10. 2025 v 00:00 UTC (tedy ve 2:00 SELČ; **Obr. 4**). Druhá nejvyšší maximální hodinová koncentrace byla naměřena $61,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dne 13. 3. 2025 ve 21:00 UTC (tedy ve 22:00 SEČ, **Obr. 4**). V tento den pak byla naměřena i nejvyšší průměrná denní koncentrace $11,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (**Obr. 5**). Druhá nejvyšší průměrná denní koncentrace $11,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena dne 6. 2. 2026 (**Obr. 5**). Celkově byla ve 37 z 377 hodnocených dní v případě měření automatem naměřena průměrná denní koncentrace vyšší než $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrná roční koncentrace (vypočítaný z 322 hodnocených dní) byla dle akreditované metody měření aktivním vzorkováním $2,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za období 364 dní od 12. 3. 2025 do 11. 3. 2026, i za celkové období 377 dní od 12. 3. 2025 do 25. 3. 2026. I přes výskyt několika krátkodobých epizod s vysokými špičkami hodinových koncentrací (v důsledku havárie a sanačních prací) tedy nedošlo v lokalitě Hustopeče nad Bečvou za uplynulé období k překročení stanoveného ročního imisního limitu $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

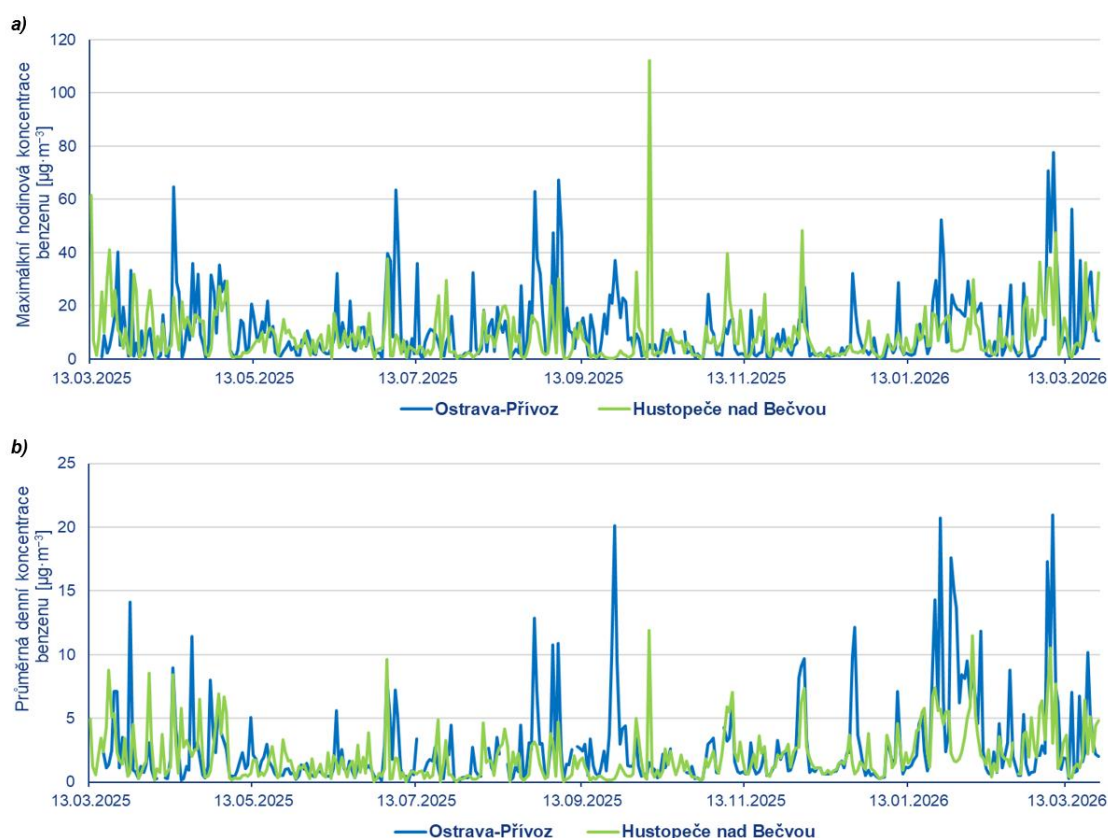
Pro srovnání v širším kontextu byly maximální hodinové i průměrné denní koncentrace naměřené automatem v Hustopečích porovnány za stejné období s automatickým měřením v lokalitě Ostrava-Přívoz (**Obr. 6**), která v posledních letech dosahovala nejvyšších průměrných ročních koncentrací benzenu v ČR (aktivním vzorkováním naměřeno $4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v roce 2023 a $4,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v roce 2024).



Obr. 4. Maximální hodinové koncentrace benzenu naměřené za jednotlivé dny automatickým analyzátozem v lokalitě Hustopeče nad Bečvou. Koncentrace znázorněné pomocí barevné škály (viz rozsah koncentrací v legendě).



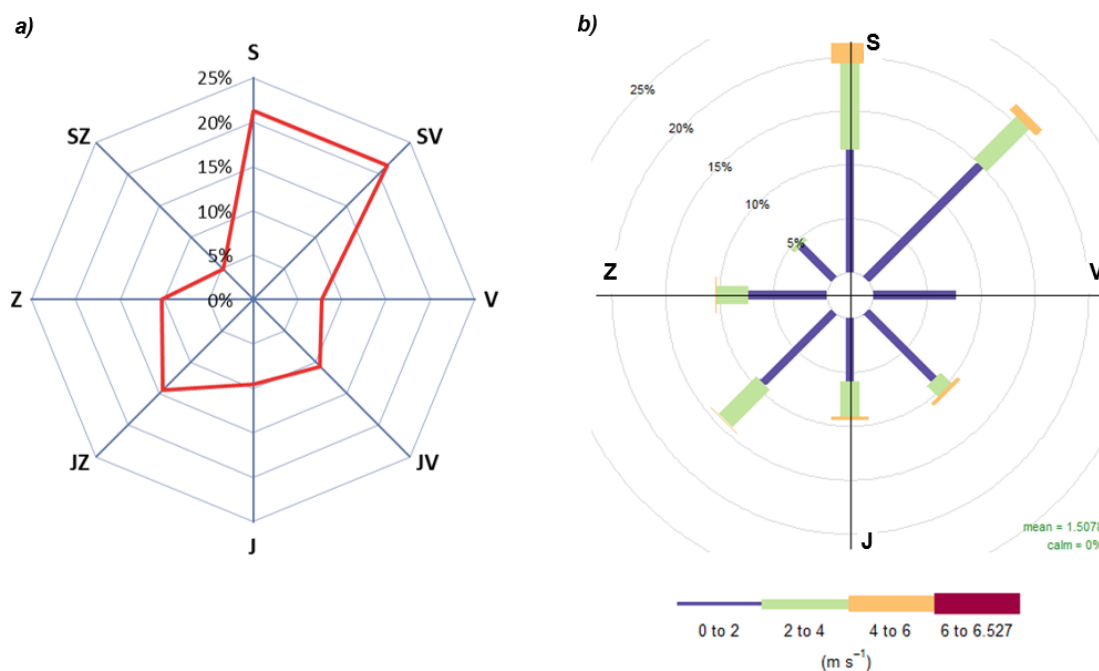
Obr. 5. Průměrné denní koncentrace benzenu naměřené automatickým analyzátozem v lokalitě Hustopeče nad Bečvou. Koncentrace znázorněné pomocí barevné škály (viz rozsah koncentrací v legendě).



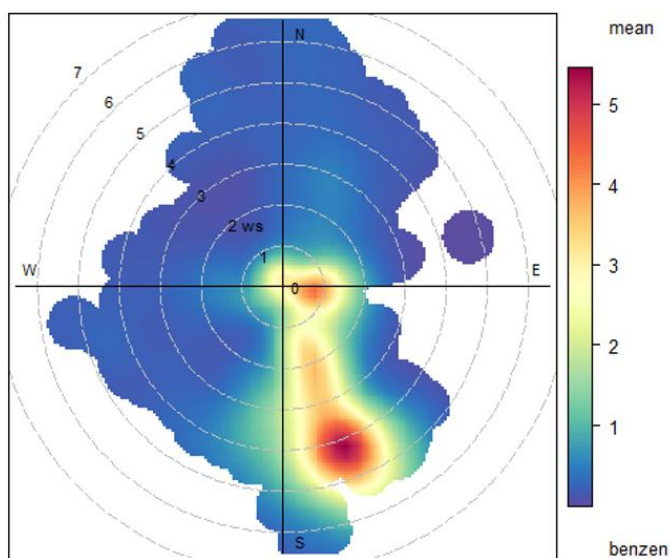
Obr. 6. Průběh naměřených koncentrací benzenu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v ovzduší v lokalitě Hustopeče nad Bečvou a Ostrava-Přivoz za období 13. 3. 2025 až 25. 3. 2026. a) Maximální hodinové koncentrace naměřené za jednotlivé dny; b) Průměrné denní koncentrace.

3.1.1. Posouzení znečištění ovzduší v kontextu meteorologických podmínek na lokalitě Hustopeče nad Bečvou

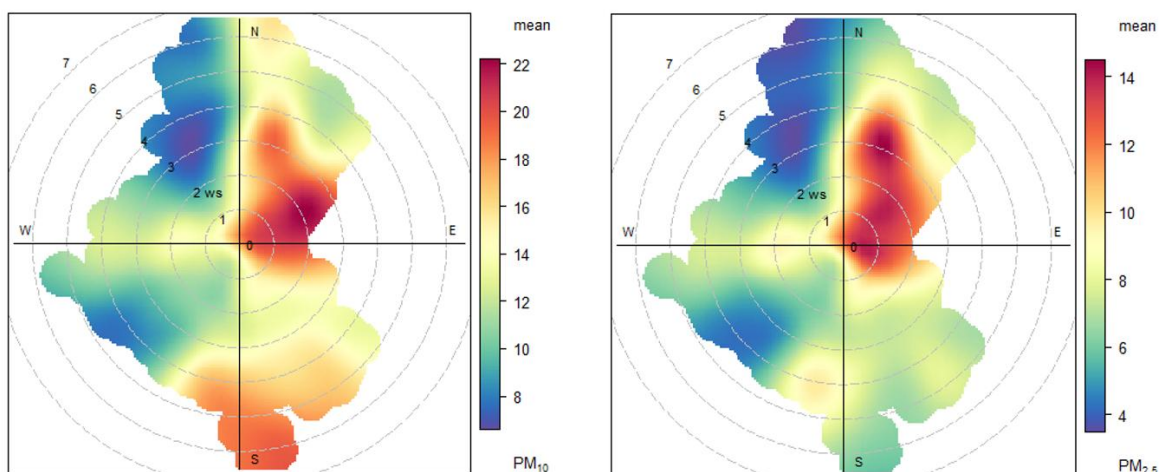
Na lokalitě Hustopeče nad Bečvou převládaly zejména severní (21 % četnost), severovýchodní (21 %) a jihozápadní (15 %) směry větru (**Obr. 7**). Ze severního a severovýchodního směru pak přicházely zpravidla vyšší rychlosti větru (**Obr. 7b**). Meteorologické posouzení dále potvrdilo, že nejvyšší průměrné koncentrace benzenu se šířily převážně z místa havárie a probíhajících sanačních prací (z jižního až jiho-jihovýchodního směru; **Obr. 8**). Oproti tomu například nejvyšší průměrné koncentrace částic PM_{10} (hrubá frakce aerosolu) a $\text{PM}_{2.5}$ (jemnější frakce aerosolu) byly naměřeny jak při nižších rychlostech větru v bezprostředním okolí místa měření, tak při vyšších rychlostech větru z východního až severovýchodního sektoru od místa měření, což odpovídá spíše lokálnímu vytápění městysu a okolních obcí (**Obr. 9**). Špičky PM_{10} v teplejších měsících (mimo topnou sezónu) pak mohou odrážet i sekundárně zvržený prach v suchých dnech v důsledku pozemních prací (**Obr. 10b**). Z porovnání průběhů maximálních hodinových koncentrací je patrné, že špičky benzenu a PM_{10} příliš časově nekorespondují, což rovněž potvrzuje rozdílnost původu tohoto znečištění (**Obr. 10a**). S ohledem na vzniklé technické poruchy a výpadky měření větru na lokalitě Hustopeče nad Bečvou byly polární grafy a větrné růžice tvořeny na datech za období 12. 3. 2025 až 24. 11. 2025 a 1. 3. 2026 až 25. 3. 2026 (výpadek dat v měsících prosinec 2025 až únor 2026).



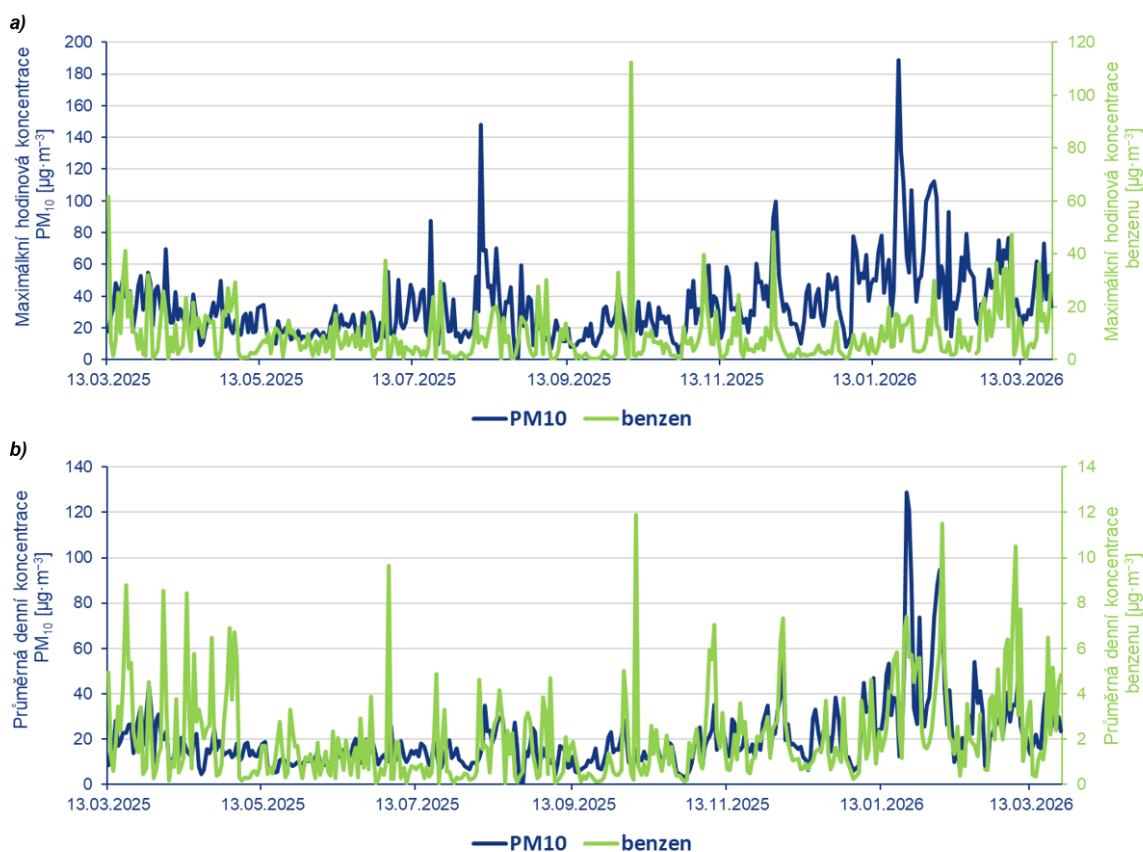
Obr. 7. Převládající směry větru na lokalitě Hustopeče nad Bečvou. **a)** Četnost výskytu různých směrů větru (%); **b)** četnost výskytu různých směrů větru (%) včetně naměřených rychlostí větru ($m \cdot s^{-1}$) přicházejících z těchto směrů, období 12. 3. 2025 – 24. 11. 2025 a 1. 3. 2026 - 25. 3. 2026. Z důvodu poruchy anemometru bylo v této analýze vynechány měsíce prosinec 2025 až únor 2026.



Obr. 8. Polární graf hodinových koncentrací benzenu ($\mu g \cdot m^{-3}$) v ovzduší v závislosti na směru a rychlosti větru. Středový kříž označuje místo měření v lokalitě Hustopeče nad Bečvou, období 12. 3. 2025 – 24. 11. 2025. a 1. 3. 2026 - 25. 3. 2026. Z důvodu poruchy anemometru bylo v této analýze vynechány měsíce prosinec 2025 až únor 2026.



Obr. 9. Polární graf hodinových koncentrací PM_{10} a $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v ovzduší v závislosti na směru a rychlosti větru. Středový kříž označuje místo měření v lokalitě Hustopeče nad Bečvou, období 12. 3. 2025 – 24. 11. 2025 a 1. 3. 2026 - 25. 3. 2026. Z důvodu poruchy anemometru bylo v této analýze vynechány měsíce prosinec 2025 až únor 2026.



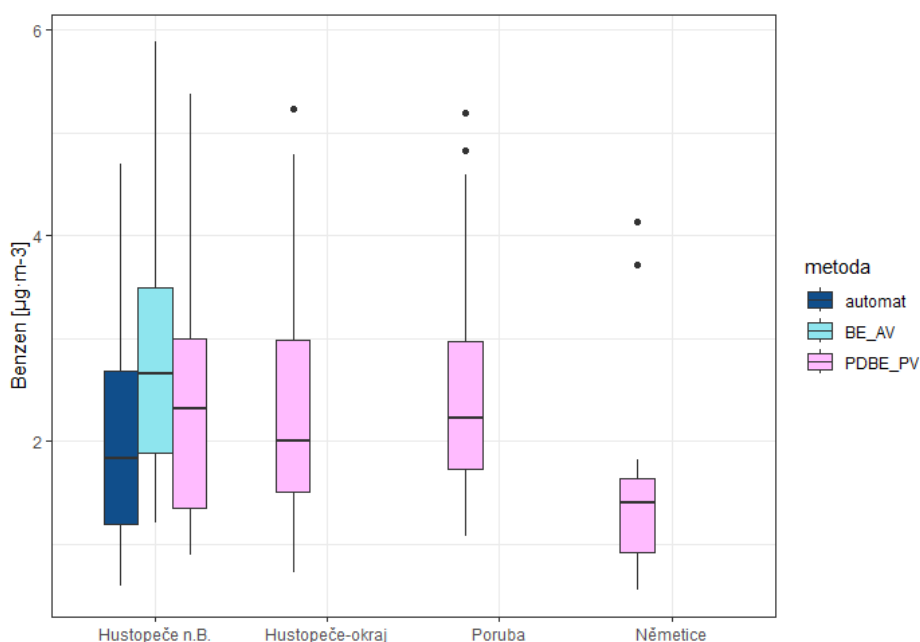
Obr. 10. Porovnání průběhu naměřených koncentrací benzenu (zelená osa vpravo) a částic PM_{10} (modrá osa vlevo; obojí v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v ovzduší v lokalitě Hustopeče nad Bečvou za období 13. 3. 2025 až 25. 3. 2026. **a)** Maximální hodinové koncentrace naměřené za jednotlivé dny; **b)** Průměrné denní koncentrace.

3.2. Porovnání naměřených koncentrací benzenu na různých lokalitách (Hustopeče nad Bečvou a okolní obce)

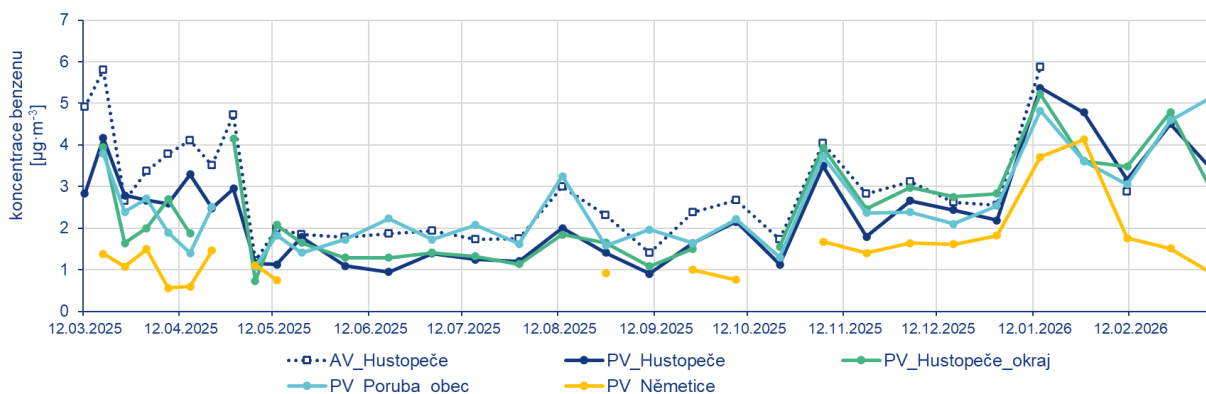
V rámci doplňkového monitoringu byly pravidelně hodnoceny koncentrace benzenu v ovzduší naměřené pasivními vzorkovači (PV) v 7denním a posléze 14denním intervalu v Hustopečích nad Bečvou a vybraných okolních obcích. Tato metoda má vyšší nejistotu měření (přibližně 25 %), a proto jsou naměřené koncentrace zatíženy vyšší chybou než u referenčního měření (automat a aktivní vzorkování). Nicméně s ohledem na jednoduchost zavedení a provozu PV může být tato metoda výhodná pro střednědobé orientační porovnání stavu ovzduší na různých lokalitách.

Nejnižší koncentrace byly za celé hodnocené období měřeny v obci Němetice vzdálené zhruba 2,5 km jihozápadně od místa havárie cisteren (**Obr. 11 a 12**). Průměrná koncentrace benzenu naměřená metodou PV za celé období (377 dní) zde byla $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V 11 případech z celkem 32 hodnocených vzorků byla koncentrace benzenu na této lokalitě pod mezí stanovitelnosti pro tuto metodu (koncentrace menší než $0,65 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; viz **Obr. 12**). Vyšší koncentrace pak byly naměřeny na lokalitách Hustopeče nad Bečvou a Hustopeče nad Bečvou – okraj (cca 1,5 km severozápadně od místa havárie; **Obr. 11 a 12**). Průměrné koncentrace za celé sledované období zde byly $2,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejvyšší koncentrace byly několikrát za sledované období měřeny metodou PV v obci Poruba vzdálené 2 km severozápadně od místa havárie (**Obr. 11 a 12**). Zde byla celková průměrná koncentrace $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z pohledu celého hodnoceného období byly metodou PV naměřeny nejvyšší koncentrace benzenu zejména v počátku měření (březen až duben 2025) a pak později opět s nástupem chladnějších měsíců (listopad 2025 až březen 2026; **Obr. 12**). Tento trend je za normálních podmínek pozorován i na jiných lokalitách v ČR, kdy v letních měsících jsou koncentrace benzenu obvykle nižší než v zimě.

Další výsledky z porovnání různých metod vzorkování a měření benzenu použitých v této kampani jsou popsány v **Příloze 1** této zprávy.



Obr. 11. Koncentrace benzenu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) naměřené metodou pasivního vzorkování (PV) na různých lokalitách za období 12. 3. 2025 až 25. 3. 2026. Na první lokalitě Hustopeče n. B. jsou pro porovnání i výsledky referenčních metod měření automatem a aktivním vzorkováním (AV). Střed krabicového grafu = medián, krabice = 25 % – 75 % kvartil, svorka = rozsah neodlehých hodnot, černé body = odlehlé hodnoty.



Obr. 12. Průběh 7denních průměrných koncentrací benzenu naměřených automatickým analyzátozem (automat) a pasivními vzorkovači (PV) v Hustopečích nad Bečvou a okolními lokalitami v období 12. 3. 2025 až 25. 3. 2026. Chybějící data byla pod mezí stanovitelnosti benzenu pro tuto měřicí metodu. U aktivního vzorkování v Hustopečích n. B. (AV_Hustopeče) v termínech 11. 2. a 25. 2. 2026 chybí data z důvodu poruchy technologie.

4. Závěr

Havárie cisteren převážejících benzen v Hustopečích nad Bečvou byla jednou z nejrozsáhlejších ekologických havárií nejen v České republice, ale i mezinárodně. Pro možnost kontinuálního monitorování úniku této nebezpečné látky do ovzduší ČHMÚ zavedl operativní měřicí síť jak s nepřetržitým měřením benzenu za pomoci automatického analyzátoru, tak se střednědobým měřením (s intervalem vzorkování 7–14 dní) za pomoci referenčního aktivního vzorkování přímo v Hustopečích nad Bečvou i doplňkových pasivních vzorkovačů ve třech přilehlých lokalitách (Hustopeče nad Bečvou – okraj, obec Poruba a obec Němetice). Nespornou výhodou automatického měření benzenu je možnost zaznamenání krátkodobých špiček koncentrací, které v kombinaci s kontinuálním meteorologickým měřením přispívají k identifikaci zdrojů znečišťování v okolí a jejich vývoji v čase. Metoda několikadenního aktivního vzorkování pak slouží jako akreditovaná metoda měření s vysokou přesností pro střednědobý monitoring znečištění v zájmových lokalitách a stanovení ročních průměrných koncentrací pro porovnání s platným imisním limitem (podklady pro hodnocení dlouhodobých zdravotních rizik). Poslední metoda pasivního vzorkování pak představuje technicky, časově i finančně mnohem méně náročnou metodu pro doplňkový (orientační) střednědobý monitoring stavu lokalit. Kombinace uvedených metod poskytla hodnotná data umožňující komplexní hodnocení stavu ovzduší v časovém i prostorovém kontextu.

Z automatického měření vyplývá, že nejvyšší koncentrace benzenu naměřené v Hustopečích a okolí skutečně pocházely z místa sanačních prací po havárii. V průběhu měření bylo identifikováno několik dní s výraznými krátkodobými špičkami koncentrací. Maximální naměřená hodinová koncentrace byla $112,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ z půlnoci 8. října 2025, druhá nejvyšší hodinová koncentrace byla $61,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ze dne 13. března 2025 opět v nočních hodinách. Z pohledu celého monitorovacího období bylo automatickým měřením identifikováno 37 dní (z 377 hodnocených) s průměrnou denní koncentrací vyšší než $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. I přes několik zmíněných epizod s krátkodobými špičkami koncentrací, byla celková průměrná koncentrace benzenu naměřená aktivním vzorkováním za období 12. března 2025 až 25. března 2026 (377 dní) nízká ($2,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a nedošlo zde k překročení stanoveného ročního imisního limitu pro benzen $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Doplňkové měření pasivními vzorkovači v širším okolí havárie ukázalo, že nejvyšší průměrné koncentrace ($2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byly zaznamenány napříč hodnoceným obdobím na 3 lokalitách Hustopeče nad Bečvou-okraj, Poruba a Hustopeče nad Bečvou (střed), naopak nejnižší koncentrace ($1,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byly dlouhodobě měřeny v obci Němetice. Ani doplňkové metody měření tedy nenaznačovaly překročení ročního imisního limitu na žádné ze sledovaných lokalit.

5. Zdroje literatury

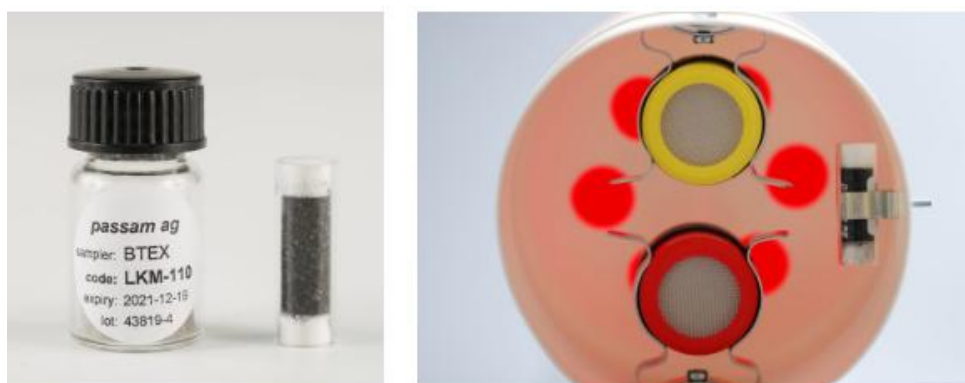
SZÚ, 2015: Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí. Subsystem I. Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší. Odborná zpráva za rok 2015, Státní zdravotní ústav Praha. Dostupné online: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/01/ovzdusi_2015.pdf

ČHMÚ, 2025: Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2024. Grafická ročenka kvality ovzduší pro rok 2024, Český hydrometeorologický ústav, Praha, ISBN 978-80-7653-081-2. Dostupné online: <https://www.chmi.cz/o-chmu/publikace-a-vzdelavani/nakladatelstvi?category=2405536>.

Příloha 1

Popis paralelních metod měření na různých lokalitách

V rámci měřicí kampaně v Hustopečích nad Bečvou a okolí byly použity různé metody měření a vzorkování pro stanovení koncentrací benzenu v ovzduší. Tato příloha se podrobněji věnuje dílčím výsledkům měření a jejich vzájemnému porovnání. Souběh různých metod měření probíhal zejména v období 18. 3. 2025 až 13. 5. 2025 (56 dní), kdy byly v lokalitě Hustopeče nad Bečvou porovnávány 4 typy měření (dvě referenční měření: automat a aktivní vzorkování, a orientační měření dvěma typy pasivních vzorkovačů: pasivní trubice Passam a pasivní trubice PDBE). Na ostatních lokalitách pak probíhalo měření pouze zmíněnými dvěma typy pasivních vzorkovačů. Oba typy použitých pasivních vzorkovačů fungovaly na principu difuzního odběru vzorků vzduchu na aktivní uhlí. Pasivní trubice Passam (**Obr. 13**) byly po odběru vzorků analyzovány v laboratoři Passam a.g., která používá metodu desorpce sirouhlíkem (CS₂) s následnou analýzou plynovou chromatografií s plameno-ionizační detekcí (CS₂ desorpce/GC-FID). Pasivní trubice PDBE (**Obr. 14**) byly po odběru analyzovány v centrální laboratoři imisí Praha-Libuš, která používá metodu termální desorpce s následnou analýzou plynovou chromatografií s plameno-ionizační detekcí (TD/GC-FID). Níže je upravená tabulka shrnující lokality měření a konkrétní použité metody měření (**Tab. 2**).



Obr. 13. Pasivní vzorkovací trubice Passam pro měření benzenu v ovzduší (vlevo) a instalace vzorkovací trubice v ochranném krytu při odběru na lokalitě (vpravo). Zdroj: <https://www.passam.ch/>



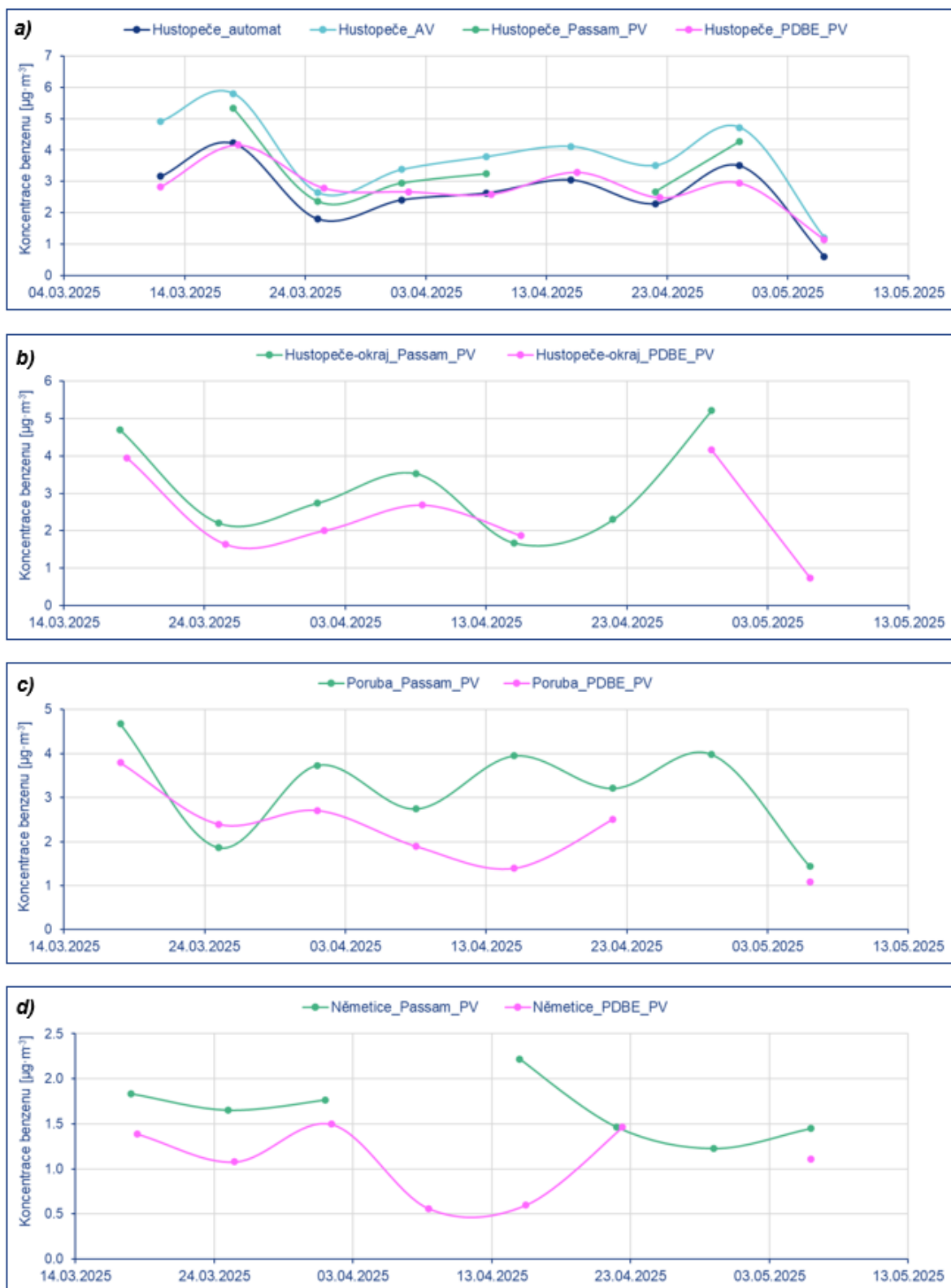
Obr. 14. Pasivní vzorkovací trubice PDBE (typ carbopack B) pro měření benzenu v ovzduší. Zdroj: ČHMÚ, Centrální laboratoř imisí

Tab. 2. Přehled lokalit měření a použitých metod, včetně typu měření benzenu na daných lokalitách.

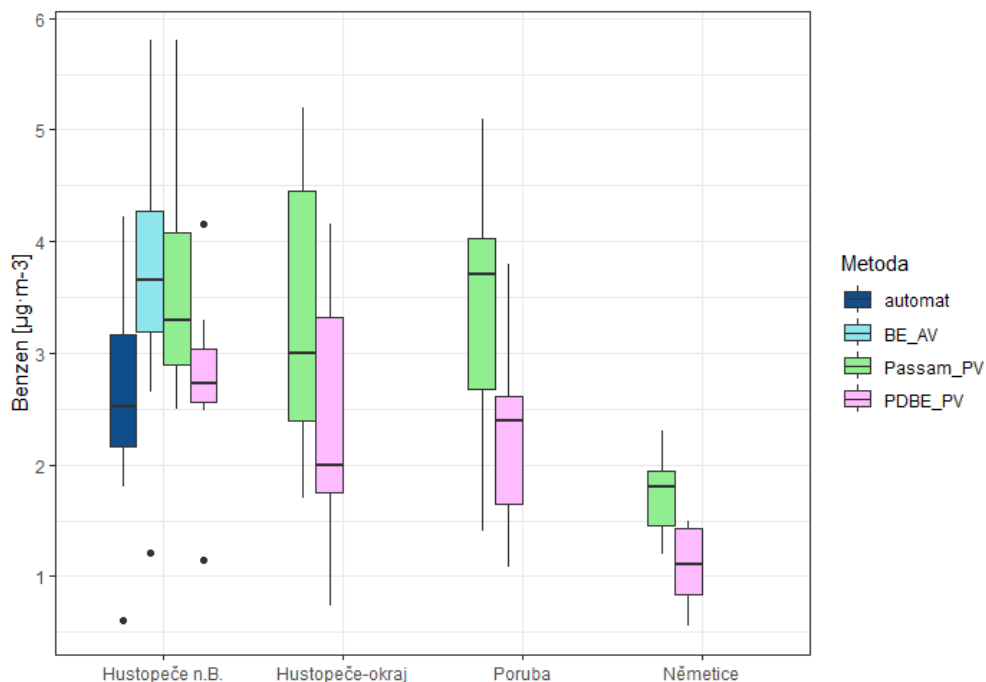
Název lokality	GPS souřadnice	Metoda měření benzenu	Typ měření (interval)	začátek měření	konec měření
Hustopeče nad Bečvou	49.5318344N, 17.8731936E	automatický analyzátor	automat (1hod interval)	12.03.2025	doposud
		aktivní vzorkování (AV)	trubice BE (7d/14d interval)	18.03.2025	doposud
		pasivní vzorkování (PV)	pasivní trubice Passam (7d interval)	18.03.2025	6.5.2025
pasivní trubice PDBE (7d/14d interval)	12.03.2025		doposud		
Hustopeče nad Bečvou-okraj	49.5282667N, 17.8810017E	pasivní vzorkování (PV)	pasivní trubice Passam (7d interval)	18.03.2025	6.5.2025
			pasivní trubice PDBE (7d/14d interval)	18.03.2025	doposud
obec Poruba	49.5324317N, 17.8957872E	pasivní vzorkování (PV)	pasivní trubice Passam (7d interval)	18.03.2025	6.5.2025
			pasivní trubice PDBE (7d/14d interval)	18.03.2025	doposud
obec Němetice	49.5034806N, 17.8407686E	pasivní vzorkování (PV)	pasivní trubice Passam (7d interval)	18.03.2025	6.5.2025
			pasivní trubice PDBE (7d/14d interval)	18.03.2025	doposud

Výsledky porovnání paralelních měření

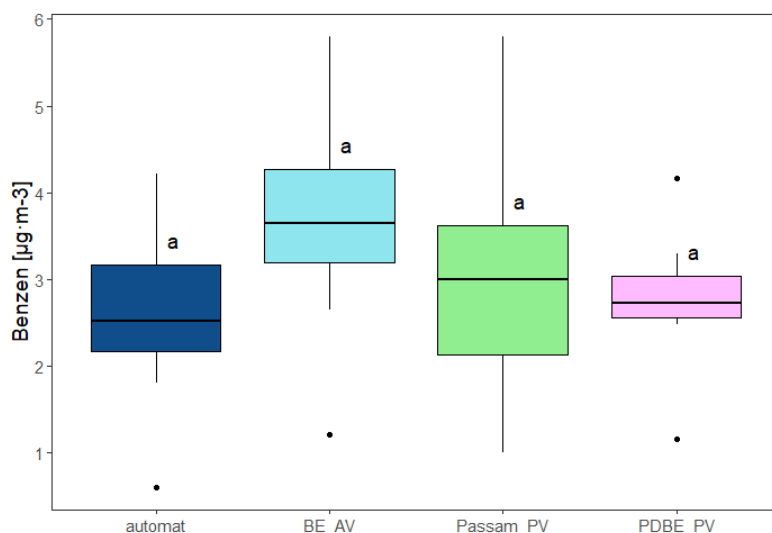
Porovnání různých metod měření na lokalitě Hustopeče nad Bečvou ukázalo, že i dvě referenční metody – automat a aktivní vzorkování se od sebe z principu rozdílnosti metody měření částečně liší. Aktivní vzorkování dosahovalo nejvyšších koncentrací benzenu jak v mediánu, tak v celkovém rozsahu koncentrací (**Obr. 16**). Stejně tak se od sebe navzájem lišily i dva typy použitých pasivních vzorkovačů, které se svými mediány i rozsahy pohybovaly mezi automatem a aktivním vzorkováním. V případě porovnání dvou typů pasivních vzorkovačů dosahovaly vyšších koncentrací benzenu zpravidla vzorkovací trubice Passam než trubice PDBE (**Obr. 15 a 16**). S ohledem na celkovou nejistotu měření (do 25 % u naměřených koncentrací) jsou ovšem zjištěné rozdíly přijatelné a nebyly statisticky významné (viz **Obr. 17**). Při vzájemném porovnání výkonnosti metod na lokalitě Hustopeče nad Bečvou lineární regresí dosahovalo (i se započítáním určité individuální odchylky) nejvyšší shody s aktivním vzorkováním měření automatickým analyzátozem (koeficient determinace $R^2 = 0.99$; obě referenční metody měření), poté doplňkové pasivní vzorkování trubicemi Passam ($R^2 = 0.96$) a metoda doplňkového pasivního vzorkování trubicemi PDBE ($R^2 = 0.84$; viz **Obr. 18**).



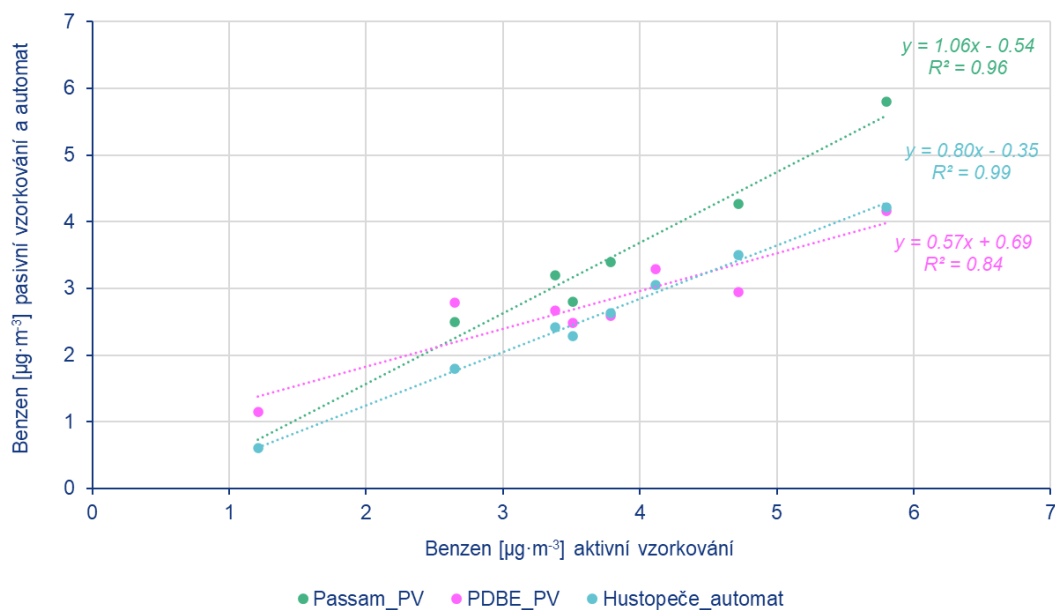
Obr. 15. Koncentrace benzenu naměřené různými paralelně použitými metodami (automatický analyzátor, aktivní vzorkování, pasivní vzorkování trubice Passam a pasivní vzorkování trubice PDBE) na zájmových lokalitách za období 18. 3. 2025 až 6. 5. 2025. Chybějící data byla pod mezí stanovitelnosti benzenu pro tuto měřicí metodu.



Obr. 16. Porovnání koncentrací benzenu naměřených různými paralelně použitými metodami na vybraných lokalitách za období 18. 3. 2025 až 13. 5. 2025. Střed krabicového grafu = medián, krabice = 25 % – 75 % kvartil, svorka = rozsah neodlehých hodnot, černé body = odlehlé hodnoty.



Obr. 17. Rozdíly v naměřených koncentracích různými paralelně použitými metodami na lokalitě Hustopeče nad Bečvou v období 18. 3. 2025 až 13. 5. 2026. Střed krabicového grafu = medián, krabice = 25 % – 75 % kvartil, svorka = rozsah neodlehých hodnot, černé body = odlehlé hodnoty, stejná písmena „a“ nad krabicemi značí, že se koncentrace naměřené různými metodami statisticky významně nelišily (výsledek ANOVA a Tukey HSD testu).



Obr. 18. Porovnání výkonnosti metod měření v Hustopečích nad Bečvou (měřicí vůz/stanice). Na ose x jsou koncentrace aktivním vzorkováním (referenční metoda), na ose y jsou koncentrace naměřené ostatními použitými metodami měření – pasivní trubice Passam (Passam_PV – zelená barva), pasivní trubice PDBE (PDBE_PV – růžová barva) a měření automatickým analyzátozem (automat – modrá barva). Hodnocené období 18. 3. 2025 až 13. 5. 2025. Pro každou metodu je znázorněna rovnice lineární regrese a koeficient determinace (R^2).