

Zpráva o provedeném měření NO₂ pomocí pasivních vzorkovačů v oblasti Dolní Krče

Řešitel:

Senzorvzduchu, z.s.

Řešitelský tým:

Michael Lažan
Nikola Carić

09.01.2025

Zadání provedení měření kvality ovzduší

Spolek Senzorvzduchu, z.s. provedl měření koncentrací oxidu dusičitého (NO₂) pomocí pasivních vzorkovačů v oblasti Dolní Krče. Toto měření bylo realizováno na základě Smlouvy o provedení měření kvality ovzduší.

Objednatel:

Název: Pankrácká společnost, z.s.

IČO: 26666154

Datová schránka: gi8zrwf

Adresa: Hudečkova 1097/12, Podolí, 140 00 Praha

Zhotovitel:

Název: Senzorvzduchu, z.s.

IČO: 10686916

Datová schránka: dp7yjru

Adresa: Mánesova 1723/70, Vinohrady (Praha 2), 120 00 Praha

Č. ú.: 2001982340/2010

E-mail: info@senzorvzduchu.cz

Cílem této studie je posoudit vliv měření kvality ovzduší na třech lokalitách v Dolní Krči na koncentraci oxidu dusičitého (NO₂). Měření probíhalo po dobu tří měsíců s použitím pasivních vzorkovačů. Studie má za úkol identifikovat zdroje NO₂ a posoudit jejich příspěvek k celkové koncentraci znečištění, jakož i vyhodnotit účinnost stávajících regulací a případně navrhnout nové směry pro zlepšení kvality ovzduší.

Spolek Senzorvzduchu, z.s.

Spolek Senzorvzduchu, z.s. je nezisková organizace, která se věnuje monitorování a šíření povědomí o kvalitě ovzduší. Jednou z hlavních činností spolku je měření koncentrací NO₂ ve venkovním ovzduší. Toto měření je klíčové pro hodnocení vlivu znečištění vzduchu na veřejné zdraví a pro podporu politik zlepšujících kvalitu ovzduší.

Aktivity spolku v oblasti měření NO₂ v letech 2022 až 2025:

Rok 2022:

V rámci projektu [NO₂ Citizen Science](#)¹ probíhaly měření NO₂ pomocí pasivních vzorkovačů na 20 lokalitách. Tyto vzorkovače byly po dobu jednoho roku rozmístěny v Praze, kde průměrné

měsíční hodnoty NO₂ dosáhly vysokých úrovní, což poukázalo na značné znečištění v dopravně zatížených oblastech.

Rok 2024-25:

V roce 2024 probíhalo rovněž roční měření NO₂, které zahrnovalo nasazení difuzních trubic v Praze na 30 lokalitách včetně škol a oficiálních stanic automatického imisního monitoringu (AIM). Předběžná [data z prvního půlroku](#)² ukázala, že průměrné koncentrace NO₂ na dopravně zatížených místech byly přibližně dvojnásobné oproti vnitroblokům a až 15násobné oproti venkovskému pozadí. Toto měření zatím není kompletně vyhodnoceno a probíhá ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), který v roce 2025 plánuje zpřesnit nejistoty metody měření a zvážit možnost nahrazení oficiálních stanic AIM touto metodou.

Rozšíření používání pasivních vzorkovačů je v současnosti diskutováno jako levnější a operativnější způsob monitorování, který by mohl sloužit tam, kde nejsou instalovány oficiální monitorovací stanice AIM.

Metodika měření

Měření probíhá pomocí pasivních vzorkovačů firmy Passam ag, které jsou známy svou přesností a spolehlivostí a jsou v souladu se standardem ISO/IEC 17025. Tyto vzorkovače pracují na principu difúze, kdy molekuly NO₂ pasivně pronikají do absorbéru uvnitř trubičky, kde reagují s chemickou látkou a tvoří stabilní sloučeninu. Po uplynutí expoziční doby jsou vzorkovače analyzovány v laboratoři pomocí spektrofotometrie. Data byla pravidelně sbírána a následně analyzována v této akreditované laboratoři. Analýza zahrnovala statistické zpracování získaných hodnot pro určení maximálních, minimálních a průměrných koncentrací.

Výrobce vzorkovačů Passam ag³ uvádí nejistotu měření 23,3 % při koncentracích 40 µg/m³. Data byla korigována na průměrnou teplotu vzduchu během vzorkování a validována porovnáním se stanicemi AIM.

Údaje o Zdrojích NO₂

Oxid dusičitý (NO₂) je převážně vypouštěn z motorových vozidel jako vedlejší produkt spalování fosilních paliv. V oblasti Dolní Krč je hlavním zdrojem NO₂ silniční provoz, zejména na frekventovaných ulicích, kde byly vzorkovače umístěny. Dalšími zdroji mohou být místní topeniště a průmyslové závody v blízkosti. NO₂ je v Dolní Krči převážně emitován motorovými vozidly, což je doloženo daty z ročenky Technické správy komunikací (TSK) pro rok 2023⁴. Tyto údaje poskytují přesné informace o dopravním zatížení v oblastech, kde bylo měření prováděno.

Křižovatka ulic **Vídeňská / Zálesí**: Intenzita provozu **44,600** vozidel za 24 hodin (pracovní den). Křižovatka ulic **Zálesí / Štůrova**: Intenzita provozu **40,300** vozidel za 24 hodin (pracovní den). Úsek ulice **Pod Višňovkou (Sulická – Zálesí)**: Intenzita provozu **19,000** vozidel za 24 hodin (pracovní den).

Popis lokality

Měřicí stanoviště byla umístěna na dopravních značkách v těsné blízkosti komunikace. Jednalo se celkem o 3 lokality:

Vídeňská (stanoviště 1) – autobusová zastávka Nemocnice Krč, ul. Vídeňská směrem z centra, GPS: 50.030021, 14.454861

Jedná se o dvoupruhovou silnici v obou směrech, která je rozšířena o zálivy pro autobusy na obou stranách. Lokalita je charakteristická vysokou frekvencí autobusů i automobilů a značnou koncentrací osob. Pod silnicí je podchod sloužící jako přístup pro pěší k Fakultní Thomayerově nemocnici, vchod do nemocnice je od měřicího stanoviště vzdálen 100 metrů. Před nemocnicí jsou dvě parkoviště, jedno pro zhruba 100 a druhé pro 150 osobních automobilů.

Zálesí (stanoviště 2) - autobusová zastávka Zálesí, ul. Zálesí směrem nahoru, GPS: 50.028559, 14.452530

Dvoupruhová silnice v obou směrech do mírného kopce. Měřicí stanoviště bylo umístěno na začátku zálivu pro autobusy v blízkosti křižovatky Pod Višňovkou / Zálesí.

Pod Višňovkou (stanoviště 3) - ulice Pod Višňovkou na úrovni křižovatky Višňová, GPS: 50.031221, 14.447381

Jednopruhová komunikace o obou směrech, měřicí stanoviště bylo umístěno na dopravní značce v ulici Pod Višňovkou na úrovni křižovatky Višňová, vedle opěrné zdi asi 6 metrů od domu č.p. 1705/08, 10 metrů od zastávky autobusu Višňová. Zastávka nemá záliv k zajištění autobusu, přechod na zastávce je řešen zvýšeným příčným prahem, auta tak musí před přechodem zpomalovat a zase akcelarovat. Měřicí stanoviště je vzdáleno 120 metrů od Dětského centra Thomayerovy nemocnice v Šimsovo sanatoriu.

Fotodokumentace lokalit a situační mapy jsou obsaženy v příloze č.1, 2 a 3.

Výsledky měření

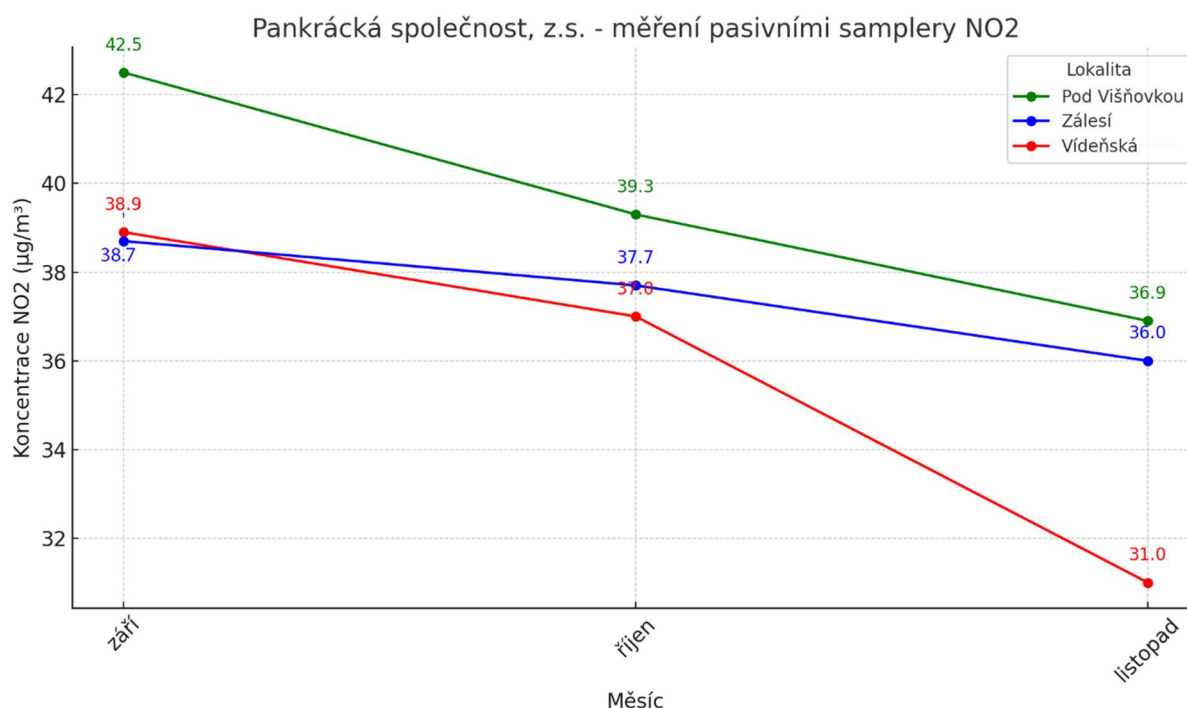
Měření na všech měřicích stanovištích probíhalo současně v následujících časových obdobích:

- **Září:** 12.9.2024 – 10.10.2024
- **Říjen:** 10.10.2024 – 8.11.2024
- **Listopad:** 8.11.2024 – 7.12.2024

Průměrná koncentrace **NO₂** za **3 měsíce**:

- **stanoviště Pod Višňovkou:** 40 µg/m³ NO₂
- **stanoviště Zálesí:** 37 µg/m³ NO₂
- **stanoviště Vídeňská:** 36 µg/m³ NO₂

Maximální hodnota byla naměřena v ulici Pod Višňovkou v září: 42,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO₂. Na této lokalitě činí průměrná koncentrace za 3 měsíce měření 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO₂. Ulici tvoří linie domů na obou stranách. Měřicí stanoviště bylo v bezprostřední blízkosti 3 metrové opěrné zdi na jižním straně. Rovněž vzdálenost 10m od blízkého příčného prahu s přechodem, kdy jsou auta nucena nejprve brzdit a poté akcelarovat do kopce společně s reliéfem místa zapříčiňují to, že v této lokalitě jsou naměřené hodnoty nejvyšší. Lokality Zálesí a hlavně Vídeňská jsou sice více dopravně zatížené, ale na pláni bez jakékoliv zástavby se NO₂ rychle ředí a odvětrává, takže naměřené hodnoty jsou nižší než v ulici Pod Višňovkou. Celkem průměrná hodnota lokality Pod Višňovkou za tři měsíce činila průměrně 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO₂. Na stanovišti Zálesí dosáhla průměrně 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO₂ a na stanovišti Vídeňská pak 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO₂.



graf s průběhem naměřených hodnot za jednotlivé měsíce

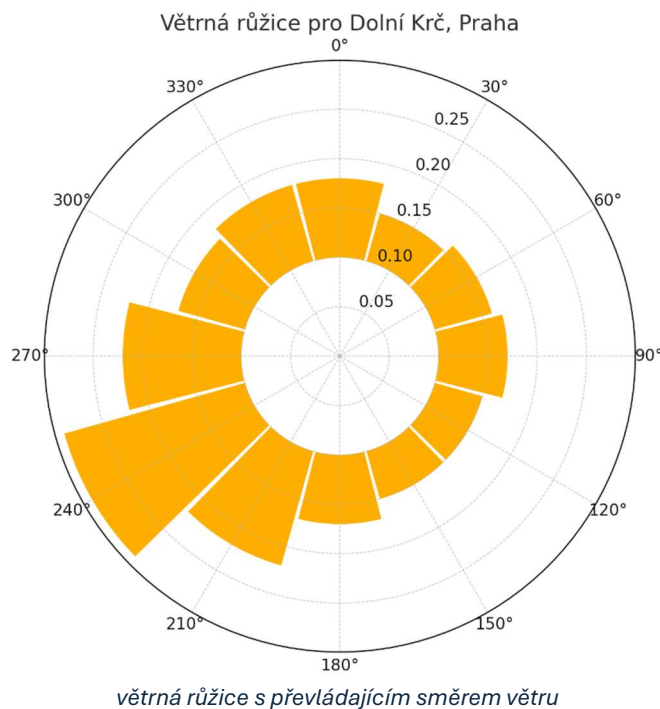
Po započtení nejistoty měření, která dle výrobce činí přibližně 23,3 % při koncentraci 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ s použitím ochranných filtrů, byly korigované hodnoty pro jednotlivé stanoviště přepočítány na rozmezí hodnot, odrážející možnou variabilitu výsledků nahoru i dolů. Na základě průměrných hodnot koncentrace NO₂ naměřených na jednotlivých stanovištích, jsou výsledné hodnoty po započtení nejistoty:

- Vídeňská: 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 8,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Zálesí: 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 8,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Pod Višňovkou: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 9,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Světová zdravotnická organizace (WHO) uvádí jako doporučenou hladinu 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁵ a od roku 2030 je schválena maximální průměrná roční koncentrace pro EU 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁶.

Přestože naměřené hodnoty NO₂ nebyly výrazně nad stávajícími limitními hodnotami, blíží se 40 mikrogramům NO₂ což je dvojnásobek budoucího plánovaného limitu EU (20 mikrogramů/m³ od roku 2030) a dokonce 4násobek doporučení WHO (10 mikrogramů/m³).

Vzhledem k blízkosti Fakultní Thomayerovy nemocnice a jejího dětského oddělení je jakékoliv zvýšení dopravní zátěže považováno za rizikové. Doporučuje se zvážení opatření, která by omezila růst dopravní zátěže a přispěla k snížení emisí NO₂, včetně možnosti zavedení nízkoemisních zón nebo zlepšení infrastruktury pro alternativní dopravní prostředky.



Evropský rámec:

Podle zprávy JRC (Review of the Application of Diffusive Samplers for the Measurement of Nitrogen Dioxide in Ambient Air in the European Union) ⁷ jsou pasivní vzorkovače široce používány v Evropské unii a poskytují spolehlivá data pro monitorování NO₂. Zpráva uvádí, že vzorkovače Passam jsou vhodné pro dlouhodobé měření NO₂ v ovzduší, s expozičními obdobími 1 až 6 týdnů a detekčním limitem 0,4 µg/m³ pro dvoutýdenní expoziční období.

Vědecký kontext

Studie zveřejněná v časopise Atmosphere (High NO₂ Concentrations Measured by Passive Samplers in Czech Cities: Unresolved Aftermath of Dieselgate?) ⁸ zdůrazňuje vysoké koncentrace NO₂ v českých městech, které byly měřeny pasivními vzorkovači. Studie ukazuje, že měření pomocí těchto vzorkovačů je klíčové pro porozumění znečištění ovzduší a jeho dopadům.

Autoři:

- **Michal Vojtíšek**
 - Oddělení genetické toxikologie a epigenetiky, Ústav experimentální medicíny AV ČR, Vídeňská 1083, 142 20 Praha, Česká republika

- Katedra automobilního, spalovacího a kolejového inženýrství, Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze, Technická 4, 166 07 Praha, Česká republika
- **Miroslav Šuta**
 - Centrum pro životní prostředí a zdraví, Thámová 1275/21, 301 00 Plzeň, Česká republika
- **Jitka Sikorová**
 - Oddělení genetické toxikologie a epigenetiky, Ústav experimentální medicíny AV ČR, Vídeňská 1083, 142 20 Praha, Česká republika
- **Radim J. Šrám**
 - Oddělení genetické toxikologie a epigenetiky, Ústav experimentální medicíny AV ČR, Vídeňská 1083, 142 20 Praha, Česká republika

Tato studie zkoumá vlivy dvou problematických trendů v emisích dieselových osobních automobilů na kvalitu ovzduší v Praze. Prvním trendem je zvyšující se poměr NO₂/NO_x díky konverzi NO na NO₂ v katalyzátorech. Druhým trendem je nesoulad mezi emisními limity a skutečnými emisemi během běžného provozu.

Koncentrace NO₂ byly měřeny pomocí 104 pasivních vzorkovačů Palmes (totožné se vzorkovači Passam, ale od jiného výrobce) na 65 lokalitách v Praze v období březen-duben a září-říjen 2019. Naměřené koncentrace NO₂ byly porovnány s průměrnými hodnotami za období 2016–2019. Průměrná naměřená koncentrace NO₂ po korekci 18,5% pozitivního zkreslení vzorkovačů byla 36 µg/m³ (rozmezí 16–69 µg/m³, medián 35 µg/m³), přičemž evropský roční limit 40 µg/m³ byl překročen na 32 % lokalit.

Koncentrace NO₂ korelovaly dobře ($R^2 = 0,76$) s průměrnými denními počty vozidel v roce 2019, korigovanými na emise způsobené stoupáním a křižovatkami. Kromě očekávaných „hot-spotů“ na frekventovaných křižovatkách v centru města byly identifikovány nové, například podél šestiproudové silnice v Holešovičkách.

Porovnání dat ze šesti monitorovacích stanic během omezení cestování od 15. března do 30. dubna 2020 se stejným obdobím v letech 2016–2019 ukázalo celkové snížení NO₂ a ještě větší snížení NO_x. Analýza prostorových dat z pasivních vzorkovačů a časová analýza dat během cestovních omezení prokázaly konzistentní pozitivní korelaci mezi intenzitou dopravy a koncentracemi NO₂ podél/vedle cestovních tras.

Pomalé tempo snižování koncentrací NO₂ v Praze naznačuje, že přísnější limity emisí NO_x pro vozidla, zavedené v posledních dvou dekáдах, zatím nedokázaly dostatečně snížit koncentrace NO₂ v ovzduší, a není jasný signál nápravy nadměrných emisí NO_x způsobených Dieselgate.

Dopady na lidské zdraví

Oxidy dusíku jsou známé svými negativními účinky na lidské zdraví. Krátkodobé vystavení vysokým koncentracím NO₂ může dráždit dýchací cesty, zhoršovat astma a vést k různým dýchacím obtížím, jako je kašel, sípání a obtížné dýchání. Dochází také k podráždění sliznic. Dlouhodobé vystavení zvýšeným koncentracím NO₂ může způsobit rozvoj astmatu, zejména u dětí s genetickou predispozicí, a zvyšovat náchylnost k infekcím dýchací soustavy. Tyto látky

představují riziko zejména pro děti, citlivé jedince a osoby s astmatickými potížemi. Bezpečná koncentrace pro tyto skupiny je desetkrát nižší než pro zdravé lidi.

Závěr

Výsledky studie poukazují na potřebu proaktivního přístupu k regulaci a monitorování emisí NO₂ v Dolní Krči, zvláště v kontextu blízkosti zdravotnických zařízení a plánovaného přísnějšího regulačního rámce. Zlepšení infrastruktury pro veřejnou a alternativní dopravu by mohlo významně přispět k snížení lokálních emisí a zlepšení kvality ovzduší. Jakákoliv další výstavba přivede do lokality další automobily a je očekáváno zvýšení koncentrací NO₂. Vzhledem k převládajícímu směru proudění vzduchu je přímo ohrožena Fakultní Thomayerova nemocnice.

Měření provedené v oblasti Dolní Krče poskytlo cenná data, která ukazují na zvýšené koncentrace NO₂ v této lokalitě. Výsledky měření naznačují, že zvýšený dopravní provoz, zejména v důsledku plánované výstavby, by mohl vést k překročení zákonných limitů pro koncentrace NO₂ v ovzduší. Tato zjištění jsou důležitá pro posuzování vlivů na životní prostředí a pro rozhodování v oblasti dopravní a environmentální politiky.

Přílohy:

1. fotodokumentace měřících stanovišť
2. mapa se zakreslením měřících stanovišť
3. reliéfní mapa se zakreslením stanovišť
4. 3x protokol laboratoře Passam období září - listopad 2024
5. Instrukce k měření pomocí pasivních samplerů firmy Passam ag

Odkazy

1. měření v roce 2022 <https://www.senzorvzduchu.cz/no2-praha-2022/>
2. měřicí kampaň 2024 <https://www.senzorvzduchu.cz/no2024/>
3. nejistota měření vzorkovačů Passam - výrobce <https://www.passam.ch/nox-set>
4. Ročenka Technické správy komunikací Praha (TSK) pro rok 2023 <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/dopravni-inzenyrstvi/intenzity-dopravy>
5. WHO <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>
6. EP <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen-standards-in-the-eu/>
7. JRC - Review of the Application of Diffusive Samplers <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC51106>
8. High NO₂ Concentrations Measured by Passive Samplers in Czech Cities: Unresolved Aftermath of Dieselgate? <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/5/649>

Zdroje

1. Geoportál ČÚZK
2. Mapy.cz
3. Global Wind Atlas

Příloha č. 1 - Fotodokumentace měřících stanovišť – (pasivní vzorkovač je na fotografiích pro přehlednost umístěn v červeném kruhu)

Stanoviště 1, ulice Vídeňská



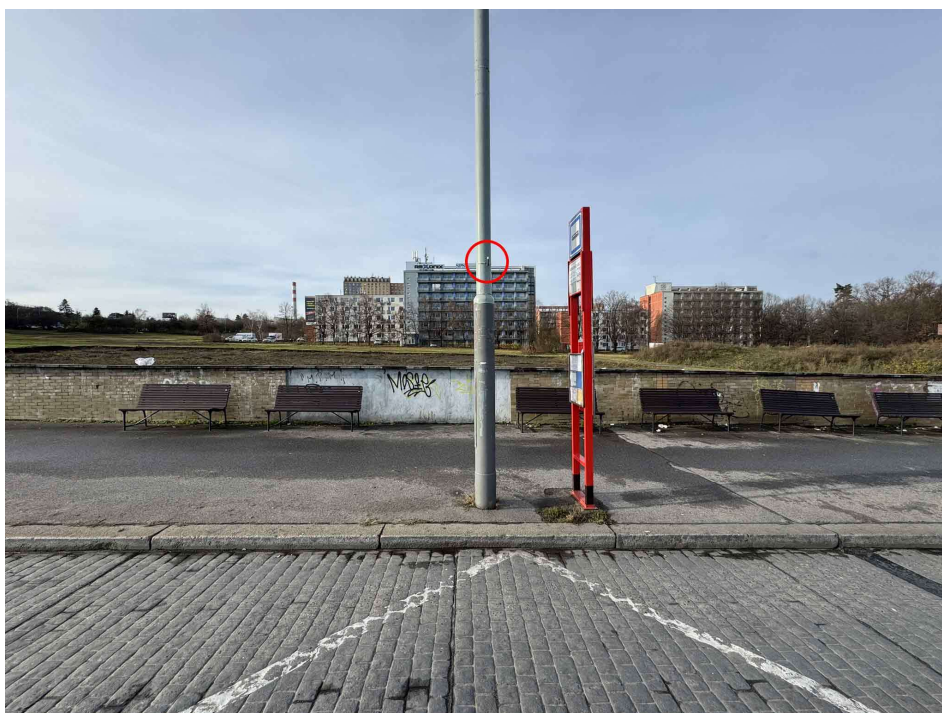
Obr.č.1 pohled severním směrem



Obr.č.2 pohled jižním směrem 1



Obr.č.3 pohled na východ



Obr.č.4 pohled na západ

Stanoviště 2, ulice Zálesí



Obr.č.5 pohled severním směrem



Obr.č.6 pohled jižním směrem



Obr.č.7 pohled na východ



Obr.č.8 pohled na západ

Stanoviště 3, ulice Pod Višňovkou



Obr.č.9 pohled severním směrem



Obr.č.10 pohled jižním směrem

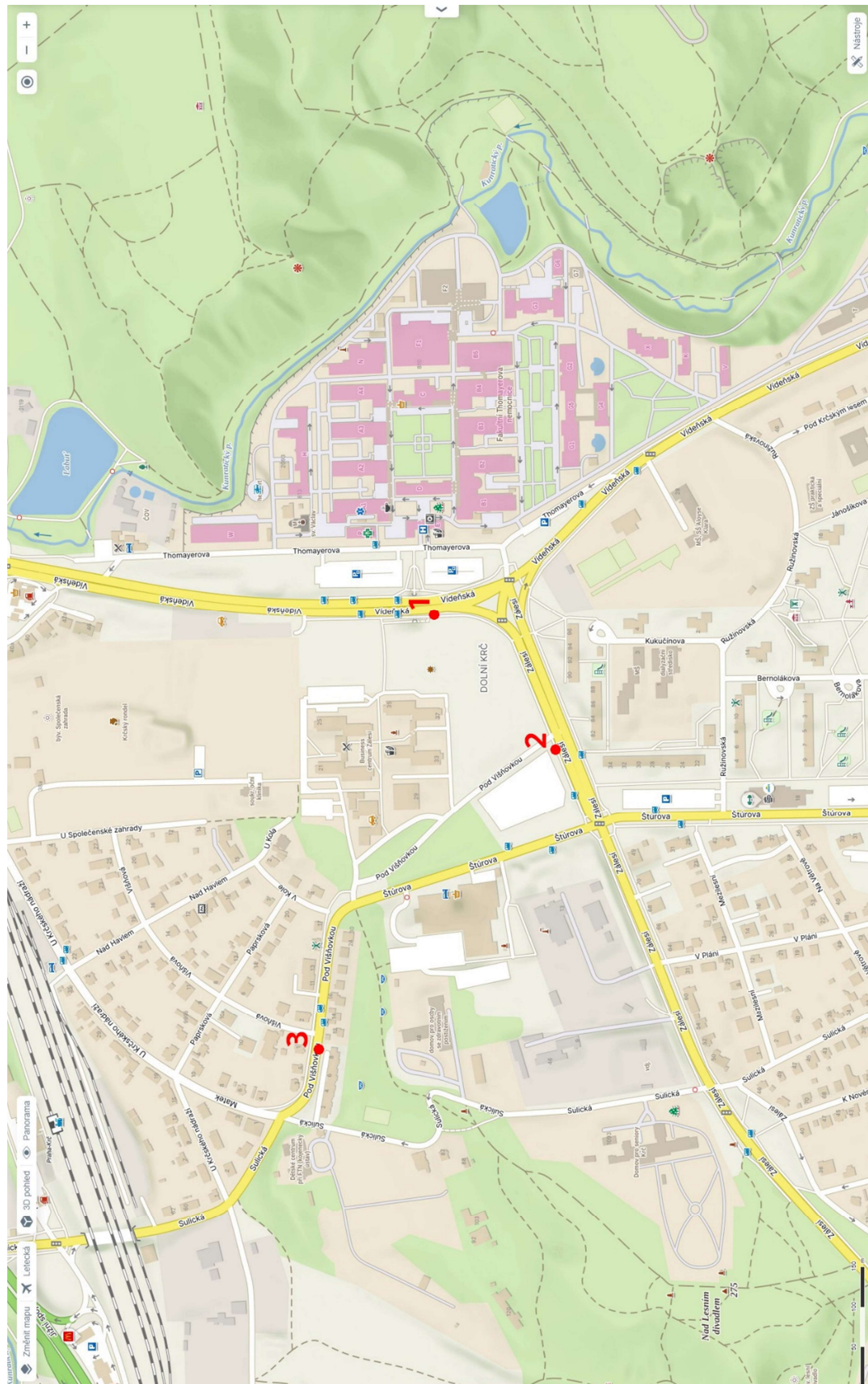


Obr.č. 11 pohled na východ



Obr.č. 12 pohled na západ

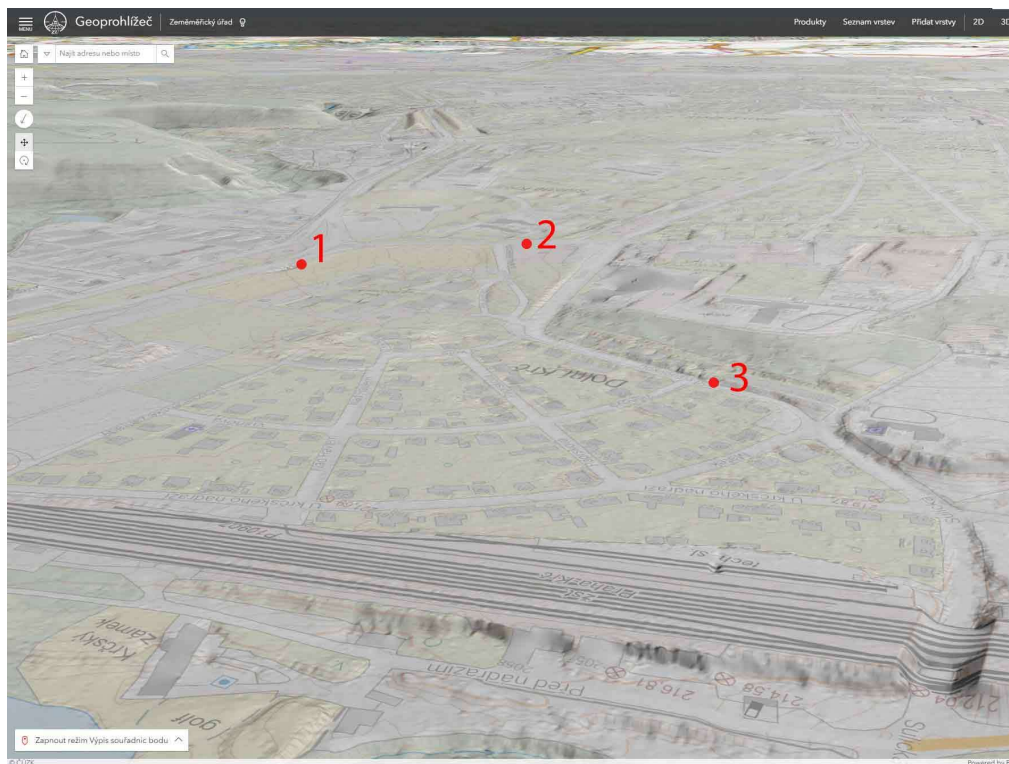
Příloha č. 2 – mapa se zakreslením měřících stanovišť



Příloha č. 3 – reliéfní mapa se zakreslením měřících stanovišť



Obr.č. 13 reliéfní pohled západním směrem



Obr.č. 14 reliéfní pohled na jihovýchod

Příloha č. 4 - Instrukce k měření pomocí pasivních samplerů firmy Passam ag



passam ag

air quality monitoring

Air measurement using passive samplers

Sampling with tube-type

Instructions

Introduction

Measurement using passive samplers involves both sampling at the designated site and subsequent analysis of the samplers in a laboratory. During the sampling phase, the passive sampler accumulates pollutants from the air throughout the entire exposure period. The sampler is then analysed in the laboratory to determine the amount of pollutants collected. This document provides instructions for **the sampling procedure specifically for tube-type passive samplers**, including those for NO₂ (SP01), NO_x (SP12), and NO_x-Set (SP12-S).

Set up the measuring site

For ambient air measurements, passive samplers are placed inside a **protective shelter** to mitigate the effects of weather conditions. Each shelter can accommodate up to six tube-type passive samplers. We advise positioning the shelters at the predetermined measurement sites **at a height of 2 to 2.5 meters**, ensuring unobstructed airflow. Suitable installation options include street lamps or custom-built wooden posts. The protective shelter can be affixed using cable ties, string, or wire. It's essential to choose a measurement location that minimizes the risk of vandalism.



Sampling

Ensure that the passive samplers remain open throughout the entire exposure period.

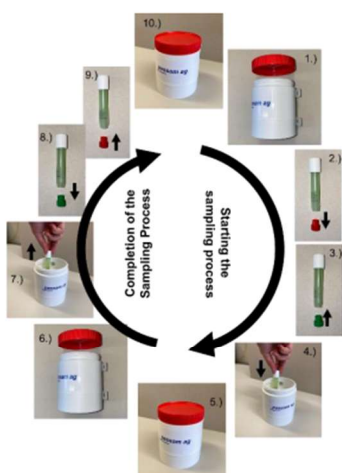
Starting the sampling process:

- 1) Open the protective shelter (red lid)
- 2) Remove the red cap from the passive sampler. Store it in a safe location.
- 3) Attach the protective filter (green cap) *
- 4) Place the passive sampler inside the protective shelter
- 5) Close the protective shelter (red lid)

Completion of the sampling process:

- 6) Open the protective shelter (red lid)
- 7) Take out the passive sampler from protective shelter
- 8) Detach the protective filter (green cap) from the passive sampler*
- 9) Seal the passive sampler using the stored red cap
- 10) Close the protective shelter (red lid)

* In exceptional circumstances, the use of protective filters may be omitted. When this happens, the tubes should stay open during sampling



passam AG - Testing laboratory for air analyses with passive samplers ISO/IEC 17025

Protocol – Documentation of sampling

Recording the details of your sampling is mandatory when using a passive sampler for measurements.

Please use our **Excel template** for documenting the sampling process. This template is available for download on our website, or we can send it to you upon request. The template contains the following sections:

Customer Information: In this section, input details related to the measurement campaign.

Sampler Type: The next section allows you to select the specific type of passive sampler from a drop-down menu.



Protective Filter Usage: Indicate whether a protective filter (marked with a green cap) was used during sampling. This information is crucial for accurately calculating pollutant concentrations.

Main Data Recording: In this part of the template, you'll record all data pertinent to the sampling process.

- First Column: Input a unique name for the measurement location.
- Second Column: Identify the passive sampler using its label and associate it with the measurement location. This identifier will consist of your customer code followed by a consecutive number, both of which can be found on the sampler's label.
- Exposure: Record both the start and end dates, along with the corresponding times, of the sampling period.

measuring site	passive sampler label	exposure				Temp [°C]	P [hPa]	optional information comments
		start date	start time	end date	end time			
main station	ABC-123	02.05.2021	10:35	17.05.2021	09:20			

Additional Fields:

- Comments: Here, you may include notes, remarks, or any special events that occurred during the exposure period. This section is optional.
- Temp and P: These fields allow for the recording of the average air temperature (Temp) and pressure (P) during the sampling period. While inputting this information is optional, it can potentially be used to adjust pollutant concentration calculations. However, should you consider this correction, **it's essential to contact us prior to taking any action**. We will discuss the potential effects and implications of such a correction before proceeding with any adjustments.

Shelf life and storage of the passive samplers

Please be aware of the specific storage conditions and shelf life both before and after sampling for each passive sampler. This information is provided on the product data sheet for the respective passive sampler. Additionally, the shelf life prior to sampling (or the **expiry date**) is indicated on the sampler's label. Always store passive samplers in a **sealable plastic bag** and **avoid extreme heat**, such as can occur in a heated car in summer.

Return instructions

Please send back the passive samplers and the sampling protocol as follows:

Passive samplers: passam AG, Schellenstrasse 44, 8708 Männedorf, Switzerland.

Sampling protocol: Email the Excel file to passam@passam.ch



passam AG - Testing laboratory for air analyses with passive samplers ISO/IEC 17025