

Rozvoj techniky imisního monitoringu v měřicí síti Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s.

Ing. David Hirman^{1,2}

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; hirman@vuhu.cz

²VŠB – Technická univerzita Ostrava

Přijato: 29. 10. 2021, recenzováno: 9. a 12. 11. 2021

Abstrakt

Článek popisuje postupný vývoj měřicí techniky používané v síti stacionárních stanovišť pro měření koncentrace aerosolových částic v ovzduší okolí povrchových dolů v těžebních lokalitách Severočeských dolů a.s., tj. Doly Nástup Tušimice a Doly Bílina v období od 90. let 20. století do současnosti. Představen je zde i záměr modernizace vybavení měřicí sítě, který bude realizován v průběhu roku 2022.

Development of air pollution monitoring technology in the measuring network of the Research Institute for Brown Coal a.s.

The article describes the gradual development of measuring technology used in the network of stationary stations for measuring the concentration of aerosol particles in the air around surface mines in the mining localities of Severočeské doly a.s., i.e., Doly Nástup Tušimice and Doly Bílina in the period from the 1990s. The intention to modernize the measuring network equipment, which will be implemented during 2022, is also presented here.

Entwicklung der Technik des Immissionsmonitorings im Messnetz des Instituts VÚHU a.s.

Der Artikel beschreibt die fortschreitende Entwicklung der Messtechnik, die im Netz der stationären Standorte für Messung der Konzentration von Aerosolteilchen in der Luft der Umgebung von Braunkohletagebauen der Firma Severočeské doly a.s. (Nordböhmische Braunkohlewerke AG), d.h. Doly Nástup Tušimice und Doly Bílina im Zeitraum seit 90er Jahre des 20. Jahrhunderts bis in die Gegenwart eingesetzt werden. Dargestellt ist hier auch das Modernisierungsvorhaben der Ausrüstung des Messnetzes mit den Messgeräten, das im Laufe des Jahres 2022 umgesetzt wird.

Klíčová slova: ovzduší, metoda, prachoměr, částice, sonda, vzorkovací hlavice.

Keywords: air, method, dust metre, particles, probe, sampling head.

1 Úvod

Povrchový způsob těžby hnědého uhlí patří k činnostem, které mohou významným způsobem ovlivňovat všechny složky životního prostředí. V minulosti bylo opakovaně zjištěno a prokázáno, že ovzduší v okolí povrchových hnědouhelných dolů může být zatěžováno zejména prachem, ovlivňování plynnými škodlivinami není žádné nebo je nevýznamné.

Měření prašnosti pro Severočeské doly a.s. (SD a.s.), Vršanskou uhelnou a.s. a Severní energetickou a.s. zajišťuje Laboratoř imisních a emisních měření Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s. (VÚHU a.s.) Most, která je na základě rozhodnutí Ministerstva životního prostředí č.j. 3784/780/10/KS/73707/ENV/10 autorizována k měření imisí znečišťujících látek. Je součástí Akreditované zkušební laboratoře č. 1078 (AZL) a provádí stanovení PM_{10} jako zkoušku v rozsahu akreditace, viz Osvědčení o akreditaci pro zkušební laboratoř č. 1078.

V 90. letech bylo prováděno kontinuální měření celkové koncentrace aerosolových částic (TSP – total suspended particles – poléťavý prach – celková prašnost). Cílem těchto měření bylo zjistit úroveň znečištění ovzduší v okolí povrchových dolů aerosolem i vybranými plynnými znečišťujícími látkami (SO_2 , NO_x , CO a O_3). Měření bylo prováděno kampaňovým způsobem dvěma kontejnery na vybraných místech těžebních provozů Severočeských hnědouhelných dolů (SHD), později

v rámci privatizace rozdělených na Mosteckou uhelnou a.s. a Severočeské doly a.s. Kampaň byly 6 až 8týdenní. Pro zjišťování koncentrace aerosolu byly používány přístroje FH62IN firmy FAG Kugelfischer pracující na bázi radiometrické metody. Suspendovanými částicemi jsou nazývány částice, které v důsledku zanedbatelné pádové rychlosti přetrvávají dlouhou dobu v atmosféře.

2 Počátky síťového měření koncentrace aerosolových částic PM_{10}

Kontinuální měření TSP ve stálé síti stacionárních stanic bylo prováděno od roku 1997 v lokalitě Doly Bílina - SD a.s. Chomutov v Oseku a Kostomlatech. Cílem těchto měření bylo poskytovat podklady o úrovni znečištění v okolí dolů, zejména v souvislosti s jejich postupem a to jak vedení společnosti SD a.s., tak i samosprávě obcí dotčených těžbou. S postupnou realizací opatření na snížení fugitivních emisí prachu z povrchových dolů sloužily výsledky měření i k hodnocení reálných dopadů na okolí. Dále zde byly používány prachoměry FH62IN, viz obrázek č. 1. V lokalitě Doly Nástup Tušimice (DNT) - SD a.s. Chomutov a jejím okolí bylo zahájeno v roce 1999 kontinuální měření TSP v obcích Černovice, Spořice, Březno a na rekultivované ploše mezi homogenizační skládkou DNT a Kadani. Pro tato síťová měření byly používány tehdy modernější přístroje FH62IR, viz obrázek č. 2, opět pracující na bázi

Princip radiometrické metody používané v kontinuálních prachoměrech FH62IN [1] a FH62IR [2] lze popsat následovně:

Vzorek ovzduší se nasává ze samostatné nerezové sondy, která je na vstupu opatřena odběrovou hlavicí pro TSP nebo odběrovou hlavicí pro PM_{10} . Prachové částice se zachytávají na filtrační sklovláknitý pás, který je při měření nehybný a těsně sevřený měřicí hlavou.

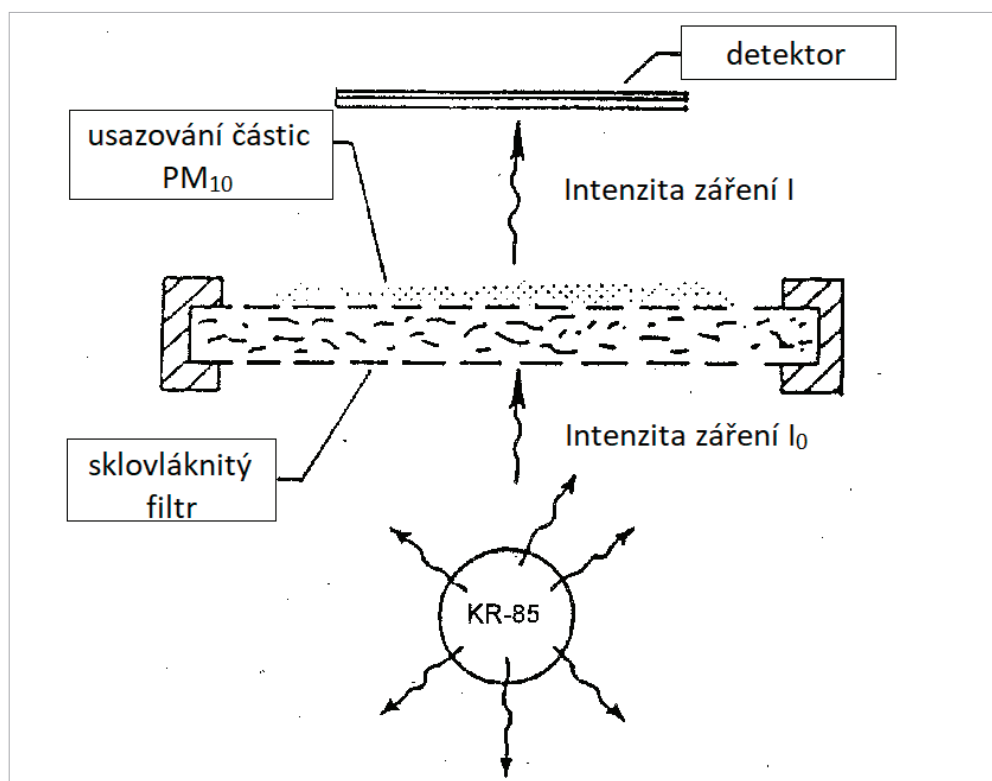
β -záření vysílané zářičem Kr-85 se dělí do dvou paprsků. První paprsek prochází k detektoru filtračním pásem se zachyceným prachem, na kterém dochází k β -záření. Druhý paprsek je referenční a prochází přímo k detektoru. Úbytek intenzity β -záření (rozdíl mezi měřicím a referenčním paprskem) je úměrný hmotnosti zachyceného prachu, viz obrázek č. 5.

Pro vyhodnocení koncentrace se používá přírůstek hmotnosti za časový interval. Při dosažení zvoleného prahu, tj. dosažení maximální přípustné hmotnosti zachyceného prachu, poklesu průtoku vzduchu pod stanovenou mez nebo uběhne-li nastavený čas, dojde k přerušení měření a posunu filtračního pásu. Množství vzorkovaného vzduchu (průtok) je stanovováno měřicí clonou a je kompenzováno na tlak a teplotu. Pro odběr vzorku se používají suchá lamelová čerpadla pro průtoky buď $3 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ nebo $1 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ (nelze zaměnit bez současné výměny měřicí clony a přestavení parametrů řídicí elektroniky pro stabilizaci průtoku servisním technikem). Ke stabilizaci průtoku se v případě FH62IN používala regulace přísávání vzduchu za clonkovým průtokoměrem. V případě FH62IR se používala pro stabilizaci průtoku regulace otáček vzduchového čerpadla. Při měření koncentrace aerosolových částic PM_{10} se používají odběrové hlavice s impaktorem dimenzovaným pro oddělení frakce PM_{10} při průtoku vzorkovaného ovzduší $1 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$.

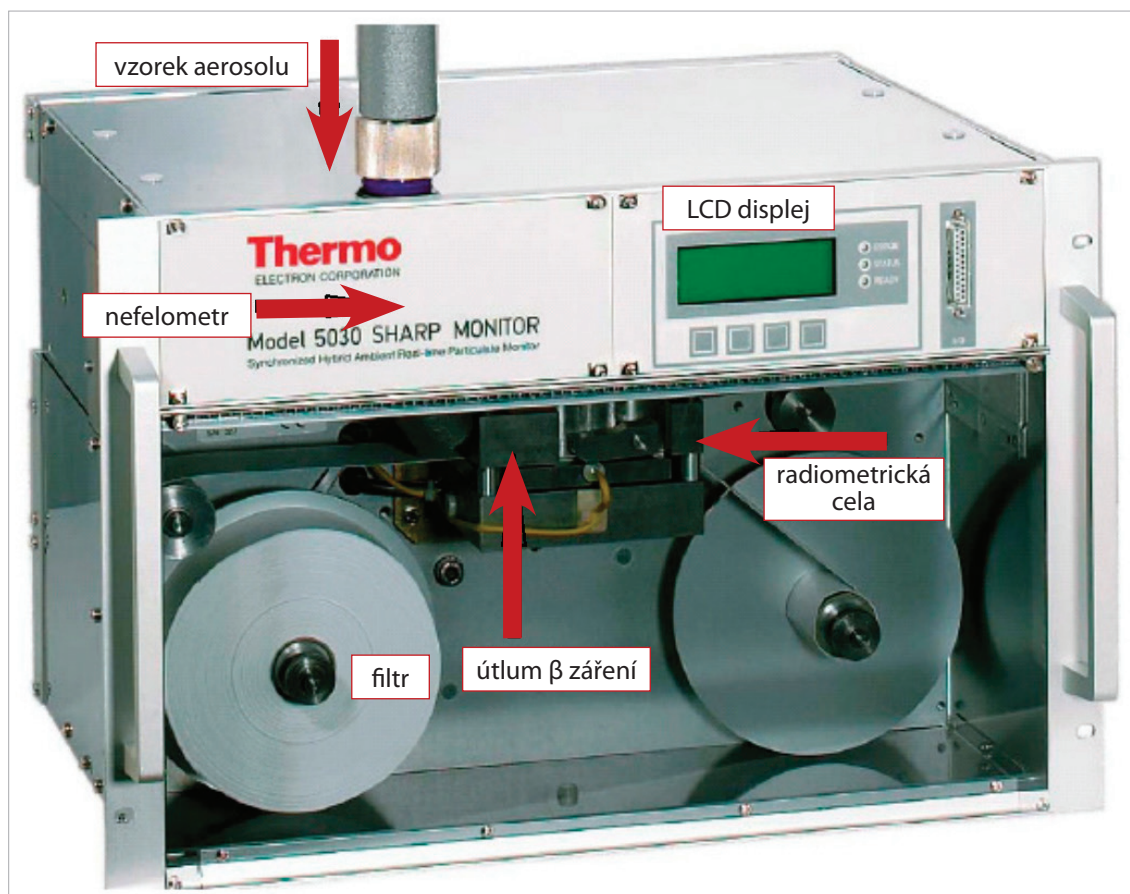
3 První rekonstrukce měřicí sítě

Koncem roku 2010 byly na všech stacionárních stanovištích nahrazeny přístroje FH62IR novými přístroji SHARP 5030 [3] (výrobce: Thermo Fisher Scientific). Jedná se o hybridní přístroj, ve kterém se kombinuje radiometrie s optickou nefelometrickou metodou. Radiometrická metoda dobře stanoví hmotnost, ale pouze v delších časových intervalech (cca od jedné hodiny). Optická metoda v tomto případě snímá sumární intenzitu rozptylu světla na částicích ve vzorku proudícího vzduchu, který prochází světelným paprskem. Zdrojem světla je IRLED (infračervená LED) dioda s vlnovou délkou 880 nm. Optická odezva odpovídá koncentraci částic. Intenzita rozptylu světla na částici závisí na řadě faktorů, např. zejména na velikosti, tvaru, barvě, indexu lomu, členitosti povrchu. Na změnu koncentrace reaguje okamžitě. Aby bylo možné stanovit hmotnostní koncentraci, kalibruje se průběžně optický signál podle hmotnosti stanovené radiometrickou metodou. Aktuální faktor pro přepočítání nefelometrického signálu na okamžitou hmotnostní koncentraci aerosolových částic v ovzduší se vypočítává z dynamicky stanovených, časově vážených středních hodnot intenzity rozptýleného světla a radiometricky stanovené koncentrace (nízké koncentrace – dlouhá doba, vysoké koncentrace – krátká doba). Konstrukce přístroje je téměř shodná s FH62IR. Liší se jednopaprskovým uspořádáním a použitým zářičem s nižší intenzitou záření a významně delším poločasem rozpadu - C14. Není zde masivní stínění zářiče pod radiometrickou celou. Před vstupem do radiometrické cely je umístěna nefelometrická cela.

V únoru 2016 bylo uvedeno do provozu měřicí stanoviště v Mariánských Radčicích.



Obr. 5: Princip měření radiometrickou metodou.



Obr. 6: Hybridní prachoměr SHARP 5030.

4 Druhá rekonstrukce měřicí sítě

V současné době probíhá obnova vybavení stacionárních stanic. Postupně budou stávající přístroje nahrazeny přístroji FIDAS 200E [4]. Jedná se o optoelektronickou metodu. Na rozdíl od přístroje SHARP 5030 prochází měřicí celou v ideálním případě pouze jedna částice.

Analýzátor FIDAS 200 je optický aerosolový spektrometr, který určuje velikost částic pomocí rozptýleného světla jednou částicí podle teorie Lorenz-Mie. Částice se pohybují odděleně skrze opticky diferencovaný měřený objem, homogenně osvětleným polychromatickým světlem. Každá částice generuje rozptýlený světelný impuls detekovaný pod úhlem 85° až 95°. Početní koncentrace částic se odečte z počtu rozptýlených světelných impulsů. Amplituda (výška) rozptýleného světelného impulsu je měřítkem pro průměr velikosti částic.

Do měřicí cely je vzorek ovzduší veden nerezovou sondou, na jejímž vstupu je umístěna odběrná hlavice Sigma-2, která umožňuje reprezentativní odběr vzorku i při silném větru. Systém inteligentní kompenzace vlhkosti (IADS) eliminuje znehodnocení měření kondenzačními efekty, k čemuž využívá dynamicky regulovaný sušící systém.

Současně se měří i průtok a stavové veličiny vzorkovaného ovzduší. Sofistikovaný SW pak přiřadí jednotlivým velikostem částic hmotnost. Rozsah měření velikosti částic je 0,18 až 18 μm rozdělených do 64 pracovních kanálů (frakcí). Na hmotnostní koncentraci aerosolu se početní koncentrace převede pomocí transformační funkce závislé na velikosti částic.

Rozsah měření hmotnostní koncentrace je 0 až 10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro následný výpočet prezentovaných frakcí PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PM_{4} a PM_{10} se používají příslušné křivky propustnosti jednotlivých frakcí, které jsou definovány v normách US-EPA [7] nebo ČSN EN 481 [8].

5 Kontrola návaznosti kontinuálního měření na referenční metodu

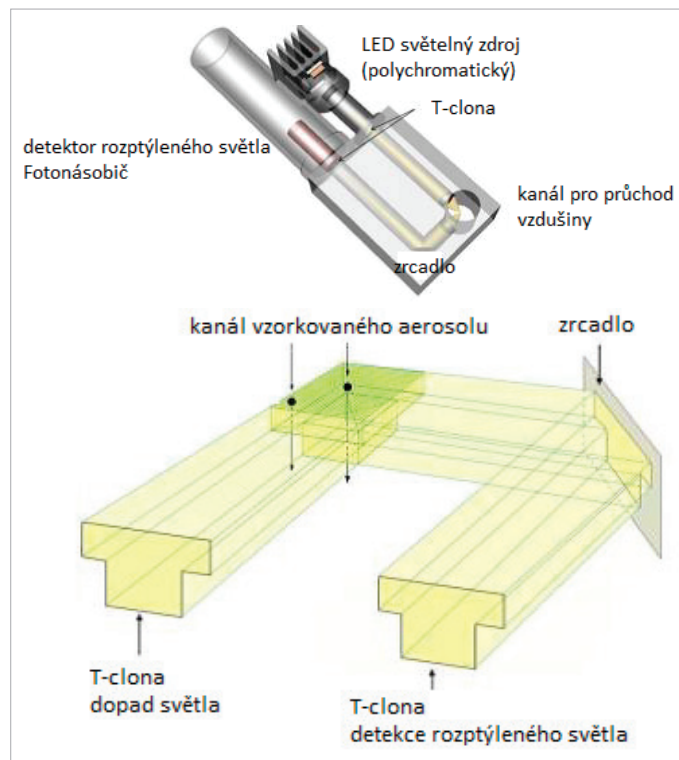
Pro kontrolu přesnosti a správnosti stanovení 24hodinových hodnot koncentrace PM_{10} zjištěných kontinuálním měřením se bude provádět jejich porovnání s výsledky referenční metody podle ČSN EN 12341:2017 [9] odběrem vzorků sekvenčním odběrovým zařízením Leckel SQL 47/50 [5] a gravimetrickým vyhodnocením exponovaných filtrů diferenčním vážením. Při porovnání výsledků se aplikuje ČSN EN 16450 [10].

Definovaný objem vzduchu se prosává zařízením zachycujícím prach na vhodný filtr. Množství prachu se zjistí z přírůstku hmotnosti zachytného média po exponování při odběru vzorku ovzduší. Koncentrace prachu se vypočítá vztahem zjištěné hmotnosti prachu na objem odebraného vzorku ovzduší. Hmotnost prachu se stanoví diferenčním vážením čistých a exponovaných filtrů. Při stanovení koncentrace aerosolových částic PM_{10} je před vstupní sondu předřazen separátor, který do vzorkovací trati propouští pouze částice PM_{10} . Konstrukce separátoru je v souladu s ČSN EN 12341 [9]. Objem prosávaného vzorkovaného vzduchu je 2,3 $\text{m}^3\cdot\text{hod}^{-1}$ při stavových podmínkách na vstupu do sondy. Průtok se měří clonkovým měřidlem. Pro průběžné řízení průtoku se současně měří



Obr. 7: Optický prachoměr FIDAS 200.

stavové veličiny na vstupu do sondy a v prostoru clonkového měřidla. Vzorkovací zařízení umožňuje automatický postupný odběr až 16 vzorků.

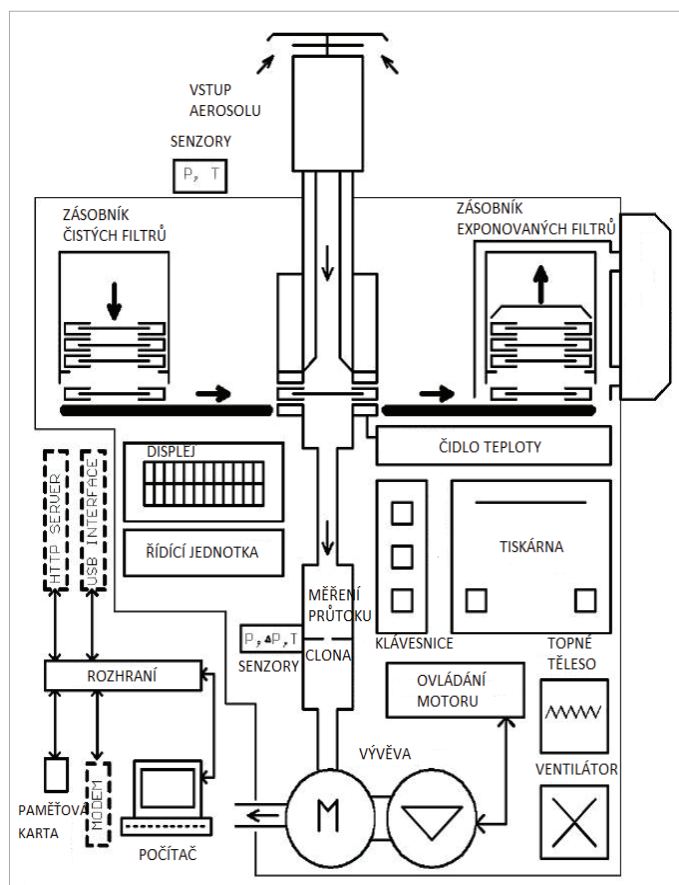


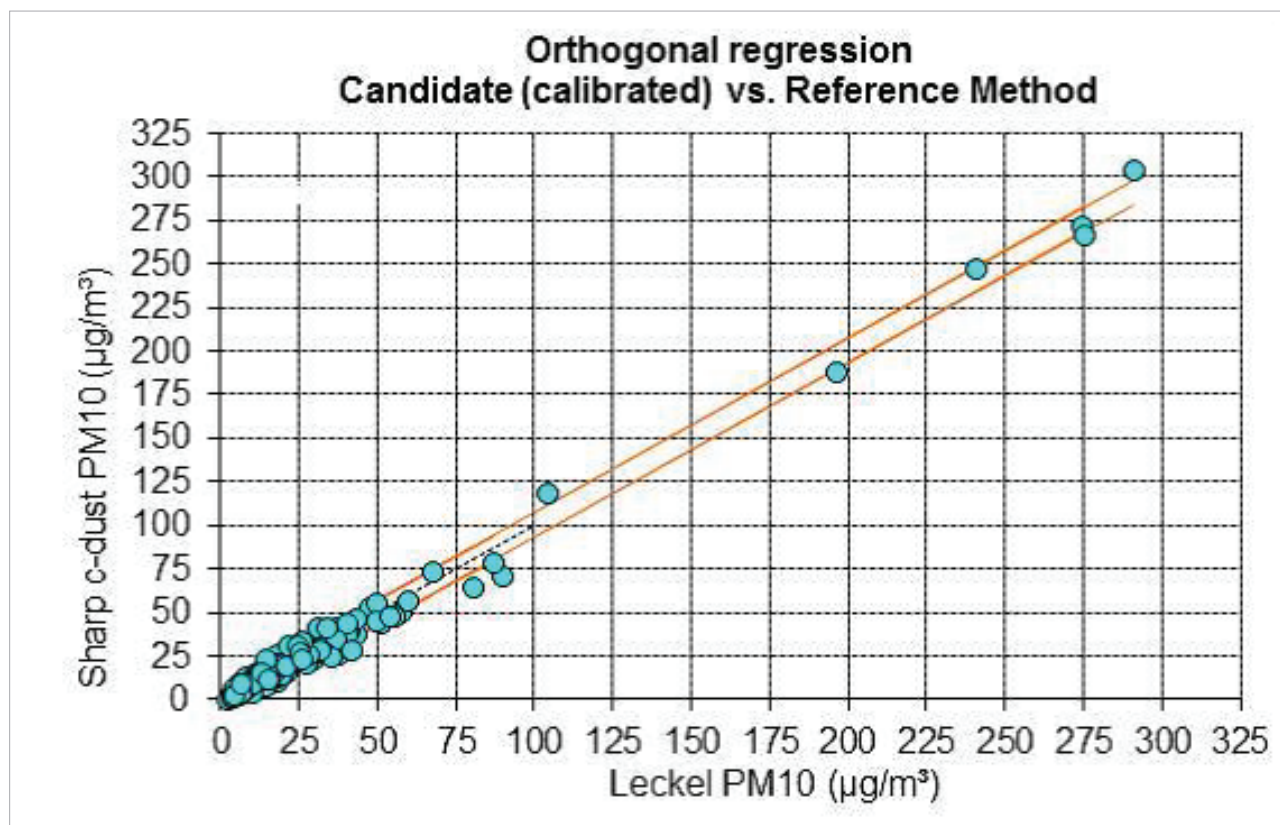
Obr. 8: Uspořádání měřicí cely prachoměru FIDAS 200.

Řady výsledků 24hodinových hodnot zjištěných referenční metodou a automatickým měřicím systémem při souběžném měření se statisticky porovnají s cílem vyhodnotit jejich shodu.



Obr. 9: Sekvenční odběrové zařízení Leckel SQL 47/50.





Obr. 10: Grafické vyhodnocení shody mezi referenční metodou dle ČSN EN 12341 [9] a automatickým měřicím systémem (SHARP 5030) [6]

Graficky je příklad tohoto vyhodnocení uveden na obrázku č. 10.

Směrnice ortogonální regresní křivky závislosti kontrolované (kandidátské) metody s referenční metodou (Leckel) po kalibraci z obrázku č. 10 je 1,002, úsek na ose y je 0,008 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a koeficient determinace $r^2 = 0,989$.

5 Závěr

Vývoj techniky pro měření koncentrace aerosolových částic ve venkovním ovzduší je podmíněn tlakem na zvyšování nároků na kvalitu ovzduší. Převratný rozvoj elektronických systémů (miniaturizace, rychlost procesů apod.) umožňuje vývoj měřicí techniky, která splňuje narůstající požadavky na přesnost měření. Nejnovější úroveň elektronických systémů umožňuje používat i optické metody. Výhodou jejich používání je odstranění většiny mechanických operací, které s sebou přináší riziko chyb způsobených vlivem lidského faktoru, v důsledku toho je snížena i poruchovost a nároky na údržbu. Laboratoř usiluje o neustálé zkvalitňování všech nabízených laboratorních služeb za použití nejmodernějších dostupných technik splňujících požadavky současné legislativy.

Literatura

- [1] Příloha 1 k IMP_104.1: Popis analyzátoru FH62IN, interní metodický pokyn VÚHU a.s.
- [2] Příloha 1 k IMP_104.2: Popis analyzátoru FH62IR, interní metodický pokyn VÚHU a.s.
- [3] Příloha 1 k IMP_104.3: Popis analyzátoru SHARP 5030, interní metodický pokyn VÚHU a.s.
- [4] Operating Manual Fidas® Fine Dust Monitor System, Palas.
- [5] Prospekt - Sekvenční vzorkovač Sven Leckel SEQ 47/50-CD - Referenční vzorkovač prášných částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ dle normy ČSN EN 12341 (2014) ENVitech Bohemia s.r.o.
- [6] WALDÉN, J., WALDÉN, T., LAURILA, S., HAKOLA, H.: Demonstration of equivalence of PM_{10} and $\text{PM}_{2,5}$ measurement methods in Kuopio 2014-2015, Reports 2014.1, Finnish Meteorological Institute, Helsinki 2017, ISSN 0782-6079, ISBN 978-952-336-010-5 (pdf).
- [7] US-EPA: Agentura pro ochranu životního prostředí
- [8] ČSN EN 481: Ovzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření polévatého prachu.
- [9] ČSN EN 12341:2017: Kvalita ovzduší – Referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$.
- [10] ČSN EN 16450: Kvalita ovzduší - Automatické měřicí systémy pro stanovení aerosolových částic (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$).