

**SBORNÍK XXIII. výroční konference České  
aerosolové společnosti**

**OVZDUŠÍ V ČASe**

11. 11. – 13. 11. 2024, Milovy

**PROCEEDINGS OF 23<sup>rd</sup> Annual Conference of the  
Czech Aerosol Society**

**OVZDUŠÍ V ČASe**

11. 11. – 13. 11. 2024, Milovy



Vydala Česká aerosolová společnost, z.s.

Published by the Czech Aerosol Society

Editor: Anna Špalová

ISBN: 978-80-908653-2-7

## OBSAH – CONTENT

<b>OBSAH - CONTENT</b> .....	3
<b>PROGRAM</b> .....	7
<b>SPONZOŘI</b> .....	12
<b>PŘEDMLUVA</b> .....	13
<b>PREFACE</b> .....	15
<b>CRITICAL STUDY ON GROUND VS TALL TOWER MEASUREMENTS: EFFECT OF BOUNDARY LAYER</b> .....	17
Joseph DURAT	
<b>MĚŘENÍ VERTIKÁLNÍHO PROFILU TEPLoty A RELATIVNÍ VLHKOSTI MEZNÍ VRSTVY ATMOSFÉRY S POMOCÍ DRONU</b> .....	22
Mykhailo FEDORENKO	
<b>DRONE-BASED VERTICAL PROFILING OF BLACK CARBON AEROSOLS AT A RURAL BACKGROUND AND AN URBAN SITE</b> .....	28
Kajal JULAHA	
<b>POČET A VELIKOSTNÍ DISTRIBUCE KAPÍČEK GENEROVANÝCH POHYBEM LODÍ</b> .....	30
Olena KOZAKOVA	
<b>ACTRIS – CAIS-ECAC CENTRAL FACILITY FOR AEROSOL IN-SITU MEASUREMENTS QUALITY ASSURANCE FOR NATIONAL FACILITIES</b> .....	33
Alfred WIEDENSOHLER	
<b>CURRENT-USE AND LEGACY PESTICIDES IN THE ATMOSPHERE: TEMPORAL TRENDS IN A CENTRAL EUROPEAN RURAL ENVIRONMENT</b> .....	36
Ludovic MAYER	
<b>IMISNÍ KONCENTRACE PŘÍZEMNÍHO OZONU V CENTRU PRAHY</b> .....	38
Michal SANETRŇÍK	
<b>AN INNOVATIVE APPROACH TO MEASURE AEROSOL HYGROSCOPICITY USING SINGLE NEPHELOMETER SET-UP SYSTEM</b> .....	42
Lenka SUCHÁNKOVÁ	
<b>MĚŘENÍ VZNIKU NOVÝCH ČÁSTIC V ATMOSFÉRE</b> .....	45
Anna ŠPALOVÁ	
<b>KVALITA OVZDUŠÍ V ZÓNĚ JIHOVÝCHOD</b> .....	47
Radek VÍT	
<b>VARIABILITA ZDROJŮ ORGANICKÝCH AEROSOLŮ NA POZAŘOVÉ LOKALITĚ VE STŘEDNÍ EVROPĚ</b> .....	52
Radek LHOTKA	
<b>LIGHTNING AND THUNDERSTORM EVENTS IN GREATER METRO MANILA</b> .....	56
Charlie ANDAN	

<b>PROPER AEROSOL SAMPLING – ACTRIS RECOMMENDATIONS (EXPERIENCE FROM ACTRIS NF TECHNICAL AUDITS) .....</b>	<b>58</b>
Jakub ONDRÁČEK	
<b>PORTABLE EMISSIONS TOXICITY SYSTEM: COMPACT AIR-LIQUID INTERFACE SYSTEM FOR EXPOSURE OF CELL CULTURES TO DILUTED EMISSIONS AND POLLUTED AIR.....</b>	<b>59</b>
Michal VOJTÍŠEK	
<b>KONCENTRACE TĚŽKÝCH KOVŮ A JEJICH VÝVOJ V LETECH 2010–2021 .....</b>	<b>61</b>
Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ	
<b>PŘÍSLUŠENSTVÍ A PŘÍSTROJE PRO ODBĚR A ANALÝZU VZORKŮ OVZDUŠÍ.....</b>	<b>64</b>
Martin STOKLAS	
<b>CHARACTERISATION OF ATMOSPHERIC AEROSOLS IN AIR AROUND THE CHILDREN'S SANATORIUM .....</b>	<b>66</b>
Pavel MIKUŠKA	
<b>INORGANIC COMPONENTS OF PM<sub>2.5</sub> AEROSOL IN THE AREA OF CHILDREN'S SANATORIUM WITH SPELEOTHERAPY.....</b>	<b>68</b>
Lukáš ALEXA	
<b>SOILS ARE SOURCES OF POLYCYCLIC AROMATIC COMPOUNDS.....</b>	<b>71</b>
Gerhard LAMMEL	
<b>ČIŠTĚNÍ JEMNÝCH ČÁSTIC Z PORÉZNÍCH KNIHOVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ DVOUFÁZOVÉHO SPREJE ČÁSTIC CO<sub>2</sub> V NOSNÉM PLYNU .....</b>	<b>74</b>
Ludmila MAŠKOVÁ	
<b>WHAT CAN PIXE AND OTHER NUCLEAR ANALYTICAL METHODS OFFER FOR ENVIRONMENTAL AND AEROSOL RESEARCH.....</b>	<b>76</b>
Vladimír HAVRÁNEK	
<b>STANOVENÍ RYCHLÝCH ZMĚN KONCENTRACÍ BIOGENNÍCH TĚKAVÝCH ORGANICKÝCH SLOUČENIN POMOCÍ DIFUZNÍHO DENUDERU.....</b>	<b>78</b>
Kamil KŘUMAL	
<b>DEPOSITION OF RIGID GLASS FIBRES INSIDE A REPLICA OF FEMALE AIRWAYS.....</b>	<b>84</b>
František LÍZAL	
<b>NÁMRAZA – NEZANEDBATELNÁ SOUČÁST ATMOSFÉRICKÉ DEPOZICE V HORSKÝCH EKOSYSTÉMECH .....</b>	<b>86</b>
Iva HŮNOVÁ	
<b>STANOVENÍ EMISNÍ MOHUTNOSTI VYBRANÉHO VELKOPLOŠNÉHO ZDROJE AEROSOLU ...</b>	<b>89</b>
Miloš ZAPLETAL	
<b>DVOULETÁ STUDIE UHLÍKATÝCH AEROSOLŮ A STABILNÍHO IZOTOPOVÉHO SLOŽENÍ CELKOVÉHO UHLÍKU NA VYSKO-ARCTICKÉ STANICI ALERT, KANADA.....</b>	<b>94</b>
Petr VODIČKA	



<b>VYHODNOCENÍ SENZOROVÝCH MĚŘENÍ KONCENTRACÍ AEROSOLOVÝCH ČÁSTIC V PROJEKTECH FINANCOVANÝCH Z NORSKÝCH FONDŮ .....</b>	<b>96</b>
Pavel CHALOUPECKÝ	
<b>AIRBORNE DETECTION OF AEROSOL PARTICLE SIZE DISTRIBUTIONS IN MARINE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER AT BALTIC SEA .....</b>	<b>102</b>
Jan HOVORKA	
<b>EPIZODA PŘECHODU SAHARSKÉHO PÍSEČNÉHO PRACHU PŘES ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY NA PŘELOMU BŘEZNA A DUBNA 2024.....</b>	<b>104</b>
Jáchym BRZEZINA	
<b>MONITORING KVALITY OVZDUŠÍ V MALÝCH SÍDLECH JIHOMORAVSKÉHO KRAJE S LOKÁLNÍMI TOPENIŠTI POMOCÍ SENZORŮ A MĚŘENÍ PAHS .....</b>	<b>106</b>
Ondřej MIKEŠ	
<b>THE IMPACT OF INDIVIDUAL HEATING SYSTEMS ON LOCAL AIR QUALITY.....</b>	<b>108</b>
Tomasz OLSZOVSKI	
<b>POROVNÁNÍ TOF-ACSM A C-TOF-AMS BĚŽÍCÍCH PARALELNĚ NA ZÁKLADĚ JEDNOTLIVÝCH M/Z, DŮSLEDKY PRO PMF .....</b>	<b>114</b>
Jaroslav SCHWARZ	
<b>PRVKOVÉ SLOŽENÍ PM<sub>10</sub> NA VESNICKÉ POZAĎOVÉ STANICI – VLIV DISPERSNÍ NORMALIZACE NA DLOUHODOBÉ KONCENTRACE A ZDROJE .....</b>	<b>116</b>
Petra VONDRÁKOVÁ POKORNÁ	
<b>ASSESSING POTENTIAL HEALTH RISKS OF NANOPARTICLE EMISSIONS RELEASED DURING INDUSTRIAL METAL LASER CUTTING PROCESS .....</b>	<b>118</b>
Lucia BUSTIN	
<b>LONG-TERM MONITORING OF HOPANES AT A CENTRAL EUROPEAN BACKGROUND SITE .....</b>	<b>121</b>
Dominika BEZDEKOVÁ	
<b>VLIV VÝŠKY MEZNÍ VRSTVY ATMOSFÉRY NA ZMĚNY VE VERTIKÁLNÍ DISTRIBUCI PLYNNÉ RTUTI.....</b>	<b>124</b>
Gabriela VÍTKOVÁ	
<b>ČASOVOPRIESTOROVÁ VARIÁCIA TUHÝCH ČÁSTÍC V MESTE ŽILINA A JEHO OKOLÍ V ROKU 2023 .....</b>	<b>127</b>
Dušan JANDAČKA	
<b>BRAKE WEAR NANOPARTICLE PRODUCTION FROM PASSENGER CARS STRONGLY AFFECTED BY BRAKING CONDITIONS.....</b>	<b>133</b>
Michal VOJTÍŠEK	
<b>MULTI-INSTRUMENTAL AEROSOL OBSERVATIONS IN RACIBÓRZ, POLAND .....</b>	<b>135</b>
Artur SZKOP	

<b>SNIŽENÍ EMISÍ PM A NO<sub>x</sub> Z MALÝCH SPALOVACÍCH ZAŘÍZENÍ POMOCÍ ELEKTROSTATICKÉHO ODLUČOVAČE.....</b>	<b>139</b>
Oleksandr MOLCHANOV	
<b>ORIGIN AND TRANSPORT OF ATMOSPHERIC AEROSOLS ACROSS MORAVIA.....</b>	<b>145</b>
Radim SEIBERT	
<b>FIELD VALIDATION OF A NOVEL PASSIVE AIR SAMPLER – MONITORING OF SEMIVOLATILE ORGANIC POLLUTANTS IN THE REMOTE MARINE AND CONTINENTAL BOUNDARY LAYER .....</b>	<b>151</b>
Gerhard LAMMEL	
<b>SIMULTANEOUS MEASUREMENTS OF CCN CONCENTRATIONS AT TWO LEVELS ABOVE THE GROUND WITH DUAL COLUMN CCNC.....</b>	<b>154</b>
Pavel MORAVEC	
<b>VERTICAL DISTRIBUTION OF CARBONACEOUS AEROSOLS EMITTED DURING THE TRADITIONAL BURNING OF THE WITCHES.....</b>	<b>156</b>
Saliou MBENGUE	
<b>MIXING LAYER HEIGHT: MODELS VS. GROUND-BASED MEASUREMENTS INTERCOMPARISON.....</b>	<b>158</b>
Naděžda ZIKOVÁ	
<b>OBSERVATORY MILEŠOVKA AND ACTIVITIES RELATED TO RESEARCH INFRASTRUCTURE ACTRIS.....</b>	<b>161</b>
Pavel SEDLÁK	
<b>DIRECT REAL-TIME ESTIMATION OF VOLATILE AND SEMI-VOLATILE PARTICLE FRACTION FROM AMBIENT AEROSOL.....</b>	<b>163</b>
Ludovít BALCO	

## PROGRAM

<b>PONDĚLÍ – MONDAY 11.11.2024 DOPOLEDNE – MORNING</b>	
<b>8:00 – 9:00</b>	<b>Registrace – Registration</b>
<b>9:00 – 9:30</b>	<b>Zahájení konference – Opening of the conference Jakub Ondráček</b>
<b>Soutěž o nejlepší přednášku mladých vědců – Dekati Award</b>	
<b>Session chairman</b>	<b>Pavel Mikuška</b>
<b>9:30 – 9:45</b>	<b>CRITICAL STUDY ON GROUND VS TALL TOWER MEASUREMENTS: EFFECT OF BOUNDARY LAYER</b> Joseph DURAT
<b>9:45 – 10:00</b>	<b>MĚŘENÍ VERTIKÁLNÍHO PROFILU TEPLoty A RELATIVNÍ VLHKOSTI MEZNÍ VRSTVY ATMOSFÉRY S POMOCÍ DRONU</b> Mykhailo FEDORENKO
<b>10:00 – 10:15</b>	<b>DRONE-BASED VERTICAL PROFILING OF BLACK CARBON AEROSOLS AT A RURAL BACKGROUND AND AN URBAN SITE</b> Kajal JULAHA
<b>10:15 – 10:30</b>	<b>POČET A VELIKOSTNÍ DISTRIBUCE KAPIČEK GENEROVANÝCH POHYBEM LODÍ</b> Olena KOZAKOVA
<b>10:30 – 11:10</b>	<b>COFFEE BREAK</b>
<b>11:10 – 12:10</b>	<b>PLENARY SPEAKER: ACTRIS – CAIS-ECAC, CENTRAL FACILITY FOR AEROSOL IN-SITU MEASUREMENTS, QUALITY ASSURANCE FOR NATIONAL FACILITIES</b> Alfred WIEDENSOHLER
<b>12:10 – 13:50</b>	<b>OBĚD – LUNCH</b>
<b>PONDĚLÍ – MONDAY 11.11.2024 ODPOLEDNE – AFTERNOON</b>	
<b>Soutěž o nejlepší přednášku mladých vědců – Dekati Award</b>	
<b>Session chairwoman</b>	<b>Naděžda Zíková</b>
<b>13:50 – 14:05</b>	<b>CURRENT-USE AND LEGACY PESTICIDES IN THE ATMOSPHERE: TEMPORAL TRENDS IN A CENTRAL EUROPEAN RURAL ENVIRONMENT</b> Ludovic MAYER
<b>14:05 – 14:20</b>	<b>IMISNÍ KONCENTRACE PŘÍZEMNÍHO OZONU V CENTRU PRAHY</b> Michal SANETRŇÍK
<b>14:20 – 14:35</b>	<b>AN INNOVATIVE APPROACH TO MEASURE AEROSOL HYGROSCOPICITY USING SINGLE NEPHELOMETER SET-UP SYSTÉM</b> Lenka SUCHÁNKOVÁ
<b>14:35 – 14:50</b>	<b>MĚŘENÍ VZNIKU NOVÝCH ČÁSTIC V ATMOSFÉRE</b> Anna ŠPALOVÁ
<b>14:50 – 15:05</b>	<b>KVALITA OVZDUŠÍ V ZÓNĚ JIHOVÝCHOD</b> Radek VÍT

<b>15:05 - 15:45</b>	<b>COFFEE BREAK</b>
<b>Session chairwoman</b>	<b>Iva Hůnová</b>
<b>15:45 - 16:00</b>	<b>VARIABILITA ZDROJŮ ORGANICKÝCH AEROSOLŮ NA POZAŘOVÉ LOKALITĚ VE STŘEDNÍ EVROPĚ</b> Radek LHOTKA
<b>16:00 - 16:15</b>	<b>LIGHTNING AND THUNDERSTORM EVENTS IN GREATER METRO MANILA</b> Charlie ANDAN
<b>16:15 - 16:30</b>	<b>PROPER AEROSOL SAMPLING - ACTRIS RECOMMENDATIONS (EXPERIENCE FROM ACTRIS NF TECHNICAL AUDITS)</b> Jakub ONDRÁČEK
<b>16:30 - 16:45</b>	<b>PORTABLE EMISSIONS TOXICITY SYSTEM: COMPACT AIR-LIQUID INTERFACE SYSTEM FOR EXPOSURE OF CELL CULTURES TO DILUTED EMISSIONS AND POLLUTED AIR</b> Michal VOJTÍŠEK
<b>16:45 - 17:00</b>	<b>KONCENTRACE TĚŽKÝCH KOVŮ A JEJICH VÝVOJ V LETECH 2010-2021</b> Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ
<b>17:00 - 17:15</b>	<b>PŘÍSLUŠENSTVÍ A PŘÍSTROJE PRO ODBĚR A ANALÝZU VZORKŮ OVZDUŠÍ</b> Martin STOKLAS
<b>17:15 - 18:15</b>	<b>Schůze výboru ČAS - CAS board meeting</b> Jakub Ondráček
<b>19:00</b>	<b>VEČEŘE - DINNER</b>

**ÚTERÝ – TUESDAY 12.11.2024  
DOPOLEDNE – MORNING**

<b>Session chairman</b>	<b>Jan Hovorka</b>
<b>9:00 – 9:15</b>	<b>CHARACTERISATION OF ATMOSPHERIC AEROSOLS IN AIR AROUND THE CHILDREN'S SANATORIUM</b> Pavel MIKUŠKA
<b>9:15 – 9:30</b>	<b>INORGANIC COMPONENTS OF PM<sub>2.5</sub> AEROSOL IN THE AREA OF CHILDREN'S SANATORIUM WITH SPELEOTHERAPY</b> Lukáš ALEXA
<b>9:30 – 9:45</b>	<b>SOILS ARE SOURCES OF POLYCYCLIC AROMATIC COMPOUNDS</b> Gerhard LAMMEL
<b>9:45 – 10:00</b>	<b>ČIŠTĚNÍ JEMNÝCH ČÁSTIC Z PORÉZNÍCH KNIHOVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ DVOUFÁZOVÉHO SPREJE ČÁSTIC CO<sub>2</sub> V NOSNÉM PLYNU</b> Ludmila MAŠKOVÁ
<b>10:00 – 10:15</b>	<b>WHAT CAN PIXE AND OTHER NUCLEAR ANALYTICAL METHODS OFFER FOR ENVIRONMENTAL AND AEROSOL RESEARCH</b> Vladimír HAVRÁNEK
<b>10:15 – 10:55</b>	<b>COFFEE BREAK</b>

<b>Session chairman</b>	<b>Pavel Chaloupecký</b>
<b>10:55 – 11:10</b>	<b>STANOVENÍ RYCHLÝCH ZMĚN KONCENTRACÍ BIOGENNÍCH TĚKAVÝCH ORGANICKÝCH SLOUČENIN POMOCÍ DIFUZNÍHO DENUDERU</b> Kamil KŘUMAL
<b>11:10 – 11:25</b>	<b>DEPOSITION OF RIGID GLASS FIBRES INSIDE A REPLICA OF FEMALE AIRWAYS</b> František LÍZAL
<b>11:25 – 11:40</b>	<b>NÁMRAZA – NEZANEDBATELNÁ SOUČÁST ATMOSFÉRIKÉ DEPOZICE V HORSKÝCH EKOSYSTÉMECH</b> Iva HŮNOVÁ
<b>11:40 – 11:55</b>	<b>STANOVENÍ EMISNÍ MOHUTNOSTI VYBRANÉHO VELKOPLOŠNÉHO ZDROJE AEROSOLU</b> Miloš ZAPLETAL
<b>11:55 – 12:10</b>	<b>DVOULETÁ STUDIE UHLÍKATÝCH AEROSOLŮ A STABILNÍHO IZOTOPOVÉHO SLOŽENÍ CELKOVÉHO UHLÍKU NA VYSKO-ARCTICKÉ STANICI ALERT, KANADA</b> Petr VODIČKA
<b>12:10 – 13:50</b>	<b>OBĚD – LUNCH</b>

**ÚTERÝ – TUESDAY 12.11.2024  
ODPOLEDNE – AFTERNOON**

<b>Session chairman</b>	<b>František Lízal</b>
<b>13:50 – 14:05</b>	<b>VYHODNOCENÍ SENZOROVÝCH MĚŘENÍ KONCENTRACÍ AEROSOLOVÝCH ČÁSTIC V PROJEKTECH FINANCOVANÝCH Z NORSKÝCH FONDŮ</b> Pavel CHALOUPECKÝ
<b>14:05 – 14:20</b>	<b>AIRBORNE DETECTION OF AEROSOL PARTICLE SIZE DISTRIBUTIONS IN MARINE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER AT BALTIC SEA</b> Jan HOVORKA
<b>14:20 – 14:35</b>	<b>EPIZODA PŘECHODU SAHARSKÉHO PÍSEČNÉHO PRACHU PŘES ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY NA PŘELOMU BŘEZNA A DUBNA 2024</b> Jáchym BRZEZINA

<b>14:35 – 14:50</b>	<b>MONITORING KVALITY OVZDUŠÍ V MALÝCH SÍDLECH JIHOMORAVSKÉHO KRAJE S LOKÁLNÍMI TOPENÍŠTI POMOCÍ SENZORŮ A MĚŘENÍ PAHS</b> Ondřej MIKEŠ
<b>14:50 – 15:05</b>	<b>THE IMPACT OF INDIVIDUAL HEATING SYSTEMS ON LOCAL AIR QUALITY</b> Tomasz OLSZOVSKI
<b>15:05 – 15:45</b>	<b>COFFEE BREAK</b>
<b>Session chairman</b>	<b>Vladimír Havránek</b>
<b>15:45 – 16:00</b>	<b>POROVNÁNÍ TOF-ACSM A C-TOF-AMS BĚŽÍCÍCH PARALELNĚ NA ZÁKLADĚ JEDNOTLIVÝCH M/Z, DŮSLEDKY PRO PMF</b> Jaroslav SCHWARZ
<b>16:00 – 16:15</b>	<b>PRVKOVÉ SLOŽENÍ PM10 NA VESNICKÉ POZAŘOVÉ STANICI – VLIV DISPERSNÍ NORMALIZACE NA DLOUHODOBÉ KONCENTRACE A ZDROJE</b> Petra VONDRÁKOVÁ POKORNÁ
<b>16:15 – 16:30</b>	<b>ASSESSING POTENTIAL HEALTH RISKS OF NANOPARTICLE EMISSIONS RELEASED DURING INDUSTRIAL METAL LASER CUTTING PROCESS</b> Lucia BUSTIN
<b>16:30 – 16:45</b>	<b>LONG-TERM MONITORING OF HOPANES AT A CENTRAL EUROPEAN BACKGROUND SITE</b> Dominika BEZDEKOVÁ
<b>16:45 – 17:00</b>	<b>VLIV VÝŠKY MEZNÍ VRSTVY ATMOSFÉRY NA ZMĚNY VE VERTIKÁLNÍ DISTRIBUCI PLYNNÉ RTUTI</b> Gabriela VÍTKOVÁ
<b>17:00 – 17:15</b>	<b>ČASOVOPRIESTOROVÁ VARIÁCIA TUHÝCH ČASTÍC V MESTE ŽILINA A JEHO OKOLÍ V ROKU 2023</b> Dušan JANDAČKA
<b>17:15 – 17:30</b>	<b>Vyhodnocení soutěže mladých vědců – DEKATI Award announcement</b> <b>Jakub Ondráček; Biowell (Dekati)</b>
<b>17:30 – 18:30</b>	<b>Členská schůze ČAS – Meeting of the CAS members</b> <b>Jakub Ondráček</b>
<b>19:00</b>	<b>SPOLEČENSKÝ VEČER – CONFERENCE DINNER</b>

**STŘEDA – WEDNESDAY 13.11.2024  
DOPOLEDNE – MORNING**

<b>Session chairman</b>	<b>Dušan Jandačka</b>
<b>9:00 – 9:15</b>	<b>BRAKE WEAR NANOPARTICLE PRODUCTION FROM PASSENGER CARS STRONGLY AFFECTED BY BRAKING CONDITIONS</b> Michal VOJTÍŠEK
<b>9:15 – 9:30</b>	<b>MULTI-INSTRUMENTAL AEROSOL OBSERVATIONS IN RACIBÓRZ, POLAND</b> Artur SZKOP
<b>9:30 – 9:45</b>	<b>SNÍŽENÍ EMISÍ PM A NO<sub>x</sub> Z MALÝCH SPALOVACÍCH ZAŘÍZENÍ POMOCÍ ELEKTROSTATICKÉHO ODLUČOVAČE</b> Oleksandr MOLCHANOV
<b>9:45 – 10:00</b>	<b>ORIGIN AND TRANSPORT OF ATMOSPHERIC AEROSOLS ACROSS MORAVIA</b> Radim SEIBERT
<b>10:00 – 10:15</b>	<b>FIELD VALIDATION OF A NOVEL PASSIVE AIR SAMPLER – MONITORING OF SEMIVOLATILE ORGANIC POLLUTANTS IN THE REMOTE MARINE AND CONTINENTAL BOUNDARY LAYER</b> Gerhard LAMMEL
<b>10:15 – 10:55</b>	<b>COFFEE BREAK</b>
<b>Session chairman</b>	<b>Michal Vojtíšek</b>
<b>10:55 – 11:10</b>	<b>SIMULTANEOUS MEASUREMENTS OF CCN CONCENTRATIONS AT TWO LEVELS ABOVE THE GROUND WITH DUAL COLUMN CCNC</b> Pavel MORAVEC
<b>11:10 – 11:25</b>	<b>VERTICAL DISTRIBUTION OF CARBONACEOUS AEROSOLS EMITTED DURING THE TRADITIONAL BURNING OF THE WITCHES</b> Saliou MBENGUE
<b>11:25 – 11:40</b>	<b>MIXING LAYER HEIGHT: MODELS VS. GROUND-BASED MEASUREMENTS INTERCOMPARISON</b> Naděžda ZÍKOVÁ
<b>11:40 – 11:55</b>	<b>OBSERVATORY MILEŠOVKA AND ACTIVITIES RELATED TO RESEARCH INFRASTRUCTURE ACTRIS</b> Pavel SEDLÁK
<b>11:55 – 12:10</b>	<b>DIRECT REAL-TIME ESTIMATION OF VOLATILE AND SEMI-VOLATILE PARTICLE FRACTION FROM AMBIENT AEROSOL</b> Ludovít BALCO
<b>12:10 – 12:20</b>	<b>Ukončení konference – Closing of the conference</b> Jakub Ondráček
<b>12:20 – 13:50</b>	<b>OBĚD – LUNCH</b>

SPONZOŘI





## PŘEDMLUVA

Vážené kolegyně, vážení kolegové, přátelé,

mám podruhé příležitost vás všechny, z pozice předsedy České aerosolové společnosti, přivítat tentokrát na 23. výroční konferenci České aerosolové společnosti, v regionu malebné Vysočiny – v Hotelu 9 skal. Jak jste si jistě všimli z informačních e-mailů a také titulní stránky této brožury, letos se výbor ČAS rozhodl společně s VI RECETOX uspořádat spojenou konferenci Ovzduší v ČASe. Jak název naznačuje, jedná se o spojení tradiční výroční konference České aerosolové společnosti a konference Ovzduší organizované RECETOXem. Motivací pro tento krok je především podobnost tematiky řešené na obou konferencích a možnost setkání širšího pléna odborníků zabývajících se obdobnými problémy, i když někdy z odlišné perspektivy (např. vědecké studie, praktická implementace či legislativní stránka). A právě ony odlišné perspektivy mohou často přinést nové možnosti spolupráce či odborného partnerství.

Česká aerosolová společnost slaví v letošním roce 25 let od svého založení. V této souvislosti bych rád zmínil našeho kolegu Jiřího Smolíka, který Českou aerosolovou společnost v roce 1999 (2. dubna) založil, významnou měrou se podílel na jejím zviditelnění v mezinárodním měřítku a byl také jejím dlouholetým předsedou. V tomto ohledu nemohu opomenout Jirkova nástupce ve funkci předsedy ČAS, Vlád'u Ždímalu, který se ze své pozice předsedy ČAS po mnoho let také zasazoval o její výrazné zviditelnění, a to jak na národní, tak i celosvětové úrovni. V roce 2002 se Česká aerosolová společnost stala součástí mezinárodního konsorcia národních aerosolových společností (EAA – European Aerosol Assembly). Po celou dobu své existence ČAS sdružuje odborníky v oboru aerosolů a dalších přidružených oborů, podporuje další rozvoj těchto tematik a směřuje k rozšíření znalostí a povědomí tohoto vědního oboru. V neposlední řadě se ČAS snaží aktivně přispět k řešení sociálně relevantních problémů (zlepšení kvality životního prostředí, globální změna klimatu, ale také například obecná informovanost společnosti během nedávné pandemie COVID ohledně šíření aerosolů).

Uplynulý rok byl v rámci České aerosolové společnosti velmi bohatý na události, o kterých bych vás zde rád krátce informoval. Hlavní událostí z pohledu ČAS bylo podání oficiálního návrhu na pořádání European Aerosol Conference v roce 2028 v Praze (podaný během výročního zasedání výboru EAA, EAC 2024, Tampere). Žádost byla jednomyslně schválena všemi zástupci národních aerosolových společností. Výbor ČAS bude na přípravách EAC 2028 v následujících letech intenzivně pracovat a členové společnosti budou průběžně informováni. Rád bych vás s přípravami blíže seznámil v průběhu členské schůze ČAS, která proběhne v úterý 12.11. těsně po skončení úterního programu konference. Na základě loňské žádosti kolegy J. Schwarze o uvolnění z pozice revizora v rámci výboru ČAS byla do této pozice kooptována kolegyně L. Mašková. Jardi bych tímto rád poděkoval za svědomitou práci a čas věnovaný ČASu. Lída se v uplynulém roce velmi aktivně zapojila do činnosti výboru ČAS, a to především v rámci příprav na pořádání EAC 2028. Rád bych i jí zde vyjádřil poděkování za tento velmi aktivní přístup.

Rádi bychom také vytvořili novou tradici této konference v podobě plenárních přednášek, kterou v minulém roce započal náš vážený host prof. Philip Hopke. V letošním roce naše pozvání přijala neméně významná osobnost v celosvětové aerosolové komunitě – Prof. Alfred Wiedensohler. Ali je otcem matematického popisu rozložení nábojů na aerosolových částicích, který je využíván celou aerosolovou komunitou, a také se významnou měrou zasloužil o harmonizaci měřicích metod pro charakterizaci fyzikálních vlastností aerosolových částic. Ali je v současné době ředitelem tematického centra pro

měření aerosol in-situ v rámci pan-evropské velké výzkumné infrastruktury ACTRIS a hostujícím profesorem na několika univerzitách.

Závěrem bych opět také rád poděkoval všem tradičním i novým sponzorům Ovzduší v ČASe – Altium, Biowell (Dekati), Chromservis, ECM ECOMONITORING, Envitech a TSI. Se zástupci těchto firem budete mít příležitost se v rámci konference potkat a někteří obohatí konferenci i svými příspěvky.

V neposlední řadě bych rád poděkoval Aničce Špalové za nezáviděníhodnou a často nevděčnou práci s editací sborníku naší konference.

Rád se s vámi všemi osobně setkám v Hotelu 9 skal a uvítám všechny náměty, podněty, výtky a pochvaly.

Váš,

Jakub Ondráček (předseda ČAS)

## PREFACE

Dear Colleagues and Friends,

It is my privilege, once again, to welcome you, this time to the 23rd Annual Conference of the Czech Aerosol Society (CAS), held in the scenic Vysočina region at Hotel 9 Skal. As you may have noted from our emails and the cover of this brochure, this year's CAS board, in collaboration with VI RECETOX, has decided to organize a joint conference, "Ovzduší v ČASe" (it has more meaning in Czech language and it is impossible to translate). As the name implies, this event merges our traditional annual conference with the Ovzduší conference organized by RECETOX RI. The primary motivation behind this collaboration is the overlap in topics covered at both conferences and the opportunity to bring together a broader panel of experts, addressing similar issues from different perspectives—be it scientific research, practical implementation, or legislation. It is often these diverse perspectives that spark new opportunities for collaboration and professional partnerships.

This year also marks a special milestone, as the Czech Aerosol Society celebrates its 25th anniversary. I would like to take this opportunity to acknowledge our colleague, Jiří Smolík, who founded ČAS on April 2, 1999. Jiří played a pivotal role in establishing CAS on the international stage and served as its long-term president. I would also like to recognize his successor, Vlád'a Ždímal, who continued to enhance CAS's visibility both nationally and internationally during his tenure as president. In 2002, CAS became part of the European Aerosol Assembly (EAA), an international consortium of national aerosol organizations. Throughout its existence, CAS has brought together experts from the aerosol and related fields, supporting the development of these topics and promoting broader public awareness of this important scientific field. Moreover, CAS has been active in contributing to the solution of pressing societal issues, such as environmental quality improvement, global climate change, and, more recently, the spread of aerosols during the COVID-19 pandemic.

The past year has been eventful for CAS, and I would like to briefly highlight a few key developments. Most notably, we submitted a formal bid to host the European Aerosol Conference (EAC) in Prague in 2028. This proposal, presented at the annual EAA board meeting during EAC 2024 in Tampere, was unanimously approved by the representatives of national aerosol societies. Over the next few years, the CAS board will be working hard to prepare for EAC 2028, and we will keep all society members informed of the progress. I look forward to discussing these preparations in more detail at the CAS members' meeting on Tuesday, November 12, following the conclusion of the Tuesday's conference program.

I would also like to extend my gratitude to our colleague J. Schwarz, who has requested to step down from his position as auditor within the CAS board. In his place, L. Mašková has been co-opted to the role. I sincerely thank Jarda for his dedicated work and contributions to CAS, and I also appreciate Lída for her active involvement, particularly in the preparations for EAC 2028.

In addition, we aim to establish a new tradition of plenary lectures at this conference, a practice initiated last year by our esteemed guest, Prof. Philip Hopke. This year, we are honored to welcome another prominent figure in the global aerosol community—Prof. Alfred Wiedensohler. Prof. Wiedensohler is renowned for his work on the mathematical description of aerosol particle charge distribution, a methodology widely used by the aerosol community. He has also made significant contributions to the harmonization of

measurement techniques for characterizing aerosol physical properties. He currently serves as the Director of the Topic Center for Aerosol In-Situ Measurements within the pan-European ACTRIS research infrastructure and is a visiting professor at several universities.

Finally, I would like to express my appreciation to all the sponsors of "Ovzduší v ČSe", including our long-standing supporters and new partners: Altium, Biowell (Dekati), Chromservis, ECM ECOMONITORING, Envitech and TSI. You will have the opportunity to meet representatives from these companies during the conference, and some will enrich our event with their contributions.

I would also like to extend a special thanks to Anička Špalová for her invaluable work in editing the conference proceedings—a task that is often underappreciated but critical to the success of this event.

I look forward to seeing you all at Hotel 9 Skal and encourage you to share your ideas, suggestions, and feedback throughout the conference.

Warm regards,  
Jakub Ondracek (president of CAS)



*Photo of CAS members participating at EAC 2024 in Tampere*

## **CRITICAL STUDY ON GROUND VS TALL TOWER MEASUREMENTS: EFFECT OF BOUNDARY LAYER**

Joseph DURAT<sup>1</sup>, Naděžda ZÍKOVÁ<sup>1</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>1</sup>, Petr VODIČKA<sup>1</sup>, Jakub ONDRÁČEK<sup>1</sup>, Petra POKORNÁ<sup>1</sup>, Kaja JULAHA<sup>1</sup>, Radek LHOTKA<sup>1</sup>, Anna ŠPALOVÁ<sup>1</sup>, Saliou MBENGUE<sup>2</sup>, Lenka SUCHÁNKOVÁ<sup>1,2,3</sup>, Roman PROKEŠ<sup>2,3</sup>, Jaroslav SCHWARZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Chemical Process Fundamentals, AS CR, Prague, Czech Republic, durat@icpf.cas.cz

<sup>2</sup> Global Change Research Institute, AS CR, Brno, Czech Republic

<sup>3</sup>RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

Keywords: Atmospheric aerosols, Planetary Boundary Layer, Vertical Profile

### **INTRODUCTION**

Atmospheric aerosols (AA) harm human health (e.g., Liu et al. 2019) and affect the climate through cloud formation and radiation forcing (Mahowald 2011). Their effect on climate is still associated with large uncertainties within climate modeling (IPCC 2021). The assessment of aerosol global effects is usually done through ground-based measurement in rural areas to avoid local pollution sources. However, the changes in the planetary boundary layer (PBL) and the high population density of Europe limit the representativeness of those measurements. Higher elevation measurements and vertical profiles of atmospheric pollutants and meteorological quantities are needed to assess the spatial representativeness of those ground-based measurements and distinguish local from long-range transported aerosols.

The wide range of aerosol particle size and the variety of chemical components make it difficult to predict their impact on the state of the PBL, the atmospheric transport, and the radiative forcing in the upper and lower troposphere (Schwarz et al. 2016; Ramanathan et al. 2002). Solar radiation changes due to the presence of aerosols and can provoke greater ozone production and high aerosol concentrations and influence cloud condensation and ice nuclei (Tao et al. 2014; Liu et al. 2021). Thus, it is crucial to measure aerosols both inside and above the PBL together with vertical detailed characterizations of meteorological parameters. Few tall towers enable online aerosol studies (Bosveld et al. 2020), and most of the existing ones are located in cities. Therefore, this study allows operating measurements that have not been done yet and promises valuable results to reduce uncertainty induced by aerosols.

### **AIM OF THE PROJECT**

With the collaboration of the Institute of Chemical Process Fundamentals (ICPF CAS) and the Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences (GCRI CAS), the three-year project aims to use a 250 m tall tower to measure aerosols at different heights to identify the contribution of primary and secondary aerosol sources and to find their origins depending on the status of the PBL. The other objectives are to characterize AA's physicochemical properties and compare AA's chemical composition, radiation forcing, and number and mass size distribution of aerosols at two heights. An effort will be put into describing the seasonal and diurnal behavior of AA based on long-term online



in-situ measurements, evaluating the influence of different atmospheric thermodynamic conditions on AA, and separating and locating AA local, regional, and long-range sources using receptor modeling and back trajectories analysis. Finally, determining the dependence of the onset of AA cluster growth on the height and status of the PBL and comparing drone measurement with tall tower data set to define a methodology for independent drone measurement will be crucial to assess the representativeness of ground-based measurements.

## METHODOLOGY

The tall tower at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK) (Fig.1) in the Czech Highlands will serve for the measurements as it is out of range of major sources of pollution and officially classified as a central European rural background site.

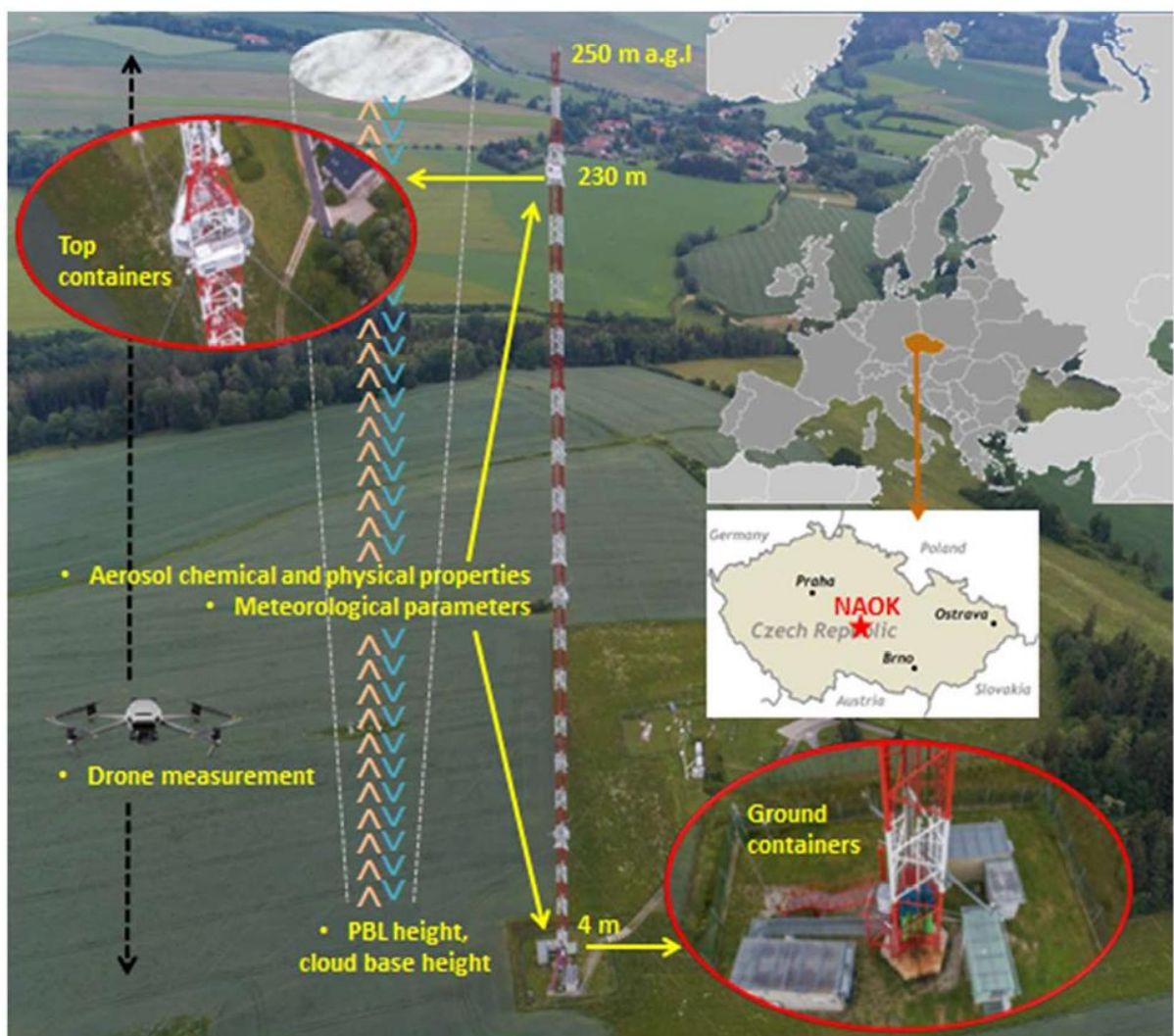


Fig.1: Sampling strategy and geographical location of the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK) and photographs of the tall tower with sampling containers at ground level and at 230 m.

Two sampling strategies using instrumentation listed in Tab.1 will be based on (1) simultaneous measurements by two identical instruments located at 4 and 230 m above the ground, (2) measurements by one instrument using a switching valve to sample

aerosols at different heights by two inlets. Precautions will be taken to avoid the effects of height difference and tube length. Additional data sets will be available through the collaboration with ACTRIS CZ (Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure, the Czech national node) and the research infrastructure CzeCOS representing ICOS (Integrated Carbon Observation System) in the Czechia, such as cloud and rain detection at 230 m, cloud characteristics thanks to Lidar measurements, and PBL height from ceilometers. Trace gas vertical distribution will also be measured for CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, and O<sub>3</sub>.

Tab.1: Overview of instruments and analyzers used, their measurement purposes, and teams responsible for them (ICPF in white and GCRI in gray).

<b>Instrument / Analyzer</b>	<b>Type of measurement</b>
C-ToF-AMS (Aerosol Mass Spectrometer)	On-line, chemical composition
Aethalometer AE33 (2x)	On-line, black carbon
OC/EC field analyzer (2x)	On-line, organic and elemental carbon
Multi-Metals analyzer XACT325i – XRF	On-line, metals
Multi-Metals analyzer PX-375	On-line, metals
SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) (2x)	On-line, particle size distribution
APS (Aerodynamic Particle Sizer) (2x)	On-line, particle size distribution
CPC (Condensation Particle Counter) (2x)	On-line, particle number conc.
PSM (Particle Size Magnifier)	On-line, cluster size distribution
Nano-SMPS	On-line, nanoparticle size distribution
NAIS (Neutral cluster and Air Ion Spectrometer)	On-line, atmospheric ions and cluster distribution
Nephelometer Aurora 3000 and TSI 3563 (2x)	On-line, aerosol scattering
Leckel sequential SEQ47/50 sampler (x2)	Off-line, filter sampling
Microbalance Sartorius M5P	Off-line, gravimetry
Ion chromatography	Off-line, water-soluble ions concentration
Ceilometer CL51	On-line, PBL height, cloud base height
microAethalometer AE51	Black carbon monitor for drone measurements

The procedure to ensure data quality will include laminar flow sampling, size-dependent sampling losses determination, and checks for possible leaks. All instruments listed in Tab.1 will be operated according to SOPs (Standard Operating Procedure) given by the ACTRIS ERIC or the manufacturer manuals and recommendations.

The measured aerosols will be divided according to the heights of PBL. The temporal evolution of the PBL will be studied from the ceilometer's raw data using the Lotteraner and Piringer (2016) method. Finally, a model for air mass trajectory generation, the HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model (HYSPLIT) (Stein et al. 2015), will allow the study of the long-range transport of aerosols. The trajectories would also be the base for the Potential Source Contribution Function (PSCF) (Wehrens et al. 2000) to calculate the probability of source location.

## EXPECTED OUTCOMES

The uniqueness of this project procures high expectations, with several publications in peer-reviewed international scientific journals both within and after the completion of the three-year project. In addition, regular presentations of the project's results are planned at international and national conferences. At least three PhD theses and several master's theses will use the data collected. The results will also be disseminated in the form of science presentations at public events and seminars for high school and university students and professionals.

## REFERENCES

- Bosveld, Fred C., Peter Baas, Anton C. M. Beljaars, Albert A. M. Holtslag, Jordi Vilà-Guerau De Arellano, and Bas J. H. Van De Wiel, Fifty Years of Atmospheric Boundary-Layer Research at Cabauw Serving Weather, Air Quality and Climate. *Boundary-Layer Meteorology* 177 (2–3): 583–612 (2020).
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipc). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1st ed. Cambridge University Press, (2021).
- Liu, Cong, Renjie Chen, Francesco Sera, Ana M. Vicedo-Cabrera, Yuming Guo, Shilu Tong, Micheline S.Z.S. Coelho, et al. “Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities.” *New England Journal of Medicine* 381 (8): 705–15. (2019).
- Liu, Quan, Dantong Liu, Yangzhou Wu, Kai Bi, Wenkang Gao, Ping Tian, Delong Zhao, et al. “Reduced Volatility of Aerosols from Surface Emissions to the Top of the Planetary Boundary Layer.” *Atmospheric Chemistry and Physics* 21 (19): 14749–60 (2021).
- Lotteraner, Christoph, and Martin Piringer. “Mixing-Height Time Series from Operational Ceilometer Aerosol-Layer Heights.” *Boundary-Layer Meteorology* 161 (2): 265–87. (2016).
- Mahowald, Natalie. “Aerosol Indirect Effect on Biogeochemical Cycles and Climate.” *Science* 334 (6057): 794–96. (2011).
- Ramanathan, V, P J Crutzen, A P Mitra, and D Sikka. “The Indian Ocean Experiment and the Asian Brown Cloud.” *CURRENT SCIENCE* 83 (8) (2002).
- Schwarz, Jaroslav, Michael Cusack, Jindřich Karban, Eva Chalupníčková, Vladimír Havránek, Jiří Smolík, and Vladimír Ždímal. “PM2.5 Chemical Composition at a Rural Background Site in Central Europe, Including Correlation and Air Mass Back Trajectory Analysis.” *Atmospheric Research* 176–177 (July):108–20. (2016).



Stein, A. F., R. R. Draxler, G. D. Rolph, B. J. B. Stunder, M. D. Cohen, and F. Ngan. "NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System." *Bulletin of the American Meteorological Society* 96 (12): 2059–77. (2015).

Tao, J. C., C. S. Zhao, N. Ma, and P. F. Liu. "The Impact of Aerosol Hygroscopic Growth on the Single-Scattering Albedo and Its Application on the  $\text{NO}_2$  Photolysis Rate Coefficient." *Atmospheric Chemistry and Physics* 14 (22): 12055–67. (2014).

Wehrens, Ron, Hein Putter, and Lutgarde M.C Buydens. "The Bootstrap: A Tutorial." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 54 (1): 35–52. (2000).

# MĚŘENÍ VERTIKÁLNÍHO PROFILU TEPLOTY A RELATIVNÍ VLHKOSTI MEZNÍ VRSTVY ATMOSFÉRY S POMOCÍ DRONU

Mykhailo FEDORENKO, Jan HOVORKA, Luboš MATĚJÍČEK

Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Benátská 2,  
12801 Praha 2

fedorenm@natur.cuni.cz

Klíčová slova: dron, teplota, vlhkost, mezní vrstva atmosféry

## SUMMARY

Vertical profile of potential temperature  $\theta$  of the lowest part of atmospheric boundary layer (ABL) significantly determines dispersal of pollutants ordinarily generated by sources on ground. Therefore, fast, repetitive and highly time-and-space  $\theta$  profiling of the first 120/300 m of the ABL is desirable. To accomplish such a task, we used fast iMet-XQ2 sensor for temperature T and relative RH and pressure mounted on upper part of a DJI Air 2s drone. Upward T, RH profiles were measured and evaluated. The ascent speed of the drone was approximately  $1 \text{ ms}^{-1}$ . One profile was accomplished within 3-4 minutes. Spatial resolution of the profile was 1 m. Between the measurements of individual profiles  $\theta$  was calculated and depicted in a heat map with contour lines for RH to get highly time resolved overview for  $\theta$  profile of the lowest 120 or 300 m of the atmospheric boundary layer. The interval between individual profiles was 10 to 15 minutes, based on which the dynamics of the vertical profiles were then developed. Good agreement between vertical profiling using by drone and by tethered balloon was found but limited to about wind speed  $< 1 \text{ ms}^{-1}$ .

## ÚVOD

Nejnižších 50-100 metrů atmosférické mezní vrstvy, tzv. přízemní vrstva, obvykle obsahuje vysoké koncentrace atmosférických znečišťujících příměsí Seinfeld (1986). Jejich distribuce v této vrstvě je významně ovlivněna prouděním vzduchu, jehož vertikální složka je určena především vertikálním průběhem potenciální teploty  $\theta$ . Ta se počítá pomocí vztahu odvozeného z Poissonovy rovnice s využitím měřené teploty T Wallace and Hoobs (2006). Klasicky se vertikální profil teploty T měří pomocí meteorologických balónů vybavených radiosondou. Taková měření ale nejsou ani praktická ani ekologická, protože ke konci měření balon praskne ve vyšších vrstvách atmosféry a spolu s radiosondou dopadnou na zem a nedají se znovu použít. Pro nejnižší vrstvy atmosféry jsou alternativou balónů v poslední době drony. Technické způsoby řešení jejich využití a podrobný přehled nejenom dronů ale i dalších bezpilotních letadel pojednává článek od Schuyler *et al.* (2017). Hemingway *et al.* (2017) navíc zahrnuje zobrazení vertikálních profilů T, RH a  $\theta$  s využitím variogramové analýzy k určení optimálních prostorových vzorkovacích podmínek pro T a RH, při měření rozsáhlejších profilů mezní vrstvy atmosféry až do výšky 1000 m. Nicméně, obě studie nezpracovávají podrobně dynamiku vertikálního profilu teploty mezní vrstvě atmosféry.

Cílem práce je navrhnout a otestovat technické řešení měření vertikálních profilů T a RH pomocí dronu, výsledky porovnat s měřeními získanými s pomocí upoutaného balónu

a zpracovat data za účelem popisu dynamiky stabilních podmínek v nejnižších 120 nebo 300 metrech mezní vrstvy atmosféry.

## METODY MĚŘENÍ

Měření vertikálních profilů T a RH byly prováděny pomocí monitoru iMet-XQ2 (InterMet Systems) umístěného na dron DJI Air 2s. Monitor váží 60 g a poskytne data s frekvencí měření 1 Hz (Tab.1).

Tabulka. 1: Technická charakteristiky monitoru iMet-XQ2

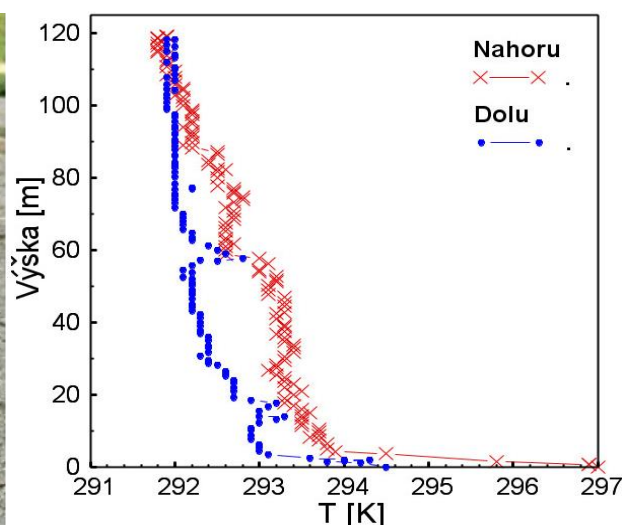
Parametr	Rozsah	Přesnost	Čas odezvy -s
<b>Teplota</b>	- 90 to + 50 ° C	+/- 0.3° C	@ 5m/s flow
<b>Vlhkost</b>	0-100 % RH	+/- 5 % RH	@25 °C, 0.6 s
<b>Tlak</b>	10-1200 hPa	+/- 1.5 hPa	10 ms
<b>GPS</b>	n.a.	12 m (vertikální)	

Dron DJI Air 2s má hmotnost 595 g a rozměry 180x97x77 mm. Pro výpočet jeho výšky nad terénem byla použita hypsometrická rovnice Bohren *et al.* (2023). Vertikální rychlost dronu byla přibližně 1 ms<sup>-1</sup>, tedy měření jednoho profilu do 120 m vyžadovalo zhruba 2 minuty, celkově tak 3-4 minuty. Interval mezi jednotlivými profily byl 10 až 15 minut. V rámci této práce byly některé profily měřeny i do výšky 300 metrů, což odpovídá zhruba 7-8 minutám, ale pro měření takových profilů je nutné povolení od Úřadu pro civilní letectví, protože maximální povolená letová výška dronu nad terénem je 120 m.

Místo meteorologického balónu byl použit upoutaný balón naplněný heliem; jeho hmotnost byla 1,05 kg, objem 3,5 m<sup>3</sup>, balón měl červenou barvu.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

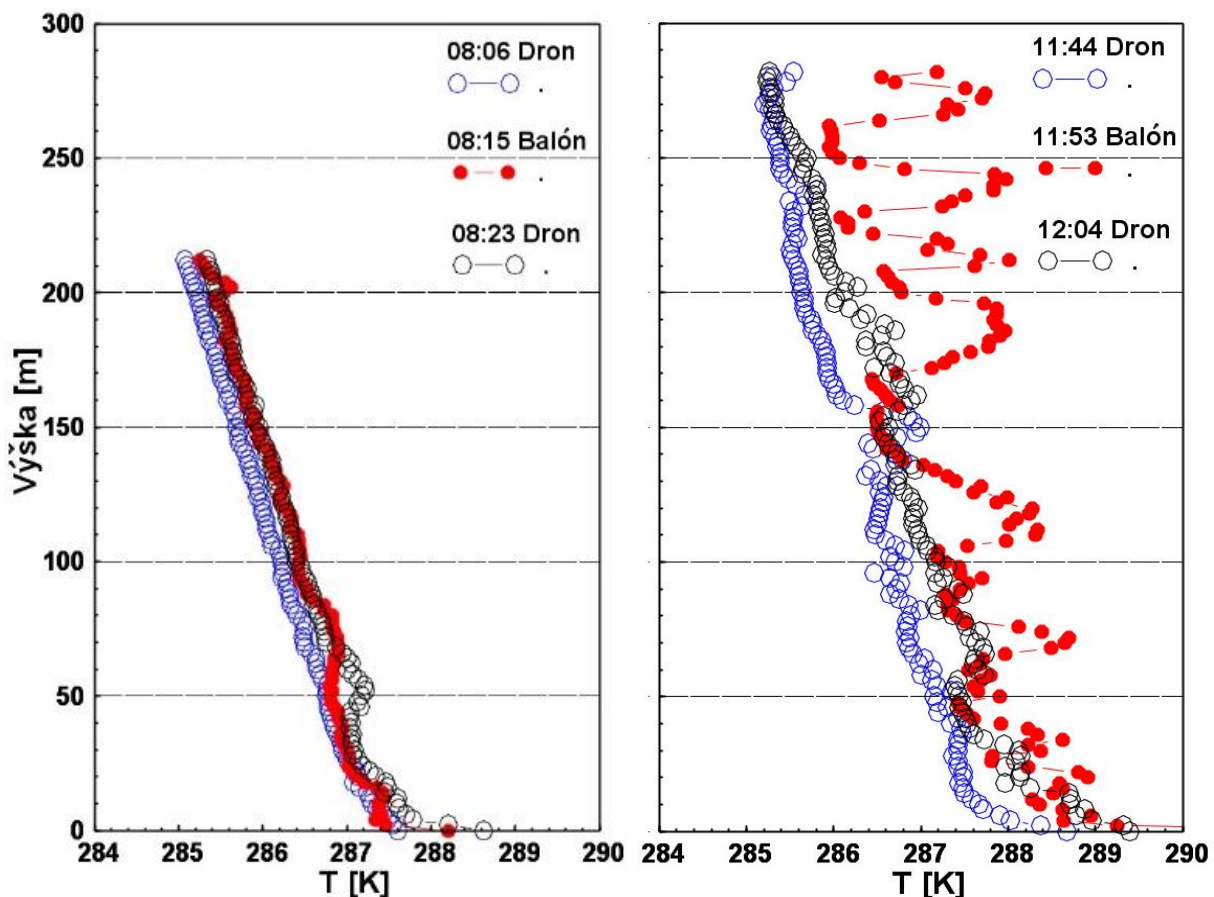
Bezpečné uchycení, minimalizace vlivu tepla emitovaného dronem na monitor a stabilita těžiště dronu byly zajištěny pomocí lehkého držáku na telefon (Obr. 1, vlevo).



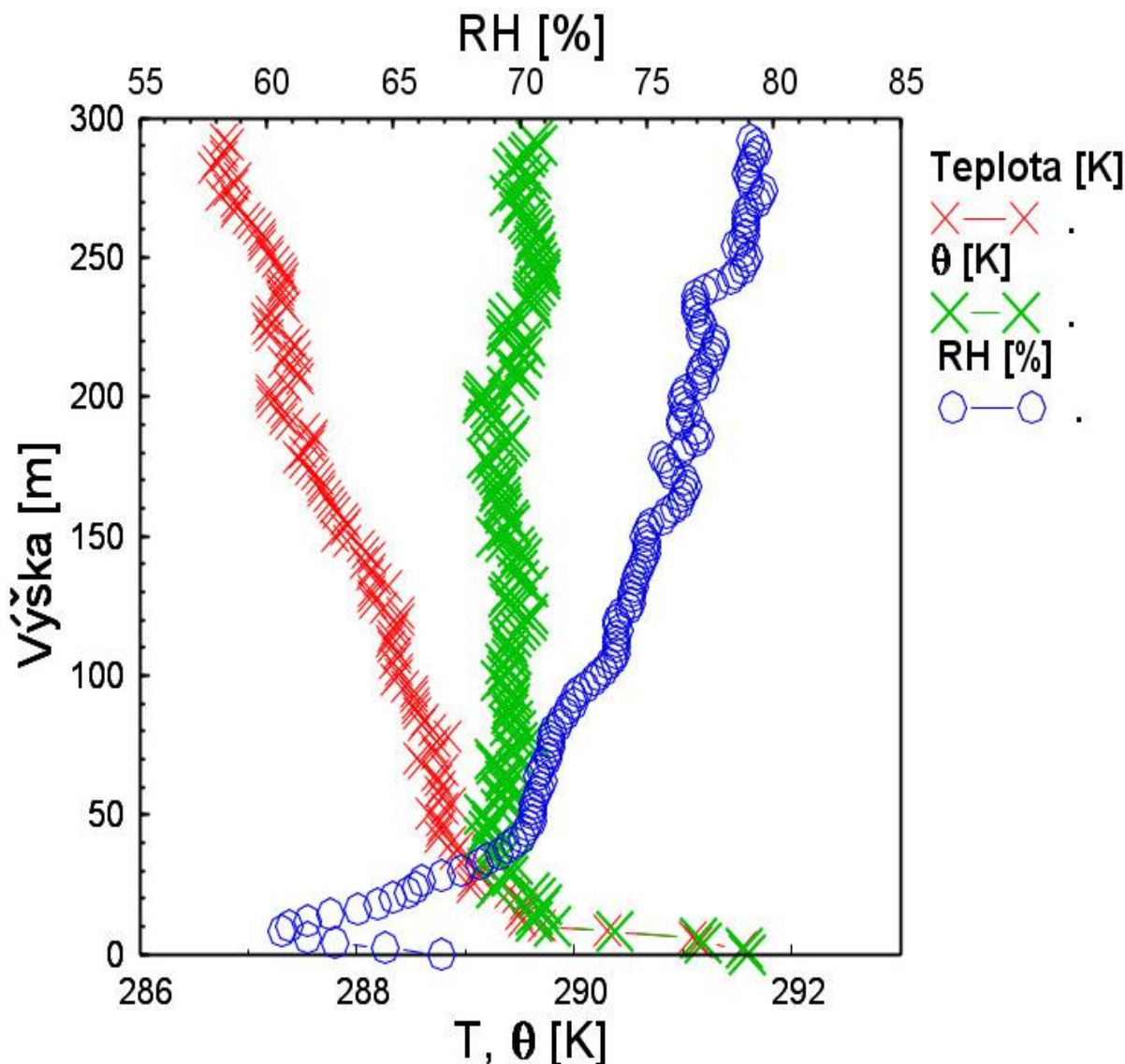
Obrázek 1: Vlevo, foto umístění monitoru na dronu s teplotním senzorem opatřeným červenou krytkou. Vpravo, vertikální profil T měřený směrem nahoru (červeně) a směrem dolů (modře), 17.09.2024, 14:42 – 14:47 (nad loukou)

Při pohybu směrem od zemského povrchu vzhůru jsou pak senzory monitoru oplachovány vzduchem rychlostí shodnou s rychlostí pohybu dronu na rozdíl od pohybu dolů, kdy vzduch je podstatně více ovlivněn turbulencí od vrtulí dronu a profily se liší (Obr.1, vpravo). Proto byly vyhodnocovány výlučně profily získané při pohybu dronu vzhůru.

Při porovnání vertikálních profilů naměřených dronem a balónem byl profil měřen nejprve dronem, pak byl monitor umístěn na balón ve vzdálenosti 10 m od vlastního balonu, a poté opět dronem. Z výsledků lze vyčlenit dvě krajní situace: první, kdy oba profily vypadají stejně (Obr. 2, vlevo), druhá, kdy měření pomocí balónu vykazuje výraznou variabilitu na téměř stejné výšce (Obr. 2, vpravo). Důvodem variability může být to, že balón nestoupá striktně nahoru, ale kromě vztlaku je ovlivněn silovým působením provázku a horizontálním prouděním vzduchu. Kvůli velikosti balonu je silové působení horizontálního proudění na balón podstatně větší nežli na dron. Pokud je horizontální proudění dostatečně silné, přestane balón stoupat a začne se pohybovat horizontálně ve stejné výšce. A protože monitor měří každou sekundu pro tutéž výšku zaznamená tedy více hodnot teploty, které se mezi sebou liší. Proto je ideální měřit při malé rychlosti větru, cca  $< 1\text{ms}^{-1}$ , kdy balon v podstatě stoupá kolmo vzhůru. Této situaci odpovídá profil na Obrázku 2. vlevo.



Obrázek 2: Porovnání vertikálních profilů T měřených dronem a balónem, 3.07.2024 (nad loukou)



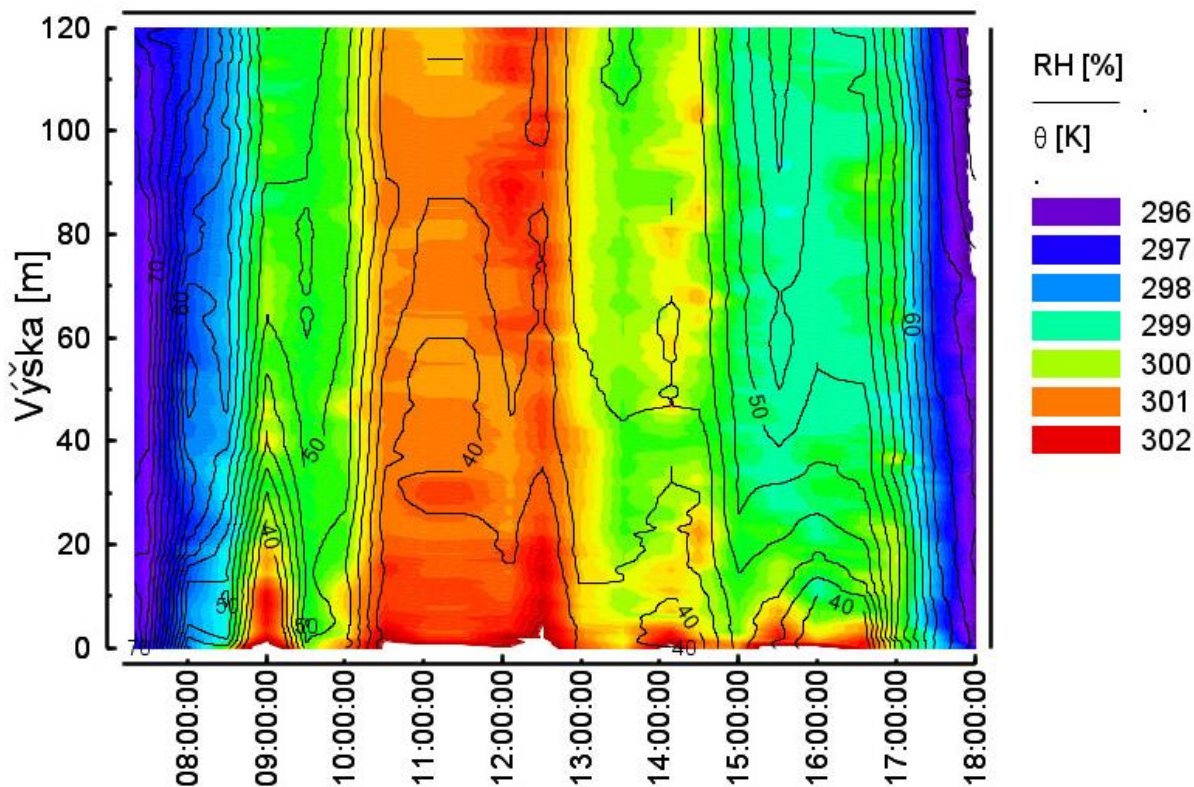
Obrázek 3: Vertikální profil T,  $\theta$  a RH [%], 3:07.2024, 13:03 – 13:10, (nad terénem)

Mezi měřeními jednotlivých profilů byla obratem vypočítána  $\theta$  a zobrazena v grafu pro stanovení aktuálního stabilního stavu atmosféry (Obr. 3).

Pro zobrazení dynamiky vertikálních profilů lze data zobrazit v podobě barevné mapy (heatmap), v které je na ose X čas a na ose Y výška nad terénem a barevná škála Z pak značí potenciální teplotu a konturový graf s popiskami distribuce relativní vlhkosti. Pro takové zobrazení ale musejí být data zpracována tak, aby pro vždy každý celý metr výšky byla odpovídající data. K tomu bylo použito makro, které z naměřených binárních dat přiřazuje pro každý celý metr odpovídající data. Pokud údaje o určitém metru chybí, nahrazují se aritmetickým průměrem ze sousedních výšek.

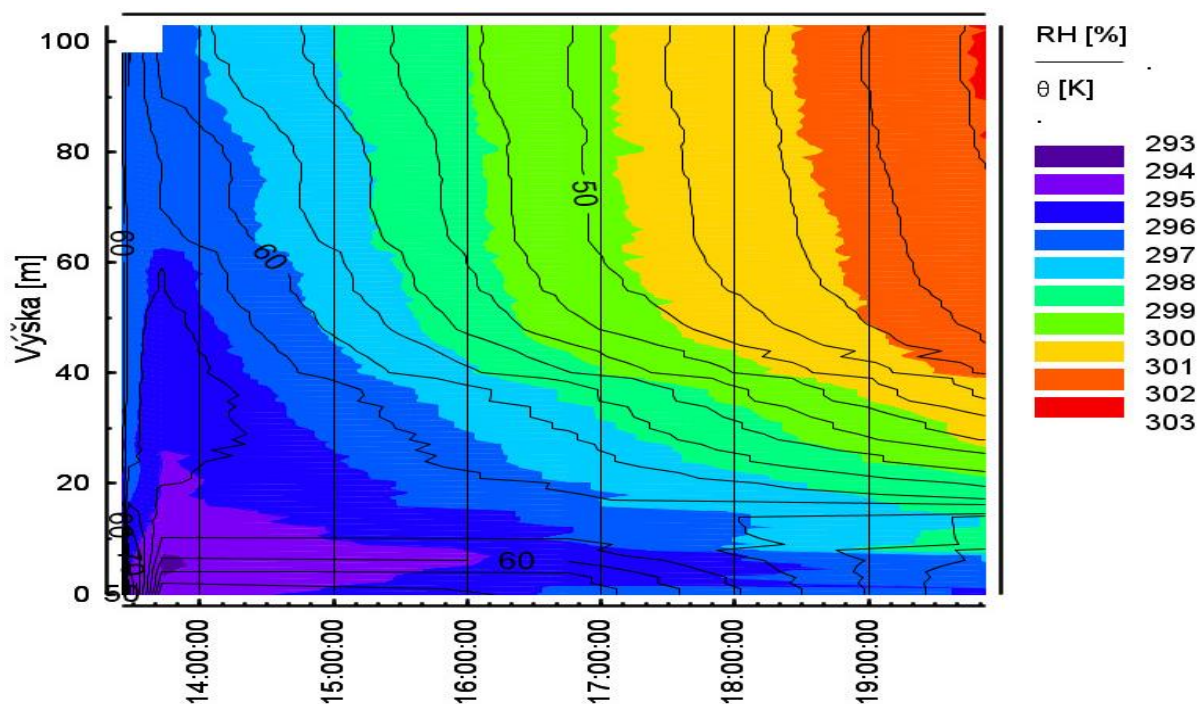
Například denní chod vertikálního profilu potenciální teploty nad loukou v létě ukazuje rovnoměrné prohřívání více méně celého profilu vzduchu od zemského povrchu do 120 m s maximem mezi 10 a 13 hodinou (Obr.4). Nicméně, v čase nejvyššího příkonu slunečního záření mezi 10:30 a 12:30, se v nejnižších 20 metrech prohřívá výrazně více, vzniká nestabilní zvrstvení atmosféry, které je ve výškách od 20 do 120 m blízké indiferentnímu. S blížícím se západem Slunce, od 17:00, dochází postupně k ochlazení vzduchu, zvrstvení atmosféry se postupně stává indiferentní (Obr. 4).





Obrázek 4: Dynamika vertikálního profilu  $\theta$  a RH, 19.6.2024 (nad loukou)

Podstatně odlišnou dynamiku profilu  $\theta$  a RH bylo možné vysledovat nad Baltským mořem (Obr. 5). Výrazná teplotní inverze v cca 100 m vzniká v důsledku studené mořské hladiny, která se prohřívá podstatně pomaleji nežli pevný povrch. Nasouváním teplé a suché vzdušné hmoty nad studenou mořskou hladinu se tato inverzní vrstva výrazně ztenčuje od 100 m v 14:00 na cca 20–40 m v 19:20 (Obr. 5).



Obrázek 5: Dynamika vertikálních profilů  $\theta$  a RH 24.08.2024, nad Baltským mořem

## ZÁVĚR

Byla vypracována metoda měření vertikálních profilů teploty T a relativní vlhkosti RH v přízemní vrstvě atmosféry s vysokým časovým a prostorovým rozlišením s využitím dronu jako mobilní platformy. Metoda byla vypracována pro měření vertikálních profilů T a RH při pohybu dronu vzhůru pro nejnižších 120 m, případně 300 m, mezní vrstvy atmosféry.

V porovnání měření vertikálních profilů T a RH získaných s pomocí upoutaného balónu a dronu lze pro rychlosti větru cca  $<1\text{ms}^{-1}$  konstatovat shodu. Při vyšších rychlostech větru jsou pak jsou měření s upoutaným balonem zatíženy značnou variabilitou T a RH z důvodu nechtěného horizontálního pohybu balonu.

Pomocí dronu lze získávat vertikální profily T a RH s inkrementem 1 metr a s okamžitým zpracováním a vyhodnocením dat do 10 minut. Měření a vyhodnocení bylo možné prakticky provádět každých cca 20–30 minut. Reálně tak lze získat přehled o denním chodu teplotního zvrstvení, a tedy stabilitní situaci, přízemní vrstvy atmosféry nejnižších vrstev 120 respektive 300 metrů.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu grantu GA ČR 22-03426L „Emise do atmosféry z lodní dopravy: Charakterizace, sledování a dopad na kvalitu mořské vody.

## LITERATURA

- Bohren C., Albrecht B., Atmospheric thermodynamics. 2, *Oxford: Oxford University Press.*, ISBN: 0-19-198370-5, (2023)
- Hemingway B. L., Frazier A. E., Elbing B. R., Jacob J. D., Vertical sampling scales for atmospheric boundary layer measurements from small unmanned aircraft systems (sUAS), *Atmosphere* 8, no. 9: 176., (2017)
- Schuyler, T. J.; Guzman, M. I., Unmanned aerial systems for monitoring trace tropospheric gases, *Atmosphere* 8, no. 10:206., (2017)
- Seinfeld, J. H., Atmospheric chemistry and physics, *New York: Wiley.*, ISBN 0-471-82857-2., (1986)
- Wallace, J. M., Hobbs, P. V., Atmospheric science (Second edition), *San Diego: Academic press.*, ISBN: 9780127329512., (2006)

# **DRONE-BASED VERTICAL PROFILING OF BLACK CARBON AEROSOLS AT A RURAL BACKGROUND AND AN URBAN SITE**

Kajal JULAHA<sup>1,2</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>2</sup>, Saliou MBENGUE<sup>3</sup>, David BRUS<sup>4</sup>, Naděžda ZÍKOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Atmospheric Physics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, 18000, Czech Republic.

<sup>2</sup>Institute of Chemical Process Fundamentals of the Czech Academy of Sciences, Prague 16502, Czech Republic.

<sup>3</sup>Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Brno 60300, Czech Republic

<sup>4</sup>Atmospheric Composition Research, Finnish Meteorological Institute, Helsinki 00560, Finland.

Keywords: Equivalent black carbon, vertical distributions, drone, micro-aethalometer AE51, optical particle counter, aethalometer AE33, optical particle sizer

## **INTRODUCTION**

Black carbon (BC) aerosols, one of the substantial contributors to climate change and adverse health effects, are primarily emitted into the atmosphere through incomplete combustion of fossil fuels and biomass (Bond et al., 2013; Ramanathan and Carmichael, 2008). The radiative properties of BC depend on its vertical profile (Samset et al., 2013), and understanding its vertical distribution is crucial for accurately assessing its impact on climate systems. However, current modeling-based studies on BC vertical profiles are limited, highlighting the need for improved measurement techniques. Among all the other methods, drones have recently gained popularity.

This research aims to assess the vertical distribution of BC aerosols using a drone at two distinct sites in the Czech Republic: 1. NAOK (National Atmospheric Observatory Košetice), which represents a regional background location, and 2. FMP (Faculty of Mathematics and Physics in Prague) represents an urban site.

## **EXPERIMENTAL SETUP**

The micro-aethalometer AE51 (AethLabs), providing real-time equivalent BC (eBC) concentration, a meteorology sensor measuring temperature and relative humidity, and an Alphasense Optical Particle Counter (OPC) measuring particle number concentration were attached to the drone. The same setup was used consistently at both sites. Measurements were conducted during the summer and winter at each site, up to 250 m at NAOK and 100 at FMP. The measurement interval was 10 seconds for eBC and 1 second for particle number concentration to cover the high temporal variability of eBC concentrations at the polluted site and cover changes in height during the flight. Two vertical inlets were used for eBC measurements: one 30 cm high without a dryer and the other 20cm high with a silica gel dryer, while no special inlet was used for OPC. The particle loss rate calculated for the setup was  $\leq 9\%$  for the 30cm inlet and  $\leq 1\%$  for the 20cm dryer inlet. Descent flights were not considered due to the downwash effect from the drone's propellers. At NAOK, eBC was measured at the ground (4 m a.g.l.) and on top (230 m a.g.l.) of a 250-meter measurement tower with an AE33 (Magee Scientific), providing a means to validate and calibrate the drone measurements



## RESULTS AND CONCLUSIONS

The eBC mass concentration was overestimated by 22.5 % and 75% by the AE51 compared to the reference devices (AE33) on the ground during summer and winter without the dryer (Fig. 1a). After using the dryer, the concentrations were comparable (under 10% difference, Fig. 1b), highlighting the importance of drying in minimizing the impact of humidity, particularly for eBC measurements.

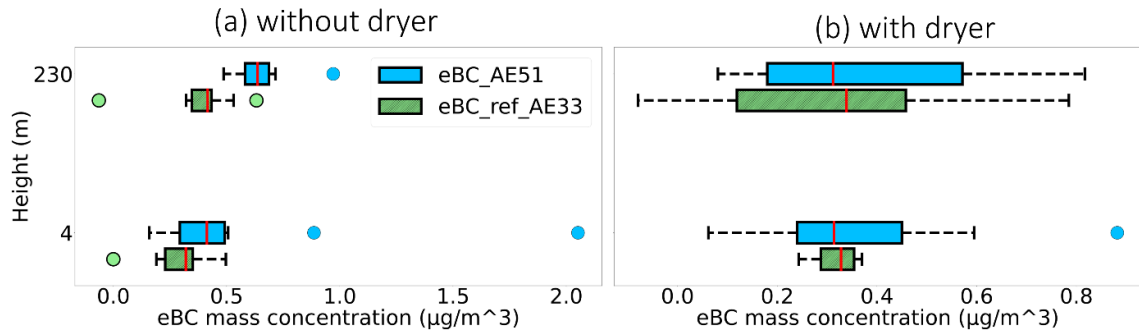


Figure 1. Boxplots of eBC mass concentration from drone vs. reference devices on the tower at NAOK (a) without the dryer and (b) with the dryer.

At the rural site (NAOK), eBC mass concentration and particle number concentration (PNC) decreased with height during both seasons, though the height at which the decrease began was higher in winter than in summer. Vertical mixing effectively distributed BC particles up to the first 50 m in both seasons at rural sites. However, stable atmospheric conditions in winter led to uniform higher concentrations near the surface for both eBC and PNC. The increase in PNC during winter at NAOK was primarily driven by fine particles (PM<sub>1</sub>) associated with combustion sources such as residential heating. Conversely, at the urban site (FMP), both eBC and PNC were more uniform across all altitudes in summer, facilitated by strong emission sources and enhanced vertical mixing driven by the urban heat island effect. eBC mass concentration and PNC in winter decrease with height, reflecting limited vertical mixing due to stable atmospheric conditions. However, PNCs were higher in summer, likely due to increased secondary particle formation driven by elevated NO<sub>2</sub> levels and photochemical reactions. Both the sites exhibited a significant decrease in eBC mass concentration and PNC with increasing humidity during winter, indicating that higher humidity levels contribute to decreasing particulate matter concentrations.

## ACKNOWLEDGEMENT

The work was supported by the research grants GACR 24-10768S, GAUK 98124, and IGA 028001 and by MEYS of the Czech Republic under grant ACTRIS-CZ LM2023030.

## REFERENCES

- Bond, T.C., et al., *Journal of geophysical research: Atmospheres*, 118, 5380–5552 (2013).  
Ramanathan, V. and Carmichael, G., *Nature geoscience*, 1, 221–227 (2008)  
Samset, B. H., et al., *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 2423–2434 (2013).

## POČET A VELIKOSTNÍ DISTRIBUCE KAPIČEK GENEROVANÝCH POHYBEM LODÍ

Mykhailo FEDORENKO<sup>1</sup>, Olena KOZAKOVA<sup>1</sup>, Dominik ŠMOK<sup>1</sup>, Sandra Katharina PIEL<sup>2</sup>,  
Thomas GRÖGER<sup>3</sup>, Jan HOVORKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoř pro studium kvality ovzduší, Ústav pro životní prostředí,  
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Benátská 2, 12801 Praha 2

<sup>2</sup>Joint Mass Spectrometry, Centre of the University of Rostock and Helmholtz Munich,  
University of Rostock, 18059 Rostock, Německo

<sup>3</sup>Helmholtz Zentrum München, Landstraße 1, D-85764 Neuherberg, Německo

kozakovo@natur.cuni.cz

Klíčová slova: mořský aerosol, kapičky, kavitační bubliny

### SUMMARY

Ship diesel engines are significant source of man-made nanoaerosol particles for marine environment. Such combustion-generated nanoparticles are usually significantly enriched with various environmental pollutants, which are delivered by nanoparticles deposition to the sea or transported by the air to seashore. To reveal whether the nanoparticles are being mostly deposited within the ship trails or subject of long-range transport, we measured size and number of microdroplets generated by sailing ships, since the microdroplets can significantly scavenge the nanoparticles. Microdroplets generated by sailing ships were measured by commercial disdrometers positioned at the bow of inflatable boat. Laser Precipitation Monitor – LPM was used for the measurement on the Vltava river in Prague, Meteorological Particle Spectrometer – MPS was used on the Baltic sea. The boat has chased ships downwind, at the distances 18 -200 m from the stern of a ship. Ships usually sailed at the speed about  $4 \text{ ms}^{-1}$ . Droplet size distributions were dominated by  $< 125 \text{ }\mu\text{m}$  droplets on both the localities. But droplet number concentration was detected in the range of  $8,24 \cdot 10^{-4} - 3,1 \text{ cm}^{-3}$  at the sea, while  $4,6 \cdot 10^{-5} - 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-3}$  on the river. Such a significant difference can be attributed to dimension of chased ships and to significantly larger integration time for a LPM (60s) in comparison with a MPS (1s).

### ÚVOD

Lodní dieselové motory jsou významným antropogenním zdrojem aerosolových nanočástic. Plující loď, kromě oblaku spalin, vytváří vodní tříšť a za sebou zanechává zčeřenou a rozrušenou vodní hladinu, tj. lodní stopu. V té je možno pozorovat vzduchové bubliny, které praskají na hladině a tím se vytváří oblak mikrokapiček De Leeuw *a spol.* (2011). Bubliny se do vody dostávají rozrušením hladiny pohybem lodního trupu a kavitací při rotaci lodních vrtulí Brennen (1995). Za lodí tak vzniká oblak mikrokapiček, na které se dieselové nanočástice v raných fázích rozptylu spalin mohou účinně zachytávat i přes to, že oblak má krátkou dobu setrvání z důvodu relativně vysoké sedimentační rychlosti mikrokapiček.

Záměrem této práce bylo změřit velikost a počet mikrokapiček generovaných pohybem lodí.

## METODY MĚŘENÍ

Pro měření počtu a velikostní distribuce kapiček generovaných pohybem lodí byly přizpůsobeny dva typy disdrometrů, které obvykle slouží k měření velikosti a pádové rychlosti hydrometeorů. Laser precipitation monitor – LPM (Thies Clima) a Meteorological particle spectrometer – MPS (Droplet Measurement Technologies) se liší co do velikostního spektra a frekvence měření (Tab.1.).

Tabulka 1. Technické charakteristiky disdrometrů

Parametr	Laser precipitation monitor	Meteorological Particle Spectrometer
Velikost kapiček (efektivní)	0,16 - 8 mm	0,05 – 3 mm
Integrační doba měření	60 s	0,1 – 1 Hz

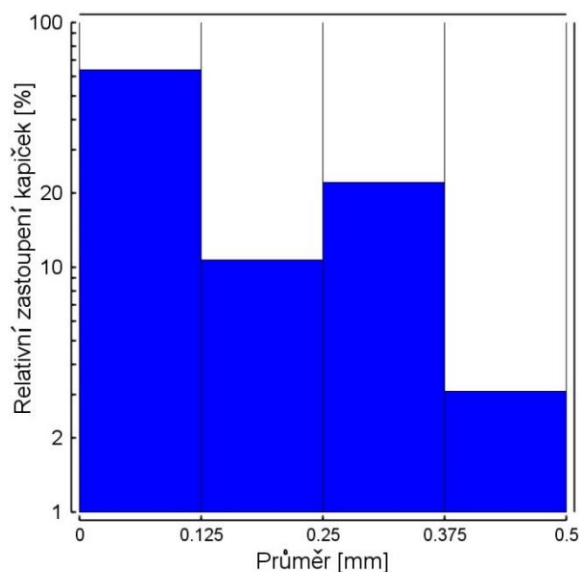
Oba disdrometry byly umístěny na špičce nafukovacího člunu. LPM měl detekční člen ve výšce cca 0.5 m a MPS 1.2 m nad vodní hladinou. LPM byl využit pro měření na Vltavě v Praze, MPS pro měření na Baltském moři. Na Vltavě byl člun poháněn elektrickým a na Baltském moři spalovacím motorem. Vzdálenost člunu od sledované lodi byla měřena laserovým dálkoměrem (Nikon Forestry Pro II). Na obou lokalitách jel člun přímo za lodí a pohyboval se ve vzdálenosti 20-120 m. Maximální rychlost člunu byla obvykle menší než běžná rychlost pohybu lodi, a proto se během měření vzdálenost mezi sledovanou lodí a člunem zvětšovala.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

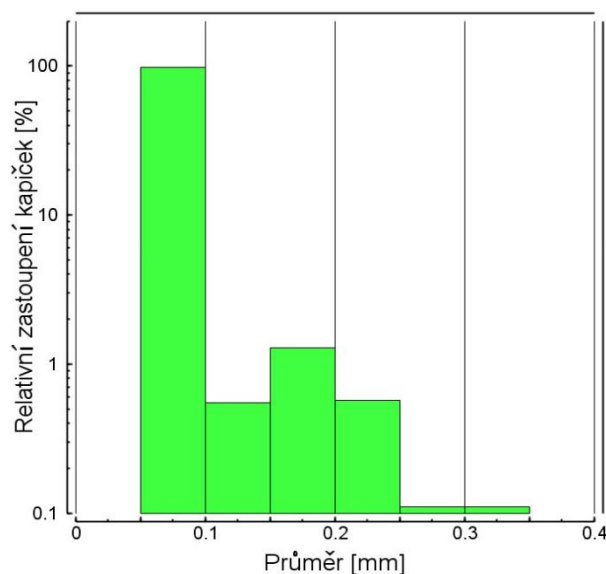
Na Vltavě se měřilo mezi Vyšehradským železničním a Jiráskovým mostem v období 09.06. - 06.09.2024. Ve vzdálenosti mezi lodí a člunem 18–120 m bylo provedeno celkem 54 měření a z nich vyhodnoceno 28 měření. Byly sledovány 4 vyhlídkové lodě o délce 30–50 m a jeden přívoz „Břehouš“, o délce 8,5 m a s dieselového motorem o výkonem 22kW. Průměrná rychlost pohybu lodí byla kolem  $2,8 \text{ ms}^{-1}$  maximální pak  $4,5 \text{ ms}^{-1}$ .

Celkový počet kapiček se pohyboval v rozmezí  $4,6 \cdot 10^{-5}$  -  $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-3}$ . Velikostní distribuce počtu byla bimodální s mody o velikosti kapiček  $<0,125 \text{ mm}$  a  $0.25 - 0.375 \text{ mm}$  (Obr.1).

Na Baltském moři byla sledována loď o délce 140 m a šířce 22 m, výtlaku 11kt a s výkonem dieselového motoru 7.9 MW. Tedy loď byla podstatně větší než vyhlídkové lodě na Vltavě. Její rychlost byla  $4.2 \text{ ms}^{-1}$ . Celkový počet kapiček se byl v rozmezí  $8,24 \cdot 10^{-4}$  –  $3,1 \text{ cm}^{-3}$ , přičemž nejvíce byly zastoupeny kapičky od 50 do 100 mikrometrů (Obr. 2).



Obrázek 1: Relativní velikostní zastoupení kapiček za loděmi na Vltavě



Obrázek 2: Relativní velikostní zastoupení kapiček za lodí v Baltském moři

## ZÁVĚR

Během našeho měření se průměrná velikostní distribuce mikrokapiček na Vltavě od Baltského moři zásadně nelišila přičemž dominovaly kapičky o velikosti do 125  $\mu$ m. Nicméně, počty mikrokapiček na Vltavě byly zásadně nižší nežli na Baltu. Důvodem může být jak velikost sledované lodi, tak příliš dlouhá integrační doba měření LPM disdrometrem, která je 60s a může kolidovat s rychlým časovým průběhem sledovaného jevu.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu grantu GA ČR 22-03426L „Emise do atmosféry z lodní dopravy: Charakterizace, sledování a dopad na kvalitu mořské vody.“

## LITERATURA

De Leeuw, G., Andreas E. L., Anguelova M. D., Fairall C. W., Lewis E. R., O'Dowd C., Schulz M., and Schwartz S. E., Production flux of sea spray aerosol, *Rev. Geophys.*, 49, RG2001, (2011)

Brennen, C., Cavitation and bubble dynamics. *New York: Oxford University Press*, (1995)

**ACTRIS – CAIS-ECAC**  
**CENTRAL FACILITY FOR AEROSOL IN-SITU MEASUREMENTS**  
**QUALITY ASSURANCE FOR NATIONAL FACILITIES**

Alfred WIEDENSOHLER<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Leibniz Institute for Tropospheric Reserach, Leipzig, Germany, [ali@tropos.de](mailto:ali@tropos.de)

<sup>2</sup> World calibration Center for Aerosol Physics, Leipzig, Germany, [ali@tropos.de](mailto:ali@tropos.de)

<sup>3</sup> ACTRIS Center for Aerosol In-Situ Measurements, Leipzig, Germany, [ali@tropos.de](mailto:ali@tropos.de)

Keywords: ACTRIS, CAIS-ECAC, Quality Assurance, Calibration, Round-Robin-Tests

INTRODUCTION

ACTRIS - The Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure - is a pan-European Research Infrastructure Consortium (ERIC). The goal is to produce high-quality data on short-lived atmospheric constituents. ACTRIS looks at processes leading to the variability of these constituents in natural and controlled atmospheres. The ACTRIS community involves more than 100 research organizations. ACTRIS ERIC was officially established by the European Commission in April 2023.

ACTRIS-ERIC consists of 8 Central Facilities; Head Office, Data Center, and six Topical centers dedicated to the sic components of ACTRIS: aerosol, trace gases, and clouds, all for in-situ and remote measurements (Figure 1). The Topical Centers are responsible for the quality assurance of the National Facilities, which can be observatories or exploratory platforms such as chambers or mobile platforms.

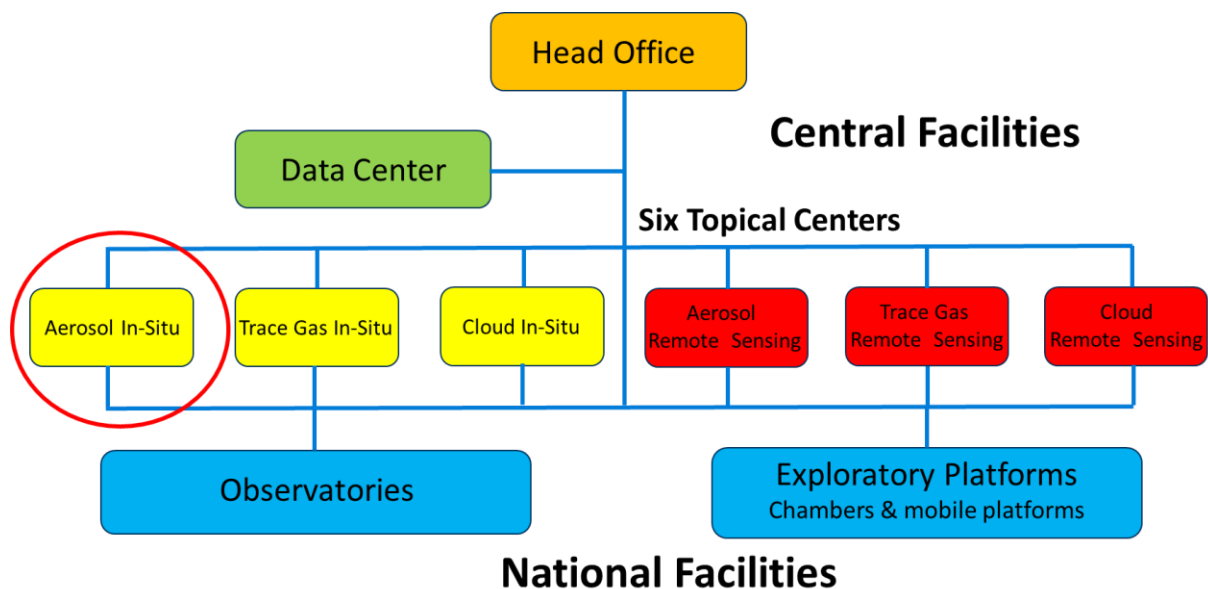


Figure 1: Organigram of ACTRIS-ERIC

## ACTRIS TOPICAL CENTER - CAIS-ECAC

In this presentation, the quality assurance for the aerosol in-situ component is described. The Topical Center CAIS-ECAC – Center for Aerosol In-Situ Measurements – European Center for Aerosol Calibration & Characterization. This CAIS-ECAC consortium consists of seven laboratories, which are responsible for in total 12 advanced aerosol in-situ variables (Figure 2).

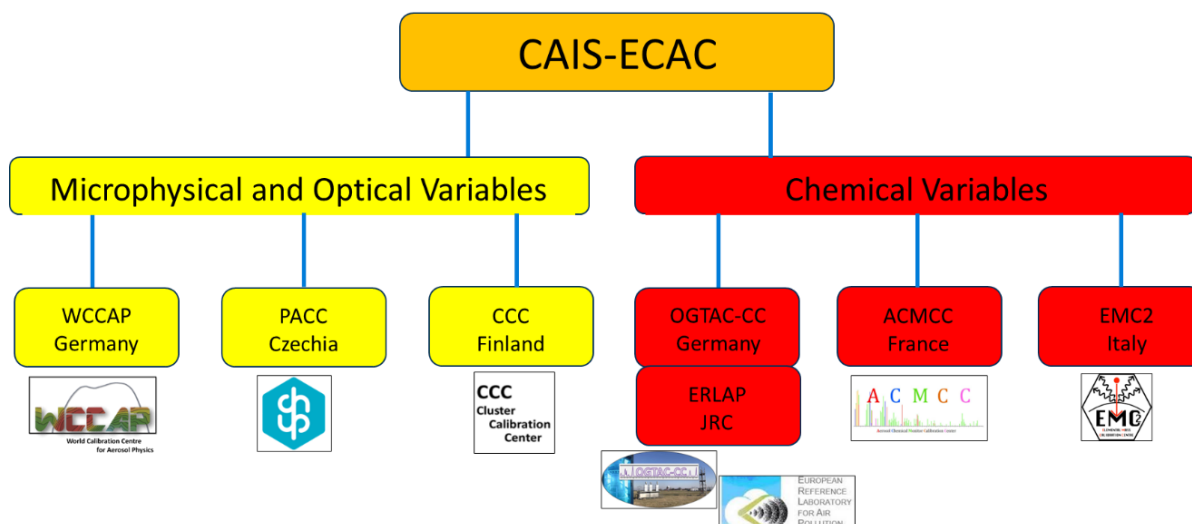


Figure 2: Organigram of the ACTRIS Topical Center CAIS-ECAC

The goals of CAIS ECAC are following:

- CAIS-ECAC developed standard procedures for 12 advanced aerosol in-situ measurements variables.
- CAIS-ECAC standard procedures are based on ISO & CEN standards, scientific publications, and the WMO-GAW guidelines.
- CAIS-ECAC provides performance test for instruments of different manufacturers to confirm the ACTRIS compliance for high quality measurements.
- CAIS-ECAC provides traceable instrument calibrations against reference instruments & certified standards.
- All ACTRIS aerosol in-situ instruments are calibrated at the central facilities bi-annually.

The 12 advanced aerosol in-situ variables are following:

Microphysical:

**Particle Number Concentration > 10nm**

Nano Particle Number Concentration < 10nm

**Particle Number Size Distribution 10-800nm (mobility diameter)**

Nano Particle Number Size Distribution < 10nm

Particle Number Size Distribution > 800nm (aerodynamic diameter)

Cloud Condensation Nuclei Number Concentration

Optical:

**Multi-Wavelength Particle Light Scattering and Backscattering Coefficient**

**Particle Light Absorption Coefficient**

Chemical:

- Mass Concentration of Non-Refractive Particulate Organics and Inorganics
- Mass Concentration of Organic Tracers
- Mass Concentration of Organic and Elemental Carbon
- Mass Concentration of Particulate Elements

The variables in bold are obligatory for observatories, a fifth variable can be chosen according to the research program of the individual observatory. In total more than 60 observatories have an aerosol in-situ program and about 20 more exploratory platforms as well.

The presentation focuses on the quality assurance of the 12 variables by the seven different laboratories as shown in Figure 2.

# CURRENT-USE AND LEGACY PESTICIDES IN THE ATMOSPHERE: TEMPORAL TRENDS IN A CENTRAL EUROPEAN RURAL ENVIRONMENT

Ludovic Mayer<sup>1\*</sup>, Lisa Melymuk<sup>1</sup>, Pourya Shahpoury<sup>2</sup>, Adela Holubová Šmejkalová<sup>3</sup>, Petra Příbylová<sup>1</sup>, Petr Šenk<sup>1</sup>, Jakub Martiník<sup>1</sup>, Petr Kukučka<sup>1</sup>, Jakub Vinkler<sup>1</sup> and Gerhard Lammel<sup>1, 4</sup>

<sup>1</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic.

<sup>2</sup> Environmental and Life Sciences, Trent University, Peterborough, Canada

<sup>3</sup> Air Quality Department, Czech Hydrometeorological Institute, Košetice Observatory, Czech Republic.

<sup>4</sup> Multiphase Chemistry Department, Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany.

\*[ludovic.mayer@recetox.muni.cz](mailto:ludovic.mayer@recetox.muni.cz)

Keywords: Atmospheric aerosols, Pesticides, organic contaminants, seasonal variation, long-term trend, atmospheric concentration

## INTRODUCTION

Organochlorine pesticides (OCPs) were widely used since the 1940s for agriculture and disease control, but due to their environmental and health risks, they were restricted in most countries (UNEP, 2001). Current-use pesticides (CUPs) have since replaced them and are extensively applied globally (FAOSTAT, 2024). Both OCPs and CUPs enter the atmosphere during application and through volatilization and re-volatilization following atmospheric deposition (van den Berg et al., 1999), making time trends crucial for understanding their sources.

While OCPs have been monitored extensively at continental and remote sites (Hung et al., 2005; Hites and Venier, 2023), time-series data on CUPs remain limited (Wang et al., 2021; Debler et al., 2024). In this study, biweekly samples were collected at a rural site in Central Europe and analysed for OCPs (2013-2022) and CUPs (2019-2021).

## EXPERIMENTAL SETUP

Air samples were collected biweekly at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK), Czech Republic, from 2013 to 2022 for OCPs and 2019 to 2021 for CUPs using a high-volume air sampler with a PM<sub>10</sub> pre-separator. Sampling volumes averaged  $5277 \pm 379 \text{ m}^3$  for OCPs and  $3124 \pm 491 \text{ m}^3$  for CUPs. Particles were collected on quartz fibre filters, and gases on polyurethane foam (PUF) plugs for OCPs and a PUF/XAD2/PUF sandwich sorbent for CUPs. In total, 252 samples were analyzed for 30 OCPs/metabolites and 107 for 48 CUPs. Samples were spiked with isotopically-labeled standards, extracted an automated Soxhlet extractor, and cleaned using filtration for CUPs and column chromatography for OCPs, cleaned, and analyzed by HPLC-MS/MS and GC-MS.

## RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Of the 48 targeted CUPs, 32 were detected in at least one sample, with 11 CUPs—including pendimethalin—observed in over 80% of samples. CUP concentrations ranged



from 40 fg m<sup>3</sup> (2,4-D) to 5 ng m<sup>3</sup> (s-metolachlor). All targeted OCPs, except endrin aldehyde, were detected, with six OCPs present in every sample from 2013 to 2022, highlighting their persistence.

Observed atmospheric levels were directly compared with national and regional agricultural practices. Seasonal patterns and long-term trends showed that many CUP levels reflected their national usage patterns, highlighting the rapid effect of regulation, e.g., for chlorpyrifos and fenpropimorph, while OCP trends showed the significant decrease in atmospheric level for most of them, as well as the dominance of secondary sources and long-range atmospheric transport.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Large Research Infrastructures RECETOX (LM2023069) and ACTRIS CZ (LM2023030) financed by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports, and the OP RDE (CETOEN EXCELLENCE) for supportive background.

#### REFERENCES

- Debler, F., Abrantes, N., Harkes, P., Campos, I., Gandrass, J. Occurrence and distribution of pesticides and transformation products in ambient air in two European agricultural areas. *Sci. Total Environ.*, 940, 173705, (2024).
- FAOSTAT. Pesticides use. UN Food and Agricultural Organisation, Rome. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP> [visited 21/03/2024]. (2024)
- Hites, R. A., Venier, M. Good news: Some insecticides have been virtually eliminated in air near the Great Lakes. *Environ. Sci. Technol.*, 57, 2199–2204, (2023).
- Hung, H., Blanchard, P., Halsall, C. J., Bidleman, T. F., Stern, G. A., Fellin, P., Muir, D. C. G., Barrie, L. A., Jantunen, L. M., Helm, P. A., Ma, J., Konoplev, A. Temporal and spatial variabilities of atmospheric polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine (OC) pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Canadian Arctic: Results from a decade of monitoring. *Sci. Total Environ.*, 342, 119–144, (2005).
- UNEP. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs), UN Environment Programme, Geneva. URL <http://chm.pops.int/tabid/208/Default.aspx> (2001)
- van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W. G., Majewski, M. S., Yates, S. R., Reeves, G. L., Smelt, J. H., van der Linden, A. M. A. Emission of pesticides into the air. *Water Air Soil Pollut.*, 115, 195–218, (1999).
- Wang, S., Salamova, A., Venier, M. Occurrence, spatial, and seasonal variations, and gas-particle partitioning of atmospheric current-use pesticides (CUPs) in the Great Lakes Basin. *Environ. Sci. Technol.*, 55, 3539–3548, (2021).

# IMISNÍ KONCENTRACE PŘÍZEMNÍHO OZONU V CENTRU PRAHY

Michal SANETRŇK<sup>1,2</sup>, Iva HŮNOVÁ<sup>1,2</sup>, Jan HOVORKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav pro životní prostředí, Univerzita Karlova, Praha, Česká Republika,  
sanetrnm@natur.cuni.cz

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká Republika

Klíčová slova: Přízemní ozon, Atmosférický aerosol, Automobilová doprava

## SUMMARY

Ground-level ozone ( $O_3$ ) causes significant adverse health effects leading to premature mortality and morbidity, damage to buildings and materials, crops, and harm to animals leading to economic losses adding up to billions of USD annually. Unlike in case of the most other pollutants in the Czech Republic,  $O_3$  concentrations have not been sufficiently decreasing, though concentrations of its precursors (VOC and  $NO_x$ ) have decreased substantially over the past years. This study aims to explain how numerous factors – such as heavy traffic, meteorological factors, daily course and seasonality, and aerosol concentration and size distribution influence ambient  $O_3$  concentrations.

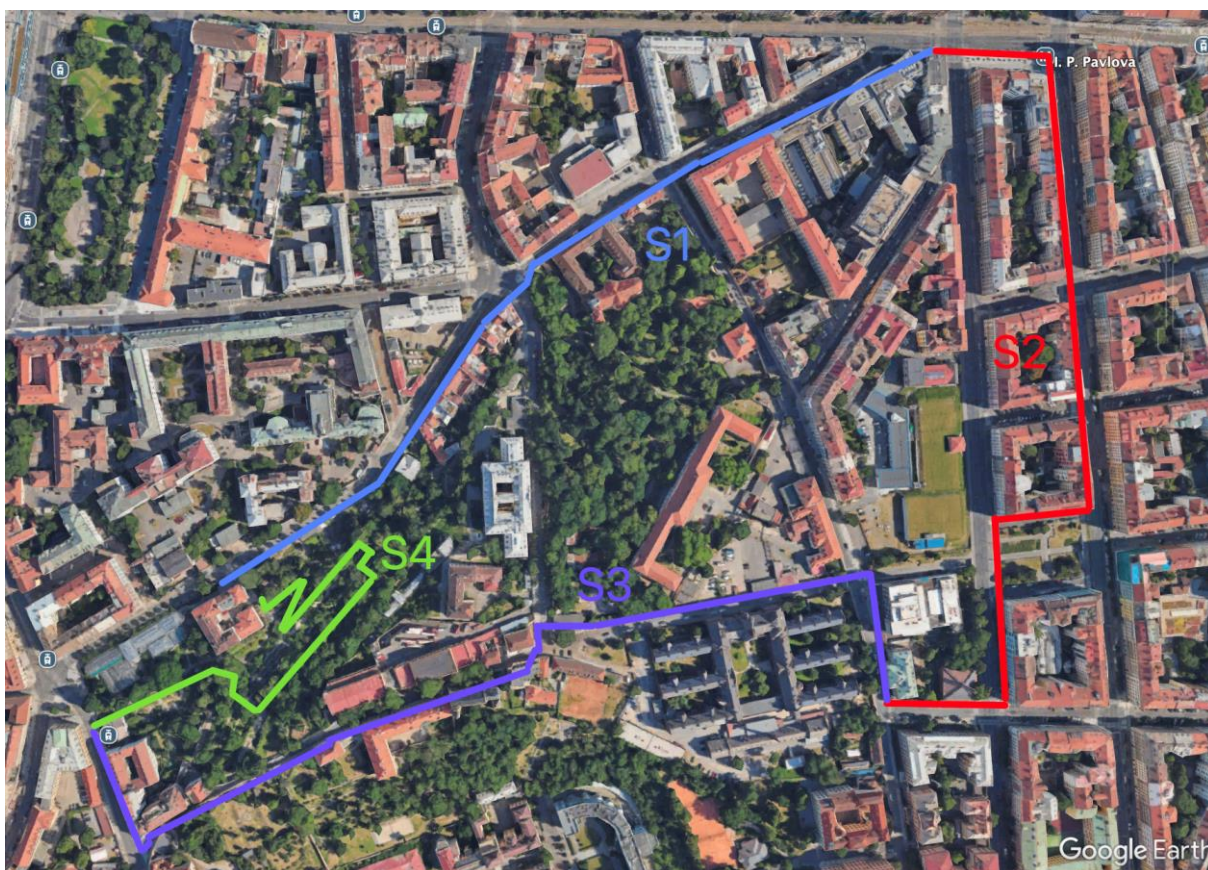
## ÚVOD

Imisní koncentrace přízemního ozonu ( $O_3$ ) v České republice (ČR) na rozdíl od většiny ostatních znečišťujících látek stagnují, a to i přestože v posledních letech dochází k účinnému snižování emisí i imisních koncentrací jeho prekurzorů, tedy volatilních organických látek (VOC) a oxidů dusíku ( $NO_x$ ) (ČHMÚ, 2024).  $O_3$  významně přispívá k počtu předčasných úmrtí vlivem znečištěného ovzduší (Juginović et al., 2021), které podle Evropské environmentální agentury (EEA, 2022) stále představuje hlavní environmentální riziko pro zdraví populace.  $O_3$  je rovněž velmi účinným skleníkovým plynem a přispívá tak ke globální klimatické změně (Shindell et al., 2006). Jeho konkrétní podíl je však zejména kvůli jeho krátké době setrvání v atmosféře nejasný.  $O_3$  svými oxidačními účinky poškozují materiály, stavby, sochy, a způsobuje tak škody na kulturním dědictví (Brimblecombe and Grossi, 2010). Síť stanic měřící imisní koncentrace  $O_3$  v ČR, ale i jinde na světě však není dostatečná k tomu, aby objasnila průběh koncentrací  $O_3$  a jeho vzájemného vztahu s ostatními znečišťujícími látkami, zejména pak v mikroměřítku a jednotlivých městských lokalitách. Většina odborných prací na toto téma neprovádí exaktní měření, a využívá pouze modelování, které může být od skutečného stavu a expozice obyvatel značně odlišné. Neexistuje také mnoho studií zabývajících se imisními koncentracemi  $O_3$  na dopravně zatížených lokalitách (Wichmann et al., 2005), nebo studií věnujících se vztahu mezi  $O_3$  a aerosolem. Tento příspěvek předkládá předběžné výsledky diplomové práce zaměřující se na objasnění vlivu dopravy, meteorologických podmínek, denní doby, ročního období, koncentrací a velikostní distribuce částic na imisní koncentrace  $O_3$ .

## METODY MĚŘENÍ

Hodnocena byla vlastní naměřená data koncentrací  $O_3$  z přístroje POM (personal ozone monitor), koncentrace  $CO_2$  z přístroje COMET-U3430, koncentrace ultra jemných

částic ( $<1\mu\text{m}$ ) z přístroje P-TRAK Ultrafine particle counter 8525. a koncentrace částic od 0.3 do 10  $\mu\text{m}$  přístrojem OPS 3330 (optical particle sizer). Kromě vlastních dat byla vyhodnocena také meteorologická data a data intenzity dopravy z automatizované měřicí stanice AIM ČHMÚ v Legerově ulici v Praze. Sběr dat probíhá od 20.1.2024 a měření bude pokračovat do 30.12.2024 každý třetí kalendářní týden vždy ve středu a v sobotu, třikrát denně (9:00, 13:00, 17:00 hod) na trase v centru Prahy. Trasa byla rozdělena do čtyř na sebe navazujících úseků podle rozdílného charakteru lokalit (Obr. 1). První úsek (S1) vede z ulice Benátská na roh ulice Ječná a Sokolská. Tento úsek se vyznačuje středně intenzivní dopravou a značným převýšením. Druhý úsek (S2) vede na roh ulic Sokolské a Ke Karlovu. Tento úsek je charakterizován jako jedna z nejvíce znečištěných lokalit  $\text{NO}_x$  v ČR v důsledku velmi intenzivní silniční dopravy. Třetí úsek (S3) vede přes ulice Kateřínská a Vyšehradská, a na rozdíl od předchozích dvou úseků je dopravou zatížen minimálně. Poslední, čtvrtý úsek (S4) vede Botanickou zahradou Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Tento úsek slouží jako pozad'ová lokalita trasy, protože je obehnaný vysokou zdí a zarostlý hustou vegetací.



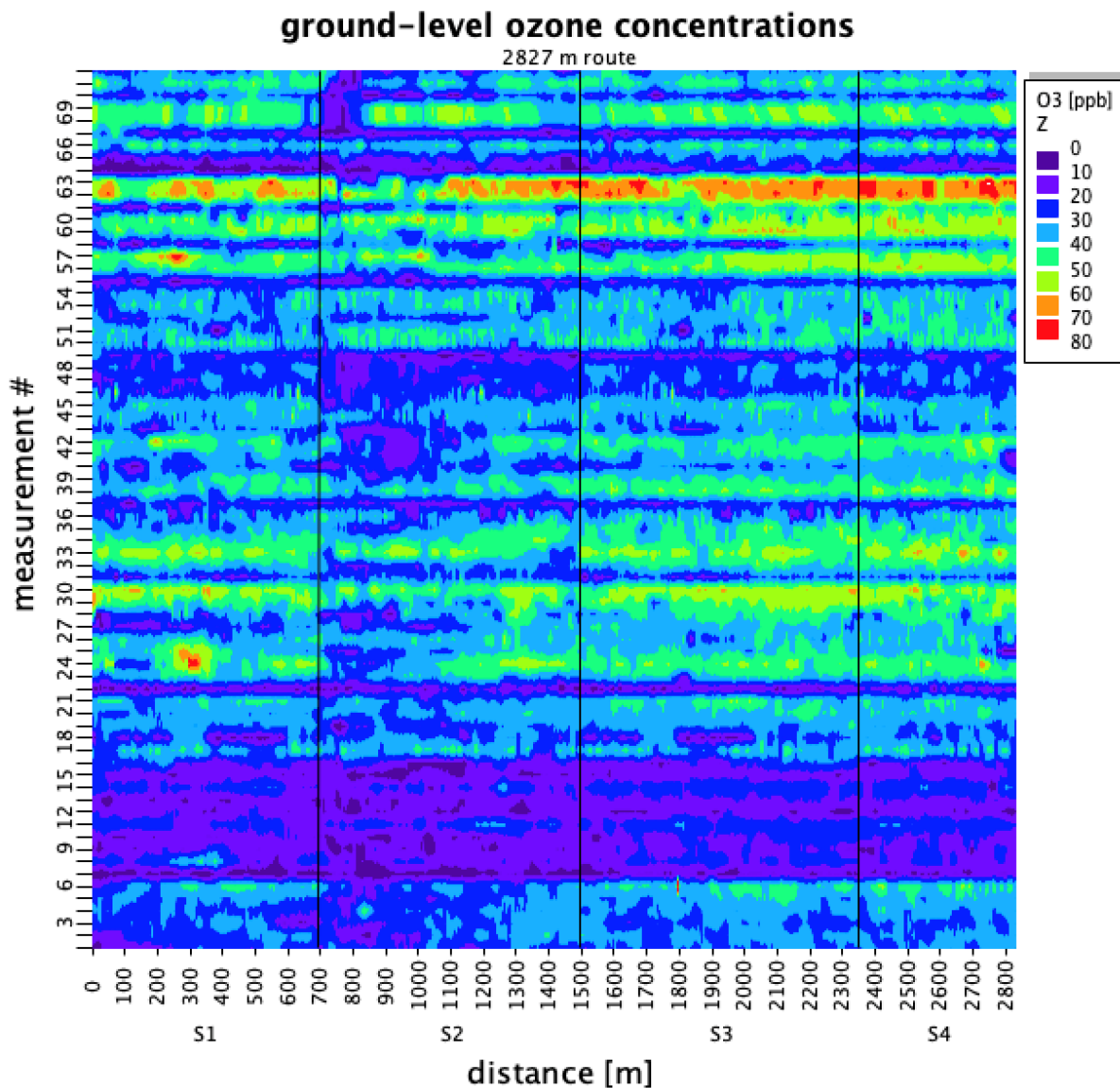
Obr. 1. Trasa měření dlouhá 2827 metrů, rozdělená do čtyř sektorů (S1, S2, S3 a S4), zdroj: Google Earth.

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Protože bude tato diplomová práce obhajována až na jaře roku 2025, výsledky prezentované v tomto příspěvku jsou pouze předběžné. Dosud naměřená data jsou prezentována v grafu znázorňujícím koncentrace  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$  a ultra jemných částic v závislosti na čase a místě (Obr. 2). Nejvyšší maximální koncentrace  $\text{O}_3$  (98 ppb) byla



naměřena v sektoru S3. Průměrná koncentrace O<sub>3</sub> v sektoru S2 vyznačujícím se intenzivní automobilovou dopravou, byla ze všech sektorů nejnižší (22 ppb). Maximálních koncentrací O<sub>3</sub> bylo na všech sektorech (S1, S2, S3 a S4) dosaženo v odpoledních hodinách (17:00). Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny vždy v ranních hodinách (9:00). Koncentrace O<sub>3</sub> se dále významně lišily v závislosti na teplotě.



Obr. 2: Koncentrace O<sub>3</sub> naměřené v centru Prahy, rozdělené do čtyř sektorů od 21.1 do 25.9.2024 každý třetí kalendářní týden vždy ve středu a v sobotu, v 9:00, 13:00 a v 17:00 hod.

#### LITERATURA

Brimblecombe, P., Grossi, C.M., Potential Damage to Modern Building Materials from 21st Century Air Pollution. *Sci. World J.* 10, 116–125, (2010)

EEA, Health impacts of air pollution in Europe, 2022. European Environment Agency. Dostupné na: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>, (2022).

- Juginović, A., Vuković, M., Aranza, I., Biloš, V., 2021. Health impacts of air pollution exposure from 1990 to 2019 in 43 European countries. *Sci. Rep.* 11, 22516, (2021).
- ČHMÚ, Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2023. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné na: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html), (2024).
- Shindell, D., Faluvegi, G., Lacis, A., Hansen, J., Ruedy, R., Aguilar, E., Role of tropospheric ozone increases in 20th-century climate change. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 111(D8), (2006).
- Wichmann, J., Janssen, N. a. H., van der Zee, S., Brunekreef, B., Traffic-related differences in indoor and personal absorption coefficient measurements in Amsterdam, the Netherlands. *Atmos. Environ.*, 39(38), 7384–7392, (2005).

# AN INNOVATIVE APPROACH TO MEASURE AEROSOL HYGROSCOPICITY USING SINGLE NEPHELOMETER SET-UP SYSTEM

Lenka SUCHÁNKOVÁ<sup>1,2,3</sup>, Jakub ONDRÁČEK<sup>1</sup>, Petr ROZTOČIL<sup>1</sup>, Roman PROKEŠ<sup>2,3</sup>, Ivan HOLOUBEK<sup>2,3</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Chemical Process Fundamentals, AS CR, Prague, Czech Republic, [suchankova@icpf.cas.cz](mailto:suchankova@icpf.cas.cz)

<sup>2</sup> Global Change Research Institute, AS CR, Brno, Czech Republic

<sup>3</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

Keywords: Scattering enhancement, Aerosol optical properties, Relative humidity, Integrating Nephelometer, Aerosol climate effects, Background urban site

## INTRODUCTION

Hygroscopicity can be defined as the ability of aerosol particles to take up water molecules from the surrounding environment. This property affects the size, refractive index, chemical composition, and optical properties of the particles, as well as the formation and properties of clouds. The dependence of certain types of particles on relative humidity (RH) represents a critical factor in estimating the uncertainty of the direct and indirect effects of aerosols on the climate (Burgos et al., 2019; Titos et al., 2021).

One of the conventional methods for measuring aerosol hygroscopicity of aerosols is the observation of changes in light scattering properties with RH using an integrating nephelometer (IN). It is common practice to utilize a setup comprising one IN at dry and another at humidified conditions in parallel or in series (Titos et al., 2016). The outcome of such a measurement is the enhancement factor  $f(\text{RH})$ , defined as the ratio of the scattering coefficient  $\sigma_{\text{sp}}$  under humidified (>80%) and under dry conditions (<40%). However, the use of multiple instruments in such setups may lead to over- or underestimation of the  $f(\text{RH})$ . Furthermore, there is a lack of information about aerosol hygroscopic properties at European urban sites.

## EXPERIMENTAL SETUP

A new experimental setup developed at Suchdol ACTRIS site (Czech Republic) consisted of only one IN. Aerosol particles passed through a PM<sub>10</sub> head, were dried subsequently by a nafion membrane and split into two lines. One sampling line carried solely the dried sample whereas another one carried the sample to the second nafion membrane where counter-flow mass transfer between humidified particle-free air and the aerosol sample takes place. Both dry and wet samples were transported alternatively to the TSI 3563 IN through automated four-way switching valve every 60 min.  $f(\text{RH})$  were measured both for total  $f(\text{RH})_{\text{sc}}$  and backscattering  $f(\text{RH})_{\text{bsc}}$  coefficient  $\sigma_{\text{bsp}}$  at 450, 550 and 700 nm with 3h time resolution (Fig. 1). The real RH of the sample was calculated based on dew points from T/RH sensors installed before and after IN. This setup was installed at ACTRIS background urban site (50°07'N, 14°23'E) from November 2022 to August 2023. Data availability was 70%.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

The medians of the  $f(\text{RH})_{\text{sc}}$  and  $f(\text{RH})_{\text{bsc}}$  at 550 nm were 1.32 and 1.13, respectively. Both variables exhibited their highest values in the spring, which may be attributed to photooxidative activity of the atmosphere coupled with an elevated concentration of SVOCs released from the surrounded flora (Fig. 1B). The single scattering albedo (SSA), calculated from humidified  $\sigma_{\text{sp}}$ , exhibited an increase of 11.20% compared to the dry  $\sigma_{\text{sp}}$  with the highest increase observed in the spring. The spectral analysis of  $f(\text{RH})_{\text{sc}}$  demonstrated a predominant increase with wavelength, although there were also periods of decrease, indicating the presence of dust in the aerosol sample.

The relationship between the scattering Ångström exponent (SAE) and the absorption Ångström exponent (AAE) was employed to estimate the chemical composition of the sample in the absence of direct measurement techniques (Cappa et al., 2016). The substantial influence of black and brown carbon, as well as their mixture with dust at the site corresponds to a relatively small hygroscopic growth of particles, typical for urban environments. There was a positive correlation between the  $f(\text{RH})$  and the concentration of freshly emitted organic carbon particles. The high fraction of  $f(\text{RH})_{\text{bsc}}$  in  $f(\text{RH})_{\text{sc}}$  highlights the importance of further investigation of  $f(\text{RH})_{\text{bsc}}$  for the knowledge about aerosol radiative effects.

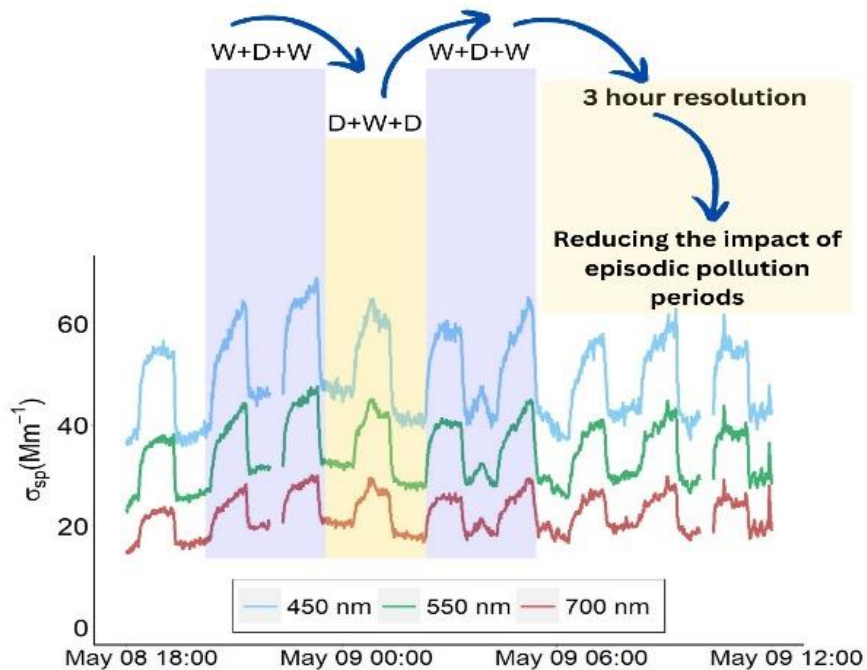


Fig.

2:  
Calculation of the enhancement factors from 3 hours using “wet-dry-wet” and “dry-wet-dry” method.

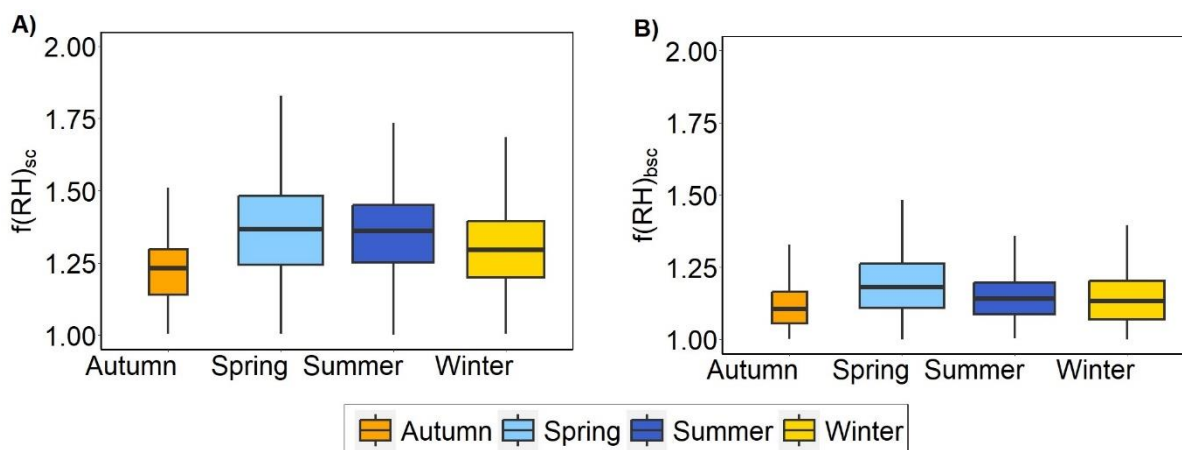


Fig. 2:) Seasonal variation of the A)  $f(\text{RH})_{\text{sc}}$  and B)  $f(\text{RH})_{\text{bsc}}$  at 550 nm.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under grant ACTRIS-CZ (LM2023030) and CzeCOS LM2023048.

#### REFERENCES

- Burgos, M.A., Andrews, E., Titos, G., et al., A global view on the effect of water uptake on aerosol particle light scattering, *Sci. Data*, 6, 1–19, (2019).
- Cappa, C.D., Kolesar, K.R., Zhang, X., et al., Understanding the optical properties of ambient sub-and supermicron particulate matter: Results from the CARES 2010 field study in northern California, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 6511–6535, (2016).
- Titos, G., Cazorla, A., Zieger, P., et al., Effect of hygroscopic growth on the aerosol light-scattering coefficient: A review of measurements, techniques and error sources, *Atmos. Environ.*, 141, 494–507, (2016).



## MĚŘENÍ VZNIKU NOVÝCH ČÁSTIC V ATMOSFÉŘE

Anna ŠPALOVÁ<sup>1,2</sup>, Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ<sup>3</sup>, Petr ROZTOČIL<sup>1</sup>, Jakub ONDRÁČEK<sup>1</sup>, Jiří KOVÁŘÍK<sup>1,2</sup>, Naděžda ZÍKOVÁ<sup>1,2</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav chemických procesů, AV ČR, Praha, Česká republika, spalova@icpf.cas.cz

<sup>2</sup>Ústav pro životní prostředí, PřF UK, Praha, Česká republika

<sup>3</sup>Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Klíčová slova: tvorba nových částic, vertikální profil, klastry, nabitě částice

### SUMMARY

This study focuses on examining the formation of new particles (New Particle Formation, NPF) and their growth into larger sizes. The effects of environmental conditions on NPF events will also be examined. Data collection will take place at the National Atmospheric Observatory Košetice, a rural background site.

At ground level, a Neutral and Air Ion Spectrometer (NAIS) will be deployed to measure both neutral and charged clusters or particles in size from 0.8 to 40 nm. A Particle Size Magnifier (PSM) will also be used, capable of detecting neutral clusters ranging from 1 nm to 12 nm. For larger particles (10-800 nm), a Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) will be employed.

At a height of 230 meters above ground, another NAIS and SMPS will be used, along with a nanoSMPS to measure particles as small as 1 nm.

This set of instruments enables continuous measurement of particle size distribution, from the smallest stable clusters to those up to 800 nm. It also allows for comparison between measurements taken at ground level and those at 230 meters. Due to the deployment of NAIS, we will, for the first time, gain insights into the charge of the forming particles.

### ÚVOD

Aerosolové částice jsou významnou a všudypřítomnou složkou zemské atmosféry, kam se dostávají buď přímými emisemi ze zdrojů, nebo vznikají z plynných prekurzorů. Molekuly plynů vytvářejí shluky, takzvané klastry, které mohou narůstat do větších velikostí, a nakonec tvořit nové aerosolové částice. Koncentrace těchto klastrů se během dne mění. Klastry začínají vznikat ráno, poté buď dále rostou, nebo mizí. Pokud dojde k dalšímu růstu částic, nazýváme tento jev NPF událost (New particle formation – tvorba nových částic).

Procesy, které řídí tvorbu nových částic, dosud nejsou plně objasněny. Tvorba nových částic závisí na podmínkách prostředí, jako jsou například meteorologické podmínky (srážky, směr a rychlost větru a původ vzdušných hmot) nebo výška a stav mezní vrstvy atmosféry (Holubová Šmejkalová, A., 2021)

### METODY MĚŘENÍ

Měření bude probíhat na NAOK (Národní atmosférické observatoři Košetice), kde je k dispozici 250 m vysoký stožár. Na NAOK budou v provozu přístroje schopné měřit různé velikostní rozsahy částic. Jedná se o přístroje NAIS (Neutral and Air Ion Spectrometer),

PSM (Particle Size Magnifier), SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) a nanoSMPS (nano-Scanning Mobility Particle Sizer). Jejich seznam, rozsah a umístění (zemský povrch či vrchol stožáru) obsahuje Tab. 1.

Tab. 1: Seznam přístrojů, jejich velikostní rozsah a umístění

<b>Úroveň zemského povrchu</b>	<b>Přístroj</b>	<b>Rozsah přístroje</b>	<b>Typ měřených částic</b>
	PSM	1–12 nm	Neutrální klastry
	NAIS	0,8–40 nm	Nabité i nenabité částice
	SMPS	10–800 nm	Neutrální částice
<b>Stožár, ve výšce 230 m nad zemským povrchem</b>	<b>Přístroj</b>	<b>Rozsah přístroje</b>	<b>Typ měřených částic</b>
	nanoSMPS	od 1,2 nm	Neutrální klastry
	NAIS	0,8–40 nm	Nabité i nenabité částice
	SMPS	10–800 nm	Neutrální částice

Bude hledána metoda, jak dát ze získaných dat dohromady souvislé PNSD (Particle number size distribution - početní rozdělení velikosti částic). Výška mezní vrstvy atmosféry bude měřena pomocí Ceilometru. Vliv dálkového transportu bude zjišťován pomocí analýzy zpětných trajektorií vygenerovaných programem HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) (Draxler, R.R., Rolph, G., 2013). Údaje o srážkách a rychlosti a směru větru budou získány z ČHMÚ.

#### PŘEDPOKLÁDANÉ ZÁVĚRY

V dosavadních studiích byla v provozu pouze část z uvedených přístrojů, které nedokázaly měřit oblast od 2,5 do 10 nm. Tato oblast je přitom pro objasnění tvorby nových částic poměrně zásadní. Cílem této práce je pokrýt tuto prázdnou oblast a získat souvislé PNSD. Bude zjišťována závislost tvorby nových částic v atmosféře na podmínkách prostředí a budou také porovnávána data získaná na úrovni zemského povrchu s daty získanými ve výšce 230 m. Díky NAIS bude možné získat představu o náboji vznikajících klastrů a o možném vlivu náboje těchto klastrů na tvorbu nových částic v atmosféře.

#### PODĚKOVÁNÍ

Práce vzniká za podpory projektu financovaného MŠMT z prostředků účelové podpory velkých výzkumných infrastruktur (ACTRIS-CZ: LM2023030) a GAČR grant 24-10768S.

#### LITERATURA

Holubová Šmejkalová, A. Tvorba a transformace atmosférického aerosolu v mezní vrstvě. Dizertační práce, vedoucí Ždímal, Vladimír. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, 2021.

Draxler, R.R., Rolph, G. (2013). HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) [WWW Document]. NOAA Air Resour. Lab. Coll. Park. MD, (NOAA Air Resour. Lab. Coll. Park. MD.). URL <http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>.

## KVALITA OVZDUŠÍ V ZÓNĚ JIHOVÝCHOD

Radek Vít, Roman Ličbinský, Vilma Jandová, Jiří Huzlík, Martina Bucková,  
Karel Effenberger

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i, Brno, Česká republika, radek.vit@cdv.cz

Klíčová slova: PAU, BaP, PM10, kvalita ovzduší, identifikace zdrojů

### SUMMARY

The aim of this contribution is to present partial results from the detailed analysis of measured data obtained during the implementation of the PAUPZKO project, funded by the Norwegian Funds. The concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and benzo(a)pyrene (BaP) were evaluated to identify potential sources of air pollution. Samples were collected during three sampling and measurement campaigns: winter 2022 (January 18 – April 18, 2022), summer 2022 (June 14 – September 12, 2022), and winter 2023 (January 18 – April 17, 2023), across 120 locations in the South Moravian Region (JMK) and the Vysočina Region (VYS). During each campaign, six air samples (PM10 aerosol particles) were collected, resulting in a total of 2,160 analyzed air samples. Average BaP concentrations, calculated from 18 collected and analyzed samples, exceeded  $1 \text{ ng/m}^3$  at 31 of the 120 locations. This value represents the air pollution limit for BaP established by the Air Protection Act No. 201/2012 Coll. However, it is defined as an annual average concentration. Therefore, the measured BaP concentrations cannot be interpreted as exceeding the limit but rather as elevated levels. In the regional comparison, this involved 17 locations in JMK and 14 locations in VYS. Year-on-year comparisons of winter campaigns showed an increase in BaP concentrations at 45 locations in JMK and 19 locations in VYS. On average, higher concentrations of PAHs (including BaP) were measured in the JMK region.

Based on diagnostic ratios of selected PAHs, their sources were assessed. Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IPy) and benzo[ghi]perylene (BPe) were chosen as markers. The results indicate that during the colder months, sources predominantly involved the burning of solid fuels, or mixed sources of solid fuel and fossil fuels. Sources from burning diesel and gasoline were minimal. In warmer months, the number of locations affected by diesel and gasoline burning increased, while the number of sites polluted by solid fuel combustion decreased. Additionally, at some locations, PAH concentrations were below the detection limit, making it impossible to establish their diagnostic ratios. Here is the

### ÚVOD

Příspěvek vznikl na základě výsledků projektu Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění plánu zlepšení kvality ovzduší zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+ (PAUPZKO). Finančně podpořen byl z výzvy 2A "Tromso" z programu "Životní prostředí, ekosystémy a změna klimatu" financovaného z Norských fondů.

Znečištění ovzduší polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) je v poslední době vysoce aktuální a sledované téma. Důvodem je fakt, že některé PAU mají závažné dopady na zdraví člověka vč. karcinogenních účinků a naměřené hodnoty benzo[a]pyrenu, který je jedním z této skupiny škodlivin, na mnoha stanicích v České

republice pravidelně překračují legislativně stanovený roční imisní limit. Mnohé látky ze skupiny PAU jsou považovány za indikátory (markery) různých specifických zdrojů znečišťování ovzduší. Z toho důvodu je jejich monitoring a následné pokročilé vyhodnocení vhodným nástrojem pro identifikaci zdrojů znečišťování ovzduší. V malých obcích jsou zvýšené koncentrace většiny PAU indikátorem zvýšeného podílu lokálních zdrojů vytápění na emisní zdrojové skladbě. Projektový záměr vycházel z PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+, ve kterém je benzo[a]pyren specifikován jako nejproblematictější znečišťující látka.

## METODY MĚŘENÍ

Odběrové dny se shodovaly s odběrovým kalendářem ČHMÚ (každý 3. den), tak aby bylo možné naměřené koncentrace porovnat i s daty dalších měřících institucí (především ČHMÚ). Datum odběru 6. vzorku bylo vybráno dle aktuálních potřeb (např. zastoupení víkendových dní apod.). Každá lokalita byla proměřena ve třech 14denních kampaních, a to 2x během topné sezóny a 1x během netopné sezóny za účelem zahrnutí možného vlivu různých zdrojů v různých ročních obdobích. Z každé lokality bylo během realizace projektu odebráno 18 vzorků PAU zachycených na filtru. Dohromady tak bylo odebráno 2160 vzorků PM10 a následně analyzováno ke stanovení obsahu PAU vč. BaP.

Odběry vzorků probíhaly po dobu 24 hodin dle odběrového kalendáře ČHMÚ za využití vzorkovačů SVEN LECKEL SEQ 47/50-CD a SVEN LECKEL MVS6 (Sven Leckel Ingenierbüro, Německo), s následnou gravimetrickou analýzou na mikrováhách MX5 (Mettler – Toledo GmbH, Švýcarsko). Gravimetrická metoda stanovení koncentrací PM je rovněž referenční metodou podle české technické normy ČSN EN 12341: 2000 „Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM10 aerosolových – Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody“. Za účelem stanovení obsahu BaP byly stejnou metodou, a s využitím stejných odběrových zařízení, odebírány vzorky PM10 s tím, že filtračním médiem byl filtr z křemenných vláken. Vlastní stanovení koncentrací BaP pak bylo realizováno v souladu s přílohou č. 6 k vyhlášce č. 330/2012 Sb. ve znění pozdějších předpisů referenční metodou podle české technické normy ČSN EN 15549: 2013 „Normovaná metoda stanovení Benzo[a]pyrenu ve venkovním ovzduší“ na plynovém chromatografu s hmotnostní detekcí Triple Quadrupole Agilent GC/QQQ 7000C (Agilent Technologies, Inc., Německo). Podle této metodiky byly měřeny i koncentrace ostatních PAU.

K posouzení zdrojů polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) bylo použito diagnostických poměrů vybraných PAU (Křůmal, 2012), (Tobiszewski, 2012). Jako markery byly vybrány indeno[1,2,3-cd]pyren (IPy) a benzo[ghi]perylene (BPe). Vzhledem k tomu, že v literatuře jsou diagnostické poměry uváděny v různé formě – jako prostý poměr, jako poměr jednoho PAU a součtu dvou PAU, byly diagnostické poměry sjednoceny ve formě

$$[IPy, BPe] = \frac{IPy - BPe}{IPy + BPe} \quad (1)$$

Tento diagnostický poměr je symetrický vůči oběma PAU a nabývá hodnot od -1 pro  $IPy=0$  do +1 pro  $BPe=0$ . Pro  $IPy=BPe$  je hodnota  $[IPy, BPe]$  rovna 0.

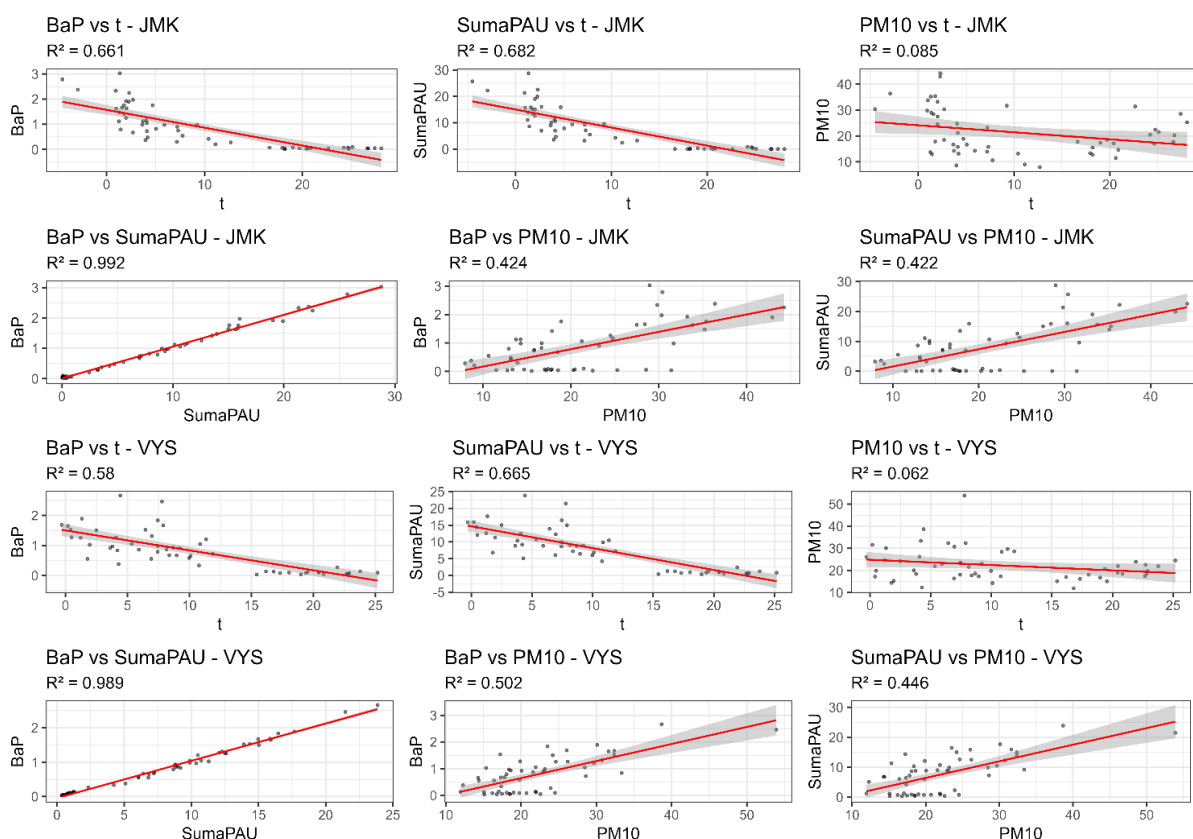
Z tohoto důvodu byly přepočteny diagnostické poměry uváděné v literatuře podle uvedeného vzorce. Při shlukové analýze byla použita Euklidovská metrika a Wardova metoda shlukování a k výpočtům byl využit OpenSource software R (R Core Team, 2024), balíček „cluster“ (Maechler, 2023).

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

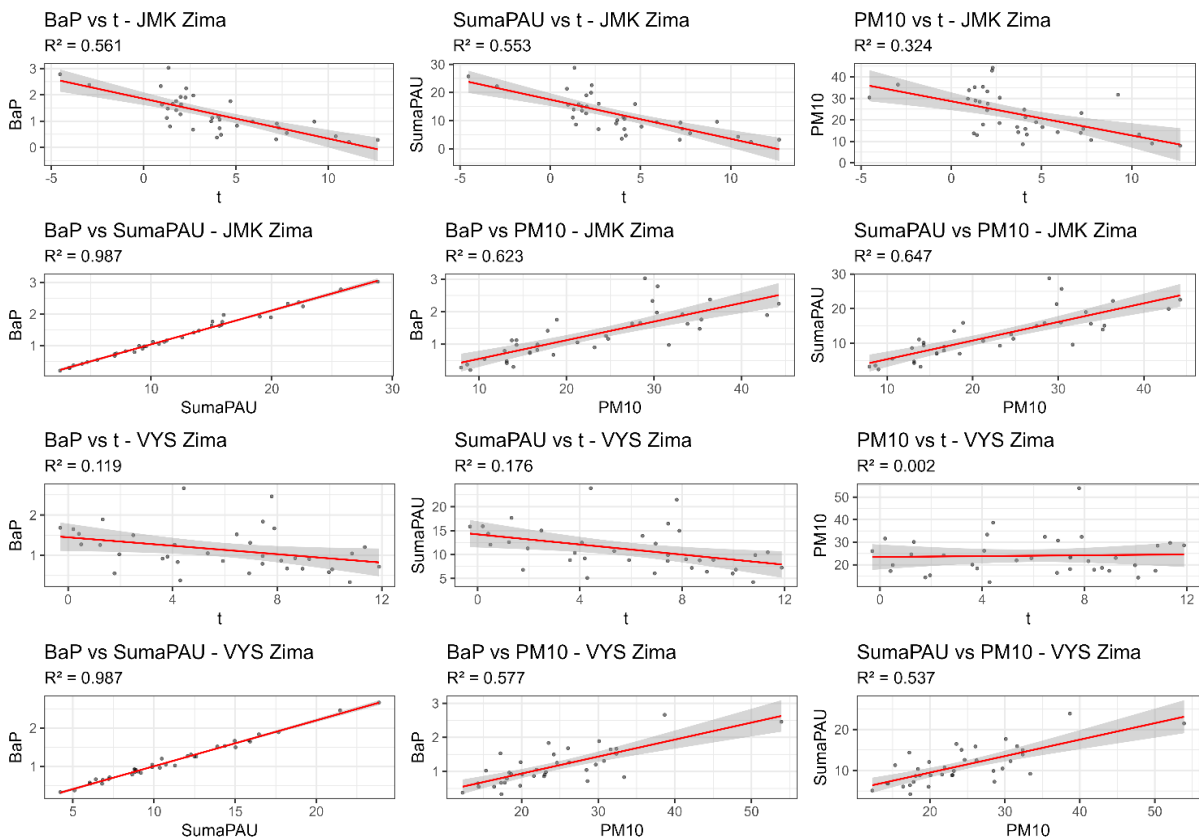
Na základě průměrných výsledků z jednotlivých lokalit v jednotlivých odběrových dnech byly sestaveny regresní křivky zobrazující závislosti analyzovaných vzorků na dalších měřených parametrech (teplota), popřípadě vzájemně mezi jednotlivými výsledky (BaP, SumaPAU a PM10) a to za účelem lepšího pochopení vzájemných vztahů v závislosti na čase odběru vzorku.

Výsledky jsou uvedeny pro kompletní dobu realizace monitoringu a dále pak také pro jednotlivá sledovaná období rozdělená na jednotlivé kraje (Obr. 1).

V případě PAU (včetně BaP) byla pozorována logaritmická závislost, kdy v případě vyšších teplot byly měřeny nižší koncentrace PAU (vč. BaP). Tento trend byl pozorován výrazněji na území JMK, kde při pohledu na data za celou dobu měření byl koeficient determinace odpovídající hodnotě 0,87 (v případě VYS je tato hodnota 0,76). V zimním období byla pozorována významná závislost (0,61) v případě JMK, naopak v případě VYS (koeficient determinace 0,21) byla závislost nevýznamná. V případě korelace mezi PM10 a BaP pozorujeme významnou lineární závislost v zimních měsících. Vzájemná závislost v případě regrese za celou dobu měření je ovlivněna významným poklesem koncentrací BaP v letních měsících, kde koncentrace BaP nijak nekorelují s koncentracemi PM10. Korelace mezi PAU a BaP byly až na výjimku v případě letních měření v JMK významné a ukazují na společný nárůst koncentrací směrem k zimním měsícům. V případě korelací PAU vůči teplotě a PM10 bylo pozorováno shodné chování jako v případě BaP.



Obr. 1: Výsledné korelace průměrných denních koncentrací měřených látek – za celou dobou monitoringu



Obr. 2: Výsledné korelace průměrných denních koncentrací měřených látek – za zimní kampaně

V případě posouzení zdrojů PAU byly jednotlivé lokality pro upřesnění zařazení podrobeny shlukové analýze pro naměřené hodnoty. Pro analýzu byly použity průměrné hodnoty koncentrací jednotlivých PAU pro každou lokalitu zvlášť a pro každé období (teplejší – chladnější) zvlášť. Z takto vypočtených hodnot byly spočteny hodnoty [IPy,BPe] použité pro shlukovou analýzu.

Na základě diagnostických poměrů a shlukové analýzy, která přiřadila jednotlivým lokalitám příslušné shluky, byly pro jednotlivé skupiny lokalit provedeny odhady zdrojů podílejících se na znečištění ovzduší PAU vázanými na aerosolové částice.

Z výše uvedených výsledků lze vyvodit, že lokální topeniště hrají významnou roli v kvalitě ovzduší na území sledovaných krajů. Ukazují na to výsledky identifikace zdrojů na základě analýzy diagnostických poměrů vybraných PAU. Ty ukazují, že v případě 68 lokalit jsou PAU původem ze spalování dřeva, uhlí a trávy, ve 46 případech se jedná o smíšené zdroje a pouze v 6 případech o zdroje původem ze spalování paliv (dopravy). V průběh letních měření dochází ke zvyšování podílu PAU z dopravy, počet lokalit s původem PAU ze spalování rostlinného materiálu klesá na 26 (z toho 24 lokalit na území JMK). Na území VYS v zimních měsících převládá jako zdroj PAU spalování rostlinných materiálů, v letních měsících poté smíšené zdroje. Počet lokalit ovlivněných dopravou v zimních měsících na Vysočině byl 4, v letních měsících 14. V případě JMK převládají smíšené zdroje v zimních měsících a spalování rostlinných materiálů v letních měsících. Počet lokalit ovlivněných dopravou v průběhu zimy byl 2, v průběhu letních měsíců 4.

Oba kraje vykazují sezonní výkyvy. Vyšší koncentrace PAU (BaP) byly v průběhu zimy ve srovnání s létém pozorovány u obou krajů. Negativní korelace teploty s koncentracemi PAU je významnější v Jihomoravském kraji. Z pohledu jednotlivých lokalit byly pozorovány rozdíly v síle korelací. V Jihomoravském kraji na lokalitě Hostěnice byla

nejsilnější negativní korelace mezi teplotou a BaP (-0,83), nejslabší na lokalitě Moravský Krumlov (-0,57), na Vysočině na lokalitě Červená Řečice byla nejsilnější negativní korelace mezi teplotou a BaP (-0,85), nejslabší na lokalitě Hrotovice (-0,33).

Dále dochází také ke korelaci s koncentracemi PM10 a to v zimních měsících, v letních měsících dochází k výraznému poklesu koncentrací všech PAU, což se projevuje na vzájemné regresi a proto v případě letních odběrů nebyla pozorována závislost mezi PAU (BaP) a PM10. Krom letní měřicí kampaně na území JMK sledujeme významnou korelaci mezi sumou PAU a BaP, koncentrace sumy PAU svým chováním vůči teplotě a PM10 přibližně odpovídají trendům jako tomu je v případě BaP. V případě letních měření v JMK nejspíše došlo k ovlivnění vybraných lokalit v daných dnech jiným zdrojem PAU (než v případě zdroje BaP).

#### PODĚKOVÁNÍ

Tento práce byla vytvořena za finanční podpory Ministerstva dopravy v rámci programu dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumných organizací.

#### LITERATURA

Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.

Křůmal, K., Mikuška, P., Večeřa, Z. Využití organických markerů pro identifikaci zdrojů atmosférických aerosolů. *Chemické listy* 106 (2012), 95-103

[Tobiszewski, M., Namiešnik, J. PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources *Environmental Pollution* 162 (2012), 110-119

[R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., Hornik, K.(2023). cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.1.6.

# VARIABILITA ZDROJŮ ORGANICKÝCH AEROSOLŮ NA POZAŘOVÉ LOKALITĚ VE STŘEDNÍ EVROPE

Radek Lhotka<sup>1,2</sup>, Petra Pokorná<sup>1</sup>, Petr Vodička<sup>1</sup>, Naděžda Zíková<sup>1</sup>, Saliou Mbengue<sup>3</sup>, Jaroslav Schwarz<sup>1</sup>, Vladimír Ždímal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav chemických procesů, AV ČR, Praha, Česká republika, lhotka@icpf.cas.cz

<sup>2</sup>Ústav pro životní prostředí, PŘF UK, Praha, Česká republika

<sup>3</sup>Ústav výzkumu globální změny, AV ČR, Brno, Česká republika

Klíčová slova: Organické aerosoly, Pozitivní maticová faktorizace, Nerefraktivní PM<sub>1</sub>, ZeFir, Aethalometer model

## SUMMARY

This study evaluates the variability of organic aerosol (OA) sources monitored at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK), a rural background site. Non-refractive PM<sub>1</sub> was evaluated in four seasons of 2019. The positive matrix factorization with multi-linear engine was used to determine the sources of OA at NAOK, with five or four factors resolved for individual seasons. The probable origin areas of OA factors were identified by the ZeFir program. NAOK is affected by local sources of OA, as well as by regional and long-range transport of OA.

## ÚVOD

Zdroje jemných atmosférických aerosolů (PM<sub>1</sub>), resp. organických aerosolů (OA) v ovzduší Střední Evropy jsou určeny jen velmi přibližně (Crippa *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2022). Cílem této práce proto bylo zhodnotit vývoj koncentrací PM<sub>1</sub> a OA spolu s variabilitou jejich zdrojů sledovaných na venkovské pozad'ové stanici, Národní atmosférické observatoři Košetice (NAOK – 49°34'24"N, 15°4'49"E, 534 m n. m.) v jednotlivých ročních obdobích roku 2019. Zimní kampaň proběhla od 8.1. do 6.3, jarní od 12.3. do 31.5., letní od 4.7. do 23.8. a podzimní od 1.9. do 14.10. 2019.

## METODY MĚŘENÍ

Měření aerosolovým hmotnostním spektrometrem s kompaktním analyzátozem doby letu (compact-Time of Flight-Aerosol Mass Spectrometer – c-ToF-AMS), měřící nerefraktivní PM<sub>1</sub> (non-refractive – NR-PM<sub>1</sub>, Drewnick *et al.*, 2005), byla doplněna o 1minutová měření ekvivalentního černého uhlí (eBC) pomocí aethalometru (Model AE33), o 10minutová měření meteorologických prvků (teplota, rychlost větru, směr větru, relativní vlhkost) a o 1hodinové koncentrace plynných znečišťujících látek (NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>). Koncentrace ve vodě rozpustných iontů a cukrů (např. K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a Levoglucosanu) v PM<sub>1</sub> byly vzorkovány s 24hodinovým časovým rozlišením pomocí nízkoobjemového vzorkovače Leckel (Model LVS-3) a 96hodinové zpětné trajektorie (GDAS, 1° × 1°, 500 m AGL) byly vypočítány pro každou hodinu pomocí Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory modelu (HYSPLIT, Stein *et al.*, 2015).

Metoda pozitivní maticové faktorizace (PMF) spolu s multilineárním motorem (ME-2) byla aplikována na AMS organická hmotová spektra (korigovaná pomocí parametru efektivita odběru, collection efficiency, CE) za účelem rozdělení OA na různé faktory z



hlediska jejich hmotnostních spekter a časových řad. Ke spuštění PMF i ME-2 byl využit program Source Finder (SoFi) (Canonaco *et al.*, 2013). Software ZeFir byl použit pro analýzu větru a zpětných trajektorií jednotlivých faktorů (Petit *et al.*, 2017).

## VÝSLEDKY

Nejvyšší průměrné koncentrace většiny sledovaných veličin (jemného atmosférického aerosolu PM<sub>1</sub>, dusičnanů NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, chloridů Cl<sup>-</sup> i eBC) byly zaznamenány během zimní měřicí kampaně, nejvyšší průměrné koncentrace OA, resp. síranů (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) byly naměřeny v létě, resp. v létě a na jaře. To ukazuje na vliv místních antropogenních aktivit a zhoršených rozptylových podmínek na zvýšené koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> a eBC, zdroje těchto sloučenin jsou na pozadových lokalitách Střední Evropy v zimě spojeny zejména s vytápěním domácností lokálními topeništi. Zvýšené koncentrace OA a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> mají původ zejména v přírodních zdrojích, případně jsou na pozadovou lokalitu transportovány dálkovým transportem ze znečištěných oblastí střední Evropy, jejich významným zdrojem v topné sezóně jsou také lokální topeniště (Tab. 1).

Tab. 1: Průměrné koncentrace sledovaných veličin (μg·m<sup>-3</sup>) a jejich podíl na celkové hmotě PM<sub>1</sub> (složky NR-PM<sub>1</sub> jsou uváděny po CE korekcích) v jednotlivých sezónách roku 2019.

μg·m <sup>-3</sup>	zima		jaro		léto		podzim	
PM <sub>1</sub>	11,1		8,2		7,6		4,3	
OA	3,1	29 %	2,7	33 %	4,5	58 %	1,8	43 %
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,3	12 %	1,5	18 %	1,5	20 %	0,8	19 %
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,3	30 %	2,1	26 %	0,7	9 %	0,7	16 %
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,2	19 %	1,2	14 %	0,6	7 %	0,5	10 %
Cl <sup>-</sup>	0,1	1 %	0,07	0,7 %	0,07	0,8 %	0,03	1 %
eBC	1,0	9 %	0,7	8 %	0,4	5 %	0,4	11 %

V programu SoFi bylo pro zimní, jarní a podzimní sezónu identifikováno 5 zdrojů OA. Tři z těchto zdrojů, organické aerosoly uhlovodíkového typu (hydrocarbon-like organic aerosol – HOA), spalování biomasy (biomass burning organic aerosol – BBOA) a spalování uhlí (coal combustion organic aerosol – CCOA) patří do skupiny primárních OA (primary OA – POA). Zbývající dva faktory, méně oxidované a vysoce oxidované organické aerosoly (less and more oxidized OA – LO-OOA and MO-OOA), patří do skupiny sekundárních OA (secondary OA – SOA). Pro letní sezónu byly identifikovány 4 zdroje OA, faktor CCOA v létě chyběl (Tab. 2).

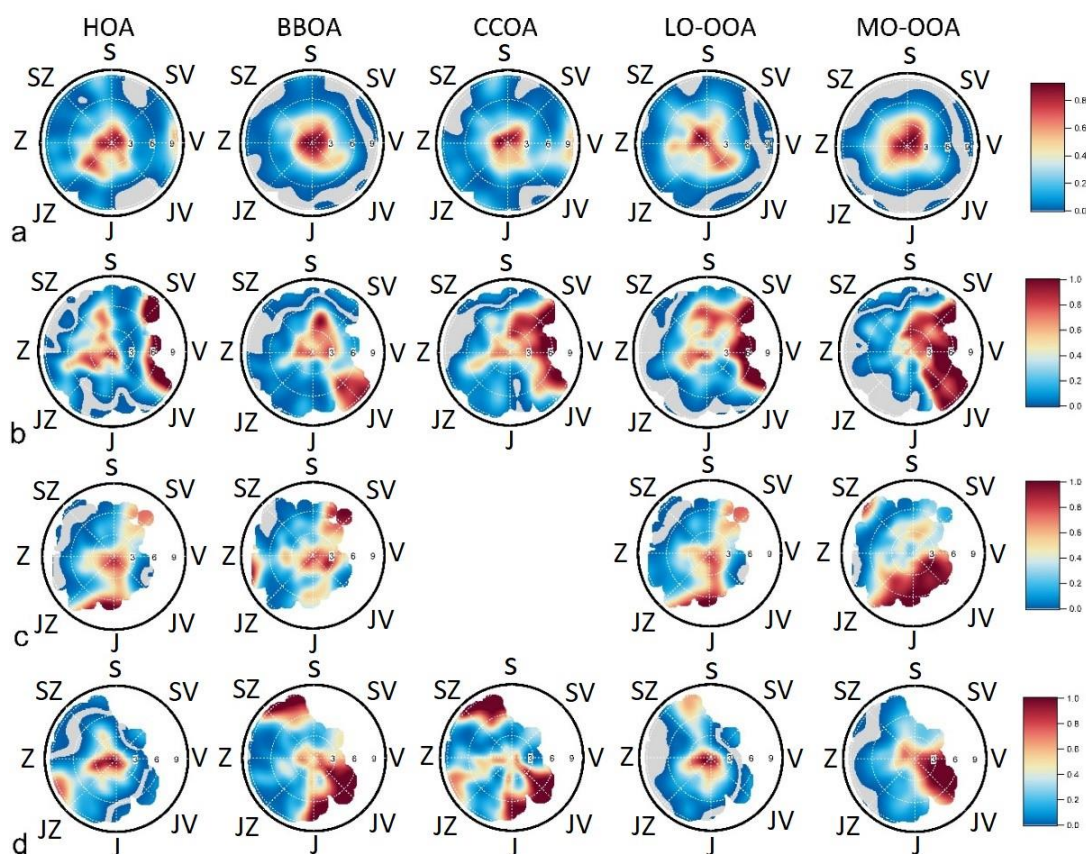
Tab. 2: Průměrné koncentrace jednotlivých faktorů a jejich podíl na celkové hmotě OA (μg·m<sup>-3</sup>) v jednotlivých sezónách roku 2019.

μg·m <sup>-3</sup>	zima		jaro		léto		podzim	
HOA	0,4	14 %	0,2	9 %	0,6	14 %	0,3	14 %
BBOA	0,4	12 %	0,2	7 %	0,2	5 %	0,1	8 %
CCOA	0,1	3 %	0,1	5 %	-	-	0,04	2 %
LO-OOA	0,5	17 %	1	31 %	1,7	39 %	0,5	28 %
MO-OOA	1,7	54 %	1,1	48 %	1,9	42 %	0,9	48 %

Uvedené POA faktory korelují v jednotlivých sezónách s vybranými, zdrojově specifickými markery. Faktor BBOA koreluje velmi dobře s eBC ze spalování

dřeva (eBC<sub>bb</sub>), dále s  $f_{60}$  ( $f_{60} = m/z\ 60 / OA$ ), tj. charakteristickou  $m/z$  pro levoglukosan, s  $K^+$  popřípadě se samotným levoglukosanem, tj. s markery spalování dřeva (Simoneit *et al.*, 1999, Andreae 1983). Faktor CCOA koreluje velmi dobře s koncentracemi polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU).

Potenciální zdrojové oblasti jednotlivých faktorů byly identifikovány pomocí metody podmíněné bivariační pravděpodobnostní funkce (conditional bivariate probability function – CBPF). Bylo tak potvrzeno, že koncentrace jednotlivých faktorů jsou na NAOK ovlivňovány jak místními zdroji (zejména v zimě) tak regionálním transportem z okolních měst a vesnic, resp. transportem dálkovým (Obr. 1). Výsledky klastrové analýzy ukazují na rozdíly ve zdrojích jednotlivých faktorů identifikovaných v jednotlivých sezónách – vyšší koncentrace však byly vždy naměřeny při kontinentálním proudění.



Obr. 1: Sezónní výsledky CBPF PMF faktorů pro OA (průměrné hodnoty) pro a) zimu, b) jaro, c) léto a d) podzim, pro léto faktor CCOA chybí.

## PODĚKOVÁNÍ

Tuto práci podpořilo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci grantů ACTRIS-CZ LM2023030 a ACTRIS-CZ RI (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_013/0001315), dále ACTRIS IMP ([www.actris.eu](http://www.actris.eu)) v rámci programu Horizont 2020 - Výzkum a inovace, H2020-INFRADEV-2019-2, 871115. a výzkumný a inovační program Evropské unie Horizont 2020 ACTRIS IMP (871115), zároveň je podpořen německo-českou spoluprací v rámci projektu TRACE financovaného v ČR v rámci grantu 20-08304J a v DE v rámci grantu 431895563. Děkujeme také Českému hydrometeorologickému ústavu za poskytnutí meteorologických a dalších dat.

## LITERATURA

- Andreae, M. O. Soot carbon and excess fine potassium: Long-range transport of combustion-derived aerosols. *Science*, 220(4602), 1148-1151, (1983).
- Canonaco, F., Crippa, M., Slowik, J. G., Baltensperger, U., Prévôt, A. S. SoFi, an IGOR-based interface for the efficient use of the generalized multilinear engine (ME-2) for the source apportionment: ME-2 application to aerosol mass spectrometer data. *Atmosph. Measur. Tech.*, 6(12), 3649-3661, (2013).
- Chen, G., Canonaco, F., Tobler, A., Aas, W., Alastuey, A., Allan, J., ... & Prévôt, A. S. European aerosol phenomenology– 8: Harmonised source apportionment of organic aerosol using 22 Year-long ACSM/AMS datasets. *Environ. Internat.*, 166, 107325, (2022).
- Crippa, M., Canonaco, F., Lanz, V. A., Äijälä, M., Allan, J. D., Carbone, S., DeCarlo, P. F. Organic aerosol components derived from 25 AMS data sets across Europe using a consistent ME-2 based source apportionment approach. *Atmosph. chem. and phys.*, 14(12), 6159-6176., (2014).
- Drewnick, F., Hings, S. S., DeCarlo, P., Jayne, J. T., Gonin, M., Fuhrer, K., Worsnop, D., R., A new time-of-flight aerosol mass spectrometer (TOF-AMS)—Instrument description and first field deployment. *Aeros. Science and Tech.*, 39(7), 637-658, (2005).
- Petit, J. E., Favez, O., Albinet, A., Canonaco, F. A user-friendly tool for comprehensive evaluation of the geographical origins of atmospheric pollution: Wind and trajectory analyses. *Environment. modell. & soft.*, 88, 183-187, (2017).
- Simoneit, B. R., Schauer, J. J., Nolte, C. G., Oros, D. R., Elias, V. O., Fraser, M. P., ... & Cass, G. R. Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles. *Atmosph. Environ.*, 33(2), 173-182, (1999).
- Stein, A.F., Draxler, R.R., Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., Ngan, F., 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 96, 2059–2077.

# LIGHTNING AND THUNDERSTORM EVENTS IN GREATER METRO MANILA

Charlie ANDAN<sup>1,2,3</sup>, Gay Jane PEREZ<sup>3</sup>, Mitsutero SATO<sup>4</sup>, Hisayuki KUBOTA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institute of Chemical Process Fundamentals, AR CAS, Prague, Czech Republic,  
[andan@icpf.cas.cz](mailto:andan@icpf.cas.cz)

<sup>2</sup> Charles University, Prague, Czech Republic, [andanc@natur.cuni.cz](mailto:andanc@natur.cuni.cz)

<sup>3</sup> Institute of Environmental Science and Meteorology, University of the Philippines -  
Diliman, Quezon City, Philippines

<sup>4</sup> Hokkaido University, Sapporo, Japan

Keywords: Lightning; Thunderstorm; TRMM; Lightning Detection Network (LDN);  
WWLLN

## INTRODUCTION

Lightning activities are used as bases in enhancing prediction of severe convective weather events, particularly nowcasting. Studies showed that lightning activities are highly correlated with precipitation rate. However, linking the occurrence of lightning to the thermodynamics of thunderstorm is not well understood on a localized scale. In the Philippines, there have been a few studies relating lightning with thunderstorm. Precipitation during thunderstorm event can be intense, and the duration of torrential rain can last longer hours resulting to damages in properties, and associated flooding or landslide that may even cause deaths. Thus, developing an early warning system based on lightning activity for severe weather events is of great value. The study aims to evaluate the relationship between lightning and thunderstorm activities in Metro Manila by analyzing their spatiotemporal distribution and investigating the atmospheric profile conditions during thunderstorm across different seasons. Case studies are conducted to identify common features observed from atmospheric profile of thunderstorms that coincided with intense lightning activities.

## EXPERIMENTAL SETUP

Daily, monthly, and seasonal patterns of lightning and thunderstorm occurrences are analyzed using the synoptic reports, TRMM Lightning Imaging Sensor, Blizortung and WWLLN lightning detection network, and upper air observations.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

Variability in the spatiotemporal distribution of lightning was found to be linked with the diurnal cycle with ~ 95% lightning activities observed between late afternoon and early evening. Lightning activities from TRMM LIS (intra-cloud) and WWLLN (cloud-to-ground) depict the high frequency occurrence of thunderstorm in Science Garden station and peak during the southwest monsoon season. Results shows that 57% of lightning occurrences were observed during the southwest monsoon, 25% during transition period, and 18% during northeast monsoon season. High frequency lightning occurrence during southwest monsoon season is associated with atmospheric profiles having large CAPE value of greater than 1000 J/kg, negative lifted index, K index greater than 30oC and

precipitable water greater than 41 mm. These implies a high probability of thunderstorm characterized by a strong updraft strength, unstable low-level air parcel, and high precipitation rate. To further demonstrate these results several case studies from the past severe weather events were analyzed. Case studies of severe weather events having high frequency lightning occurrence was due to the thunderstorm having an atmospheric profile initial condition of large CAPE value, negative lifted index, larger K index, and higher precipitable water. It is evident from the case studies that attainment of this initial condition leads to severe form of weather event either during the day or night and regardless of the season.

The relationship of lightning and thunderstorm established in this study can serve as basis for better prediction of thunderstorm in Metro Manila using lightning data. This will be of great value to the different sectors like the government, aviation, insurance, and emergency services.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The author appreciates the support of the project of the national research infrastructure ACTRIS-CZ (LM2023030) financed by the MEYS of the Czech Republic, in writing of the abstract and for covering the cost for the participation in the conference. This research is also part of the ULAT Project (Understanding Lightning and Thunderstorm), which is led by Hokkaido University and other Japanese institutes and Advanced Science and Technology Institute (ASTI), Department of Science and Technology (DOST) in the Philippines supported by the Japan International Cooperation Agency (JICA) and Japan Science and Technology Agency (JST).

# **PROPER AEROSOL SAMPLING – ACTRIS RECOMMENDATIONS (EXPERIENCE FROM ACTRIS NF TECHNICAL AUDITS)**

Jakub ONDRÁČEK

Research Group of Aerosol Chemistry and Physics, ICPF, CAS, Prague, Czech Republic,  
ondracek@icpf.cas.cz

Keywords: ACTRIS, Aerosol In-Situ, Sampling, Harmonization

## **INTRODUCTION**

When measuring atmospheric aerosols, it is crucial to perform accurate sampling and conditioning of the aerosol sample. Numerous recommendations and standards describe the appropriate setup for this process. The best practices and scientifically proven methods are also employed by the large pan-European research infrastructure, ACTRIS (Aerosol, Clouds, and Trace Gases Research Infrastructure). One of the primary goals of ACTRIS is to standardize measurement techniques for characterizing short-lived atmospheric constituents. This harmonization also includes ensuring the correct delivery of the aerosol sample to the respective aerosol in-situ instruments, or in other words, establishing a proper sampling setup. All these recommendations are summarized by the ACTRIS Central Facility (CF) known as CAIS-ECAC (Center for Aerosol In-Situ Measurements – European Center for Aerosol Calibration and Characterization).

## **SAMPLING RECOMMENDATIONS**

A properly designed aerosol sampling setup ensures that the aerosol sample is delivered from the ambient environment with minimal changes, unless the measurement technique requires the removal of certain unwanted components (e.g., using an OC/EC denuder). An ideal sampling system should:

- Remove hydrometeors (such as precipitation or fog droplets)
- Ensure a representative ambient aerosol sample, minimizing particle losses
- Reduce the relative humidity of the aerosol sample to below 40%
- Minimize the evaporation of (semi)volatile aerosol particles

The recommendations cover the selection of the appropriate sampling inlet for specific aerosol instruments, as well as considerations for special environmental conditions. Another crucial factor is proper aerosol conditioning (such as drying or removing unwanted components). Additionally, attention should be given to the choice of suitable materials for the sampling lines, the dimensions of the sampling lines, and, importantly, representative aerosol sample splitting when multiple instruments are using a common sampling inlet—also known as isokinetic subsampling.

## **ACKNOWLEDGEMENT**

This work is supported by the ACTRIS Large Research Infrastructure - Participation of the Czech Republic (ACTRIS-CZ - LM2023030) - Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

# **PORTABLE EMISSIONS TOXICITY SYSTEM: COMPACT AIR-LIQUID INTERFACE SYSTEM FOR EXPOSURE OF CELL CULTURES TO DILUTED EMISSIONS AND POLLUTED AIR**

Michal VOJTÍŠEK<sup>1</sup>, Luboš DITTRICH<sup>1</sup>, Martin PECHOUT<sup>1,2</sup>, Tereza ČERVENÁ<sup>3</sup>, Anežka VIMROVÁ<sup>3</sup>, Jitka SIKOROVÁ<sup>3</sup>, Táňa ZÁVODNÁ<sup>3</sup>, Jakub ONDRÁČEK<sup>4</sup>, Jan TOPINKA<sup>3</sup>, Pavel Rössner<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Mechatronics, Technical University of Liberec, Liberec, CZ,  
michal.vojtisek@tul.cz

<sup>2</sup> Department of Vehicles and Ground Transport, Czech Univ. of Life Sciences, Prague, CZ

<sup>3</sup> Inst. of Experimental Medicine of the Czech Academy of Sciences, Prague, CZ

<sup>4</sup> Inst. of Chem. Proc. Fundamentals of the Czech Academy of Sciences; Prague, CZ

Keywords: emissions; toxicity; air-liquid interface; exposure; real-world emissions; portable emissions monitoring system

## **INTRODUCTION**

Exposure of living cell cultures at air-liquid interface (ALI), mimicking i.e. human lung surface, is believed to be one of the most realistic means to model toxicity of complex mixtures of pollutants on human health. The complexity of the close cooperation of “emissions source” and toxicology groups and of the instrumentation are among the limiting factors of ALI.

Here, the concepts of ALI exposure and real-world emissions monitoring using portable emissions monitoring systems (PEMS) are combined into a portable emissions toxicity systems (PETS), along with a mobile toxicological laboratory base, for field deployment, including operation in moving vehicles.

## **EXPERIMENTAL**

The cell cultures are contained in airtight 17x13x9 cm exposure boxes, where the sample is symmetrically distributed into 8 wells of a standard Transwell 24-well holder populated with standardized 6 mm inserts, at 25 cm<sup>3</sup>/min/insert. In a 40x35x45 cm inner dimensions incubator, sample and control air, conditioned to 5% CO<sub>2</sub>, 37 °C and >85% humidity, are pumped through to up to four exposure boxes. Auxiliary mobile base laboratory includes a small laminar flow box, additional incubator and freezer.

Validation of the system has comprised of a) characterizing particle losses in the sampling train by comparing size-resolved particle concentrations at the system inlet and at the exposure box inlet, b) characterizing particle deposition rates by introducing silver nanoparticles into the system and assessing the number of particles deposited per surface area on electron microscope grids placed in lieu of cell cultures, c) assessing the viability of cells exposed to control air, with cell cultures having undergone extensive transport, handling at a range of temperatures, and exposition in a moving vehicle, d) assessing the viability of cells exposed to relatively clean background air at the Košetice national rural background station.

## RESULTS

The penetration rate through the sample conditioning system (heating to 37 °C, increase in humidity to >85% relative humidity, CO<sub>2</sub> addition) is shown in Fig. 1 on the left for a relatively crude measurement using a spark generator and on the right for oven-generated silver nanoparticles with both improved sample conditioning and reduced measurement uncertainty (standard deviation shown in vertical bars). The particle deposition rate, as determined by electron microscope imaging, could not be conclusively assessed due to disaggregation of silver nanoparticle clusters, and is estimated to 1-2%.

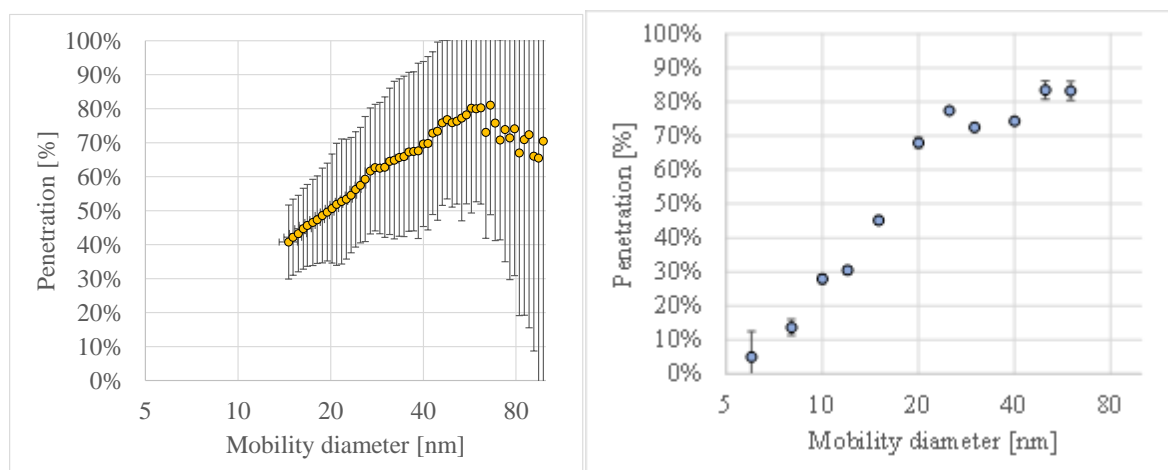


Fig. 1: Exposure system sampling train penetration rate: left – gold particles generated by spark discharge, right – optimized sampling train, silver particles generated in an oven.

The system has undergone an extensive field validation, including 4 h of exposure and 2 h transport in a vehicle each day for 5 days, 5-day operation outside in vans and tents at -5 to +32 °C, transport of up to 800 km and test on a heavy-duty truck, during which cells were exposed to the diluted exhaust from the truck.

We believe this is the first known use of ALI exposure chamber as PEMS, useful for monitoring of toxicity of a range of air pollution sources.

## CONCLUSIONS

A mobile toxicological incubator, where cell cultures grown on membranes are additionally enclosed in small exposure boxes, and exposed to pollutants at air-liquid interface, has been developed and characterized in this work, and used in several field campaigns.

## ACKNOWLEDGEMENT

The work was funded by the Czech Science Foundation grant no. 22-10279S. On-road truck tests were funded by Horizon Europe project no. 101096133 PAREMPI. Access to Košetice observatory was made possible through Large Research Infrastructure ACTRIS project – participation of the Czech Republic (ACTRIS-CZ – LM2023030) – Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.



# KONCENTRACE TĚŽKÝCH KOVŮ A JEJICH VÝVOJ V LETECH 2010–2021

Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ, Jan PACNER, Hana ŠKÁCHOVÁ, Tomáš IŠTOK

Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká Republika, adela.holubova@chmi.cz

Klíčová slova: Těžké kovy, Ventilační index, PM<sub>10</sub>

## SUMMARY

The emission of heavy metals in atmospheric aerosols has been regulated since the 90s of last century and has continually decreased until now. This work is focused on evaluating law-limited heavy metal concentrations for 12 years (2010–2021) and their evolution in the Czech Republic. Heavy metal concentrations were reduced under the studied period in all station types and all heavy metals (Arsenic, Cadmium, Lead and Nickel), except for Nickel concentration at the industrial station type.

## ÚVOD

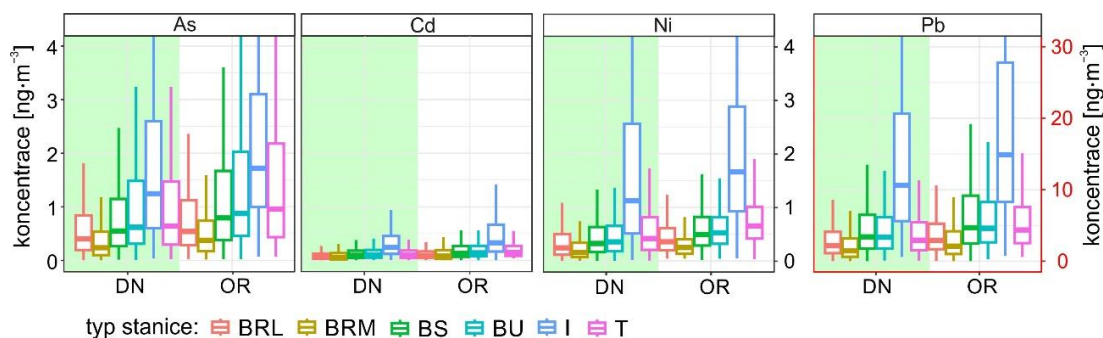
Těžké kovy obsažené v aerosolových částicích v ovzduší působí škodlivě nejen na lidské zdraví ale i na životní prostředí obecně, zejména proto že se v přírodě téměř nerozkládají (Mitra et al. 2022, Suvarapu and Baek 2017). Úmluva o dálkovém přenosu škodlivin přes hranice státu dala základní rámec pro vznik evropské legislativy zaměřené na snížení emisí těžkých kovů oproti úrovni z r. 1990. Mezinárodní i národní závazky vedly ke snížení emisí vybraných látek až o 90 % v porovnání mezi lety 1990 a 2022 (EEA 2024a). Mezi mezinárodní zákonné nástroje lze zařadit např. Aarhuský protokol z roku 1998, aktualizovaný v roce 2012, či směrnici 2016/2284/EC (EEA 2024b). K národním zákonným nástrojům patří zejména Zákon č. 201/2012 o ochraně ovzduší stanovuje roční imisní limity pro čtyři vybrané těžké kovy a to Arsen (As – 6 ng·m<sup>-3</sup>), Kadmium (Cd – 5 ng·m<sup>-3</sup>, Olovo (Pb – 500 ng·m<sup>-3</sup>) a Nikl (Ni – 20 ng·m<sup>-3</sup>). Tato studie sleduje vliv legislativních změn na koncentrace těžkých kovů s imisním limitem měřených v aerosolových částicích v České republice v letech 2010–2021.

## METODY MĚŘENÍ

Hodnoceny byly koncentrace těžkých kovů vzorkovaných po dobu 24 hodin 1×2 dny, následně analyzovaných metodou ICP-MS. Vzorkování probíhalo v rámci akreditovaného odběru Státní sítě imisního monitoringu provozované Českým hydrometeorologickým ústavem (CHMI 2024). Vybráno bylo 16 stanic v různém typu prostředí – dopravní (T), pozad'ová městská (BU), pozad'ová příměstská (BS), pozad'ová venkovská horská (nad 800 m n. m.; BRM), pozad'ová venkovská nížinná (do 800 m n. m.; BRL) a průmyslová (I). Časové řady byly normalizovány o disperzní charakteristiky dle postupu uvedeném v Chen et al. (2022), aby bylo možné minimalizovat vliv meteorologických podmínek na měřené koncentrace a tak sledovat vliv legislativních opatření.

## VÝSLEDKY

Nejnižší koncentrace za celé sledované období byly měřeny na pozad'ových horských stanicích (např. průměrná koncentrace Pb byla  $3,13 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ) naopak nejvyšší koncentrace byly zaznamenány na průmyslové stanici (např. průměrná koncentrace Pb byla  $22,21 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Zanedbatelné rozdíly v koncentracích všech těžkých kovů byly mezi stanicemi typu BU a BS (např. průměrná koncentrace Ni na stanicích BU byla  $0,58 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$  a na stanicích BS  $0,62 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Normalizované koncentrace (DN) ukazují na vliv rozptylových podmínek na měřené koncentrace těžkých kovů. Například u stanic typu BRL byly koncentrace Cd po normalizaci o 26 % nižší než původní měřené hodnoty (Obr. 1).



Obr. 1: Koncentrace těžkých kovů v období 2010–2021, měřených na stanicích: dopravní (T), pozad'ová městská (BU), pozad'ová příměstská (BS), pozad'ová venkovská horská (BRM), pozad'ová venkovská nížinná (BRL) a průmyslová (I). Originální data jsou označena OR, normalizovaná data jsou označena zkratkou DN a jsou podbarvena zeleně.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu projektu ACTRIS-CZ (LM2023030), Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

## LITERATURA

EEA, European Union emission inventory report 1990-2021 — Under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention), *EEA Report 08/2024*, (2024a).

EEA, Heavy metal emissions in Europe, Dostupné na [www: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/heavy-metal-emissions-in-europe](https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/heavy-metal-emissions-in-europe), (2024b).

Chen, Y., et. al. Long-term trends of ultrafine and fine particle number concentrations in New York State: apportioning between emissions and dispersion. *Environmental Pollution*, 310, 119797, (2022).

CHMI, Komentář k souhrnnému ročnímu tabelárnímu přehledu, Dostupné na [www: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/2023\\_enh/pdf/kom.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2023_enh/pdf/kom.pdf), (2024).

Mitra, S., et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University-Science*, 34(3), 101865, (2022).

Suvarapu, L. N., and Baek, S. O. Determination of heavy metals in the ambient atmosphere: A review. *Toxicology and industrial health*, 33(1), 79-96, (2017).

# PŘÍSLUŠENSTVÍ A PŘÍSTROJE PRO ODBĚR A ANALÝZU VZORKŮ OVZDUŠÍ

Martin Stoklas

Chromservis s.r.o., Praha, Česká republika; m.stoklas@chromservis.eu

Klíčová slova: odběr vzorků ovzduší, analýza vzorků ovzduší

## SUMMARY

Many accessories and devices for air sampling cover a broad spectrum of monitored volatile substances and air contaminants in a wide range of concentrations. Metal canisters with an inert surface treatment (Fig. 1) provide high inertness and stability of the collected samples, especially for trace analysis. Samples from sampling canisters are most often analyzed using the instrumental technique of gas chromatography with suitable detectors..

Bruker Daltonic offers mass detectors with gas and liquid chromatography for targeted and untargeted analysis. The new triple quadrupole Bruker EVOQ GC-TQ SPEED brings high sensitivity for target analysis of volatile and semi-volatile organic contaminants. The high-resolution mass detector with time-of-flight analyzer ecTOF facilitates the identification of unknown contaminants thanks to the simultaneous electron (EI) and chemical ionization (CI).

## ÚVOD

Pro odběr vzorků ovzduší existuje mnoho příslušenství a zařízení, které pokrývají široké spektrum sledovaných těkavých látek a kontaminantů ovzduší v širokém rozsahu koncentrací. Kovové kanystry s inertní povrchovou úpravou (obr. 1) poskytují vysokou inertnost a stabilitu odebraných vzorků především pro stopovou analýzu. Vzorky z odběrových kanystrů se analyzují nejčastěji ve spojení s instrumentální technikou plynové chromatografie s vhodnými detektory.



Obr. 1: Odběrové kanystry SilcoCan (Restek)

Společnost Bruker Daltonic nabízí hmotnostní detektory ve spojení s plynovou a kapalinovou chromatografií pro cílenou i necílenou analýzu. Nový trojnásobný kvadrupól Bruker EVOQ GC-TQ SPEED přináší vysokou citlivost pro cílovou analýzu těkavých a semitěkavých organických kontaminantů. Hmotnostní detektor s vysokým rozlišením s analyzátozem doby letu ecTOF usnadní identifikaci neznámých kontaminantů díky současné elektronové (EI) a chemické ionizaci (CI).



Obr. 2: Bruker EVOQ GC-TQ SPEED



Obr. 3: Bruker GC-HRMS ecTOF

## LITERATURA

RESTEK, Air Canisters, Dostupné na WWW: <https://www.restek.com/global/en/>, (2024)

Bruker GC EVOQ a ecTOF, Dostupné na <https://www.bruker.com> (2024)

## CHARACTERISATION OF ATMOSPHERIC AEROSOLS IN AIR AROUND THE CHILDREN'S SANATORIUM

Pavel MIKUŠKA<sup>1</sup>, Kamil KŘŮMAL<sup>1</sup>, Hana HLAVÁČKOVÁ<sup>1,2</sup>, Lukáš ALEXA<sup>1</sup>, Pavel COUFALÍK<sup>1</sup>, Hana CIGÁNKOVÁ<sup>1</sup>, Hana ZMRZLÁ<sup>3</sup>, Jitka HEGROVÁ<sup>4</sup>, Roman LIČBINSKÝ<sup>4</sup>, Radek VÍT<sup>4</sup>, Jiří HUZLÍK<sup>4</sup>, Saliou MBENGUE<sup>5</sup>, Roman PROKEŠ<sup>5,6</sup>, Markéta HORKÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Analytical Chemistry of the CAS, v. v. i., Brno, Czech Republic

<sup>2</sup> Brno University of Technology, Faculty of Chemistry, Brno, Czech Republic

<sup>3</sup> Children's sanatorium with speleotherapy, Ostrov u Macochy, Czech Republic

<sup>4</sup> Transport Research Centre, v. v. i., Brno, Czech Republic

<sup>5</sup> CzechGlobe - Global Change Research Institute of the CAS, v. v. i., Brno, Czech Republic

<sup>6</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

Keywords: aerosol, PM<sub>2.5</sub>, organic compounds, black carbon, elemental carbon

### INTRODUCTION

Air pollution is responsible for many health effects, mainly respiratory and cardiovascular diseases (Brunekreef and Holgate, 2002). The Children's Sanatorium with speleotherapy in Ostrov u Macocha in Moravian Karst focuses on the treatment of young children suffering from respiratory tract, asthma, allergies, atopic eczema and to strengthening the overall immunity. For several decades, the sanatorium was situated in a small building in the middle of the village. Last year, the sanatorium moved to a new, modern building located at the end of the village on a small hill.

The aim of the presented project is to analyse the air quality in the new location of sanatorium with a focus on the characterisation of atmospheric aerosols in the PM<sub>2.5</sub> size fraction and to compare the aerosols in the old and new location.

### EXPERIMENTAL SETUP

PM<sub>2.5</sub> aerosols were sampled using a high-volume sampler (DHA-80, Digitel) for 24 hours on quartz fiber filters (diameter 150 mm, Whatman). Sampling took place during 3 weeks within winter season and 2 weeks within summer season of 2024. Black carbon (BC) content in PM<sub>10</sub> was analysed using an Aethalometer (model AE31, Magee Scientific). Aerosol mass concentration was determined gravimetrically based on the difference in weight of the filters before and after sampling. In winter, mass concentration of PM<sub>2.5</sub> was also measured in parallel at a time resolution of 2 hours using beta-ray attenuation method with an on-line continuous particulate analyzer (Model PX-375).

### RESULTS AND DISCUSSION

Filters with collected aerosols were analysed for organic carbon, elemental carbon, monosaccharide anhydrides, polyaromatic hydrocarbons, hopanes and steranes, resin acids and methoxyphenols (Křůmal et al., 2013; Mikuška et al., 2015). A detailed results of mass concentration of aerosols and the concentrations of particulate organic compounds and BC will be presented.

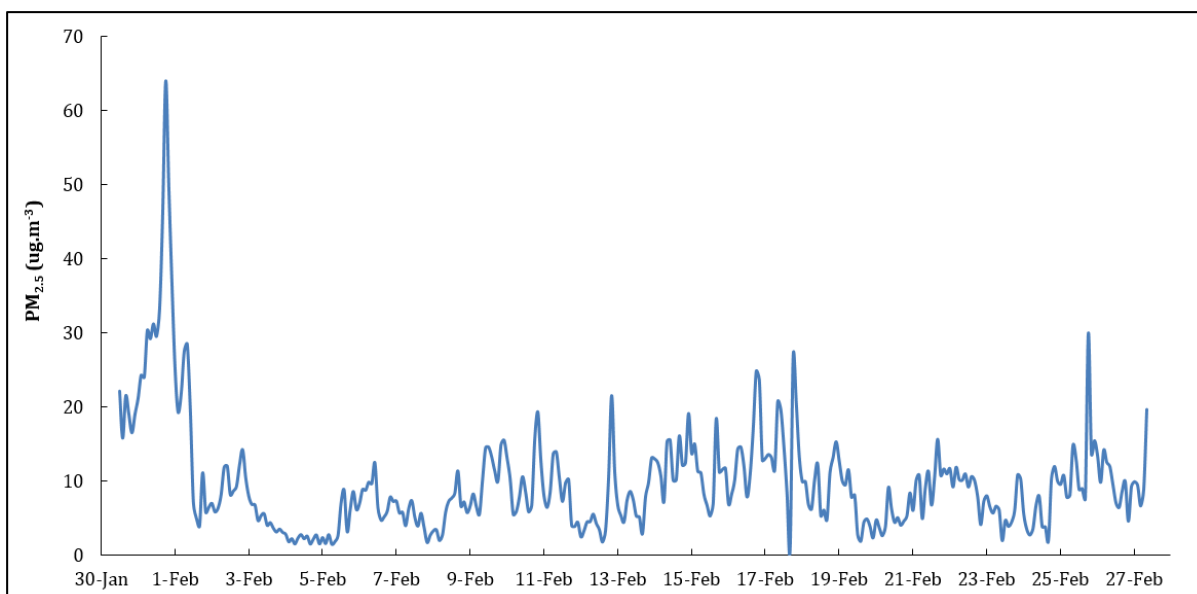


Fig. 1: PM<sub>2.5</sub> concentration measured with 2 hours time resolution during the winter campaign.

## CONCLUSIONS

Higher aerosol concentrations during the winter campaign than during the summer campaign indicate greater air pollution during heating period. Both local and regional emission sources may contribute to the pollution, and the contribution of long-range transport of aerosols cannot be neglected. The main emission sources of pollution in winter were identified as the burning of wood and coal, mainly for domestic heating.

## ACKNOWLEDGEMENT

The project has been supported by the programme of Regional Cooperation of the Czech Academy of Sciences in 2023-2025, No. R200312301. This work has been also supported by the Ministry of Transport as part of the long-term conceptual development programme for research organisations, by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic within the Large Research Infrastructure Support Project - ACTRIS Participation of the Czech Republic (grant number: LM2023030), and within the CzeCOS programme (grant number: LM2023048) and by Brno University of Technology within the project No. FCH-S-24-8591.

## REFERENCES

- Brunekreef B., Holgate S. T., Air pollution and health, *Lancet*, 360, 1233-1242, (2002).
- Křůmal, K., Mikuška, P., Večeřa Z., Polycyclic aromatic hydrocarbons and hopanes in PM<sub>1</sub> aerosols in urban areas, *Atmos. Environ.*, 67, 27-37, (2013).
- Mikuška, P., Křůmal, K., Večeřa, Z., Characterization of organic compounds in the PM<sub>2.5</sub> aerosols in winter in an industrial urban area, *Atmos. Environ.*, 105, 97-108, (2015).

## INORGANIC COMPONENTS OF PM<sub>2.5</sub> AEROSOL IN THE AREA OF CHILDREN'S SANATORIUM WITH SPELEOTHERAPY

Lukáš ALEXA<sup>1</sup>, Markéta HORKÁ<sup>2</sup>, Pavel MIKUŠKA<sup>1</sup>, Kamil KŘŮMAL<sup>1</sup>, Hana HLAVÁČKOVÁ<sup>1,2</sup>, Hana CIGÁNKOVÁ<sup>1</sup>, Pavel COUFALÍK<sup>1</sup>, Hana ZMRZLÁ<sup>3</sup>, Jitka HEGROVÁ<sup>4</sup>, Roman LIČBINSKÝ<sup>4</sup>, Radek VÍT<sup>4</sup>, Jiří HUZLÍK<sup>4</sup>, Saliou MBENGUE<sup>5</sup>, Roman PROKEŠ<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup> Institute of Analytical Chemistry of the CAS, v. v. i., Brno, Czech Republic, alexa@iach.cz

<sup>2</sup> Brno University of Technology, Faculty of Chemistry, Brno, Czech Republic

<sup>3</sup> Children's sanatorium with speleotherapy, Ostrov u Macochy, Czech Republic

<sup>4</sup> Transport Research Centre, v. v. i., Brno, Czech Republic

<sup>5</sup> CzechGlobe - Global Change Research Institute of the CAS, v. v. i., Brno, Czech Republic

<sup>6</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

Keywords: Aerosol, PM<sub>2.5</sub>, anions, cations, elements

### INTRODUCTION

Aerosols (Particulate Matter, PM) are responsible for many negative effects on the environment and human health, mainly respiratory and cardiovascular diseases (Warneck, 1988). Speleotherapy uses the natural climate in the cave as a treatment method for respiratory and other diseases (Jirka, 2001). Children's sanatorium in Ostrov u Macochy is situated in Moravian Karst south from Císařská cave, used for speleotherapy. The original sanatorium's building in the middle of the village was replaced to a new place on the hill nearby the Císařská cave.

The aim of the study was to compare the outdoor air quality of the original and new buildings of the children's sanatorium.

### EXPERIMENTAL SETUP

PM<sub>2.5</sub> aerosol was sampled during 3 weeks in winter and 2 weeks in summer 2024. A sequential sampler (SEQ 47/50, Leckel) was used for 24h sampling on Teflon filters (TF-1000, 1.0 µm pore size, 47 mm, Pall). High-volume samplers (30 m<sup>3</sup>/h, DHA-80 or DHA-77, Digitel) was used for 24h sampling on quartz filters (150 mm, Whatman) and nitrocellulose filters (3.0 µm pore size, 142 mm, Merck Milipore).

Determination of ions was provided by sonication of filters (quartz, Teflon) in deionized water (20 min) with subsequent analysis of anions by ion chromatography (ICS-2100, Dionex), cations by triple quadrupole inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS/MS, 8800, Agilent Technologies) and ammonium by continuous flow analyser (Alexa, 2020).

Determination of elements was provided by decomposition of nitrocellulose filters by UltraWave microwave mineraliser (MA 149-010, Milestone) in sub-boiling HNO<sub>3</sub> and subsequent analysis by ICP-MS/MS. The elements were also measured in parallel using an X-ray fluorescence analyser (model PX-375, HORIBA) at time resolution of 2 hours.

Electrical low-pressure impactor (ELPI+, Dekati) with 14 impactor stages (polycarbonate foils, 25 mm, Whatman) and final filter was used for real time measurement of particle number concentration in the range from 6 nm to 10 µm.



A condensation particle counter (CPC, Model 3007, TSI) was used for mobile measurement of particle number concentration.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

Filters with collected aerosols were analysed for anions, cations and elements. Measurement of particulate elements with high time resolution was performed only during winter campaign. Mobile measurement of particle number concentration was provided during both (winter and summer) campaigns in the village, sanatorium building and Císařská cave. Detailed results of aerosol components will be presented.

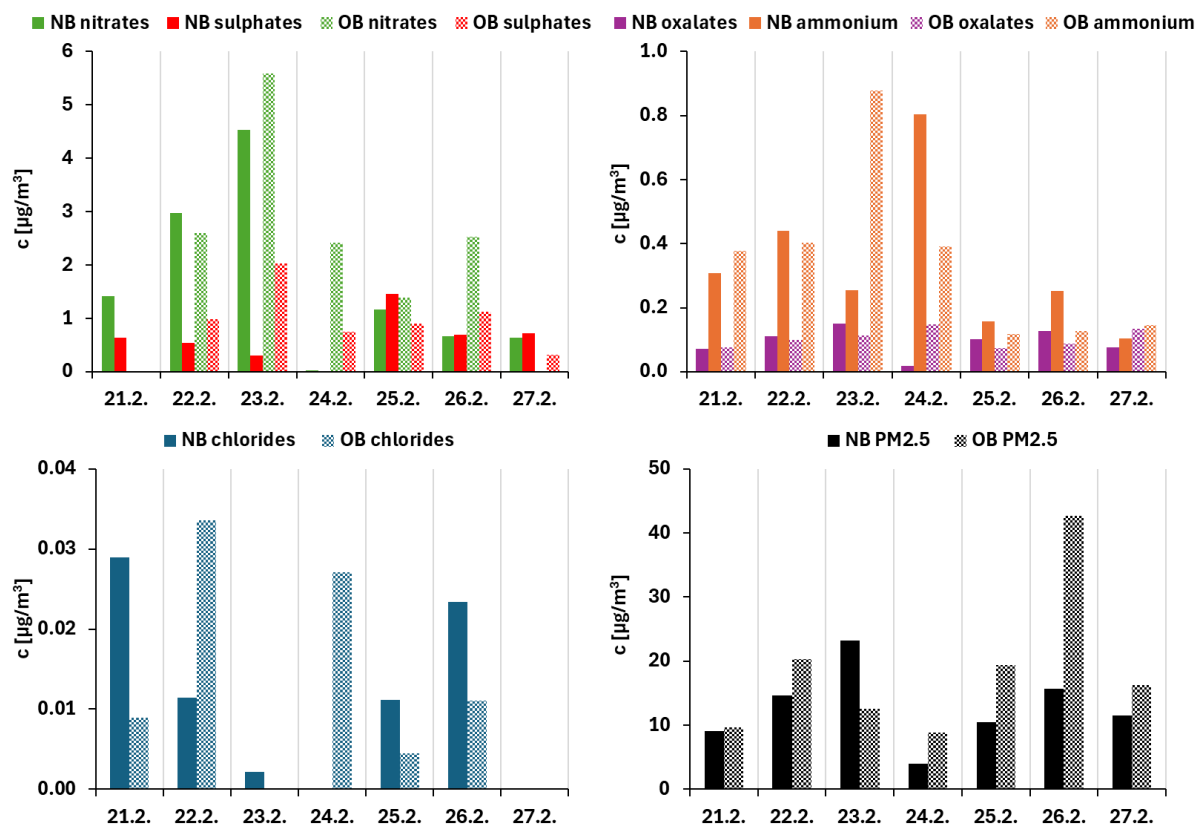


Fig. 1: Concentration of ions in PM2.5 aerosol near the new (NB) and original building (OB) of the sanatorium during February 2024

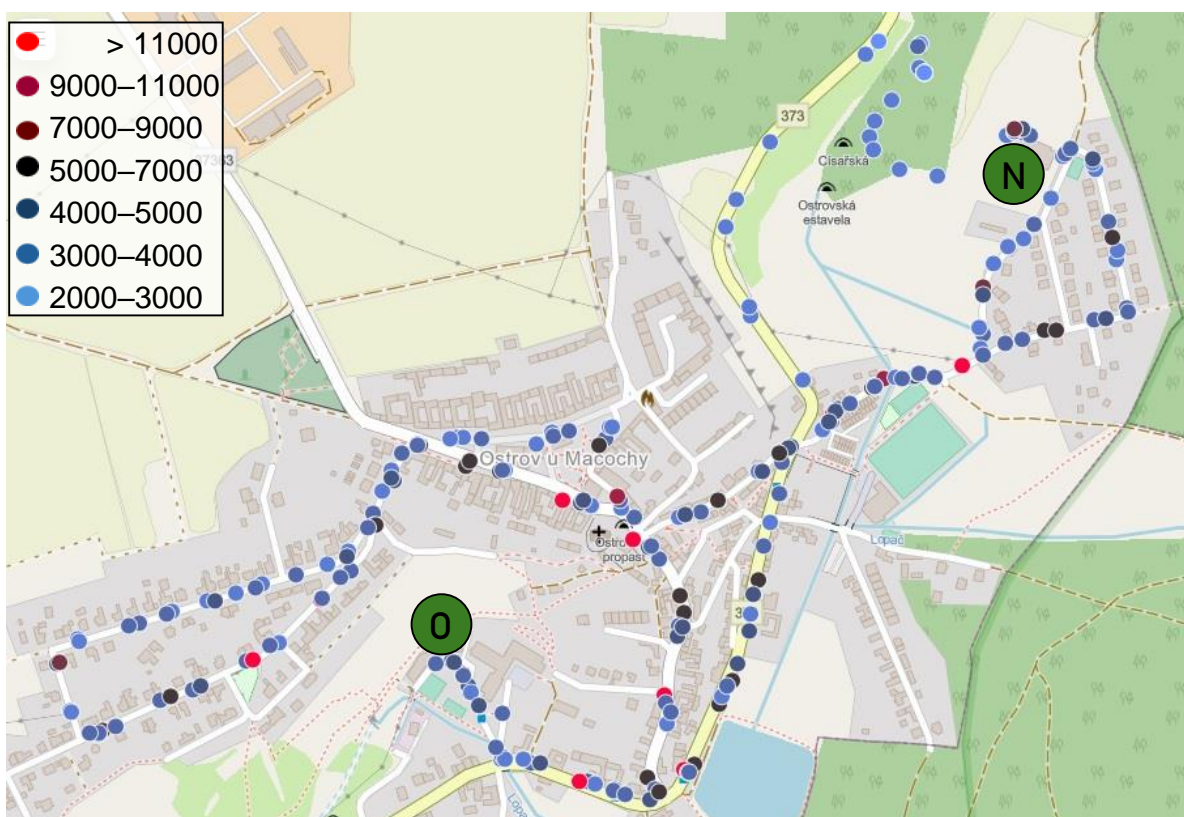


Fig. 2: Particle number concentration of aerosol ( $P/cm^3$ ) in the village Ostrov u Macochy during February 2024

#### ACKNOWLEDGEMENT

The project has been supported by the program of Regional Cooperation of the Czech Academy of Sciences in 2023-2025, No. R200312301. This work has been also supported by the Ministry of Transport as part of the long-term conceptual development programme for research organisations, by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic within the Large Research Infrastructure Support Project - ACTRIS Participation of the Czech Republic (grant number: LM2023030), and within the CzeCOS programme (grant number: LM2023048) and by Brno University of Technology within the project No. FCH-S-24-8591.

#### REFERENCES

- Alexa, L. and Mikuška, P., Simultaneous Determination of Gaseous Ammonia and Particulate Ammonium in Ambient Air Using a Cylindrical Wet Effluent Diffusion Denuder and a Continuous Aerosol Sampler, *Anal. Chem.* 92, 15827-15836 (2020).
- Jirka, Z., *Speleoterapie: principy a zkušenosti*. 1<sup>st</sup> e. Olomouc: Univerzita Palackého, (2001).
- Warneck, P., *Chemistry of the natural atmosphere*. International Geophysics Series 41, 757(1988).

## SOILS ARE SOURCES OF POLYCYCLIC AROMATIC COMPOUNDS

Gerhard Lammel<sup>1,2\*</sup>, Benjamin A.M. Bandowe<sup>2</sup>, Pernilla Bohlin-Nizzetto<sup>3</sup>,  
Céline Degrendele<sup>1</sup>, Anne K. Halse<sup>3</sup>, Petr Kukučka<sup>1</sup>, Jakub Martiník<sup>1</sup>, John K. Mwangi<sup>1</sup>,  
Barbora Palátová Nežiková<sup>1</sup>, Petra Příbylová<sup>1</sup>, Roman Prokeš<sup>1</sup>, Milan Sážka<sup>1</sup>,  
Jakub Vinkler<sup>1</sup>, Marco Wietzoreck<sup>2</sup>

<sup>1</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

<sup>2</sup> Multiphase Chemistry Dept., Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany

<sup>3</sup> Norwegian Institute for Air Research (NILU), Kjeller, Norway

\*E-mail: gerhard.lammel@recetox.muni.cz

Keywords: PAH, NPAH, quinones, soil pollution, air pollution, soil fugacity, aerosol

### INTRODUCTION

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air are almost exclusively formed in combustion processes. Oxygenated and nitrated PAHs (OPAHs, NPAHs, respectively) are co-emitted with parent PAHs from fossil fuel and biomass combustion processes. Additionally, many of the NPAHs and OPAHs are formed in photochemical and microbiological reactions of PAHs in air and soil. As semivolatiles resist to some extent biodegradation in soils, polycyclic aromatic compounds (PACs) i.e., PAHs and their derivatives, can undergo re-volatilisation from soils, which may turn soils from sinks into secondary sources and thus enhance the long-range transport potential of PACs by multihopping (grasshopper effect). The significance of these secondary sources for PAC abundances in ambient air is unknown and is not accounted for in emission inventories.

### EXPERIMENTAL SETUP

We determined the concentrations of 15 parent, 10 OPAHs and 17 NPAHs in air gas and particulate phases and topsoils at a rural and near-coastal northern European site (Birkenes, 58°23'N/8°15'E, 219 m a.s.l.), and a central European rural background site (Košetice, 49°34'N/15°05'E, 520 m a.s.l.), representing source and receptor areas, respectively. Following Soxhlet extraction (DCM) and clean-up, PAHs and NPAHs+OPAHs were analysed using a 7890A GC (Agilent) coupled to a tandem MS (7000B, Agilent) and APCI-MS/MS (Xevo TQ-S MS, Waters), respectively. In grassland (both sites), the soil A horizon was sampled, in forest (central European site) the soil O and A horizons. The direction of diffusive air-soil mass exchange was derived from the substances' fugacities. Soil fugacity was derived from both the concentrations in soil (potential fugacity  $f_s'$ ) as well as from air equilibrated with the soil pore space (immediate soil fugacity  $f_s$ ; using a so-called soil fugacity head; Cabrerizo et al., 2010).

### RESULTS AND DISCUSSION

At the central European site, a number of 2-4 ring PACs were found to volatilise from grassland and more from forest soils in summer, and much less in wintertime. Conversely, at the receptor site, net deposition of PACs prevails and re-volatilisation occurs only sporadically. (Mwangi et al., 2024)

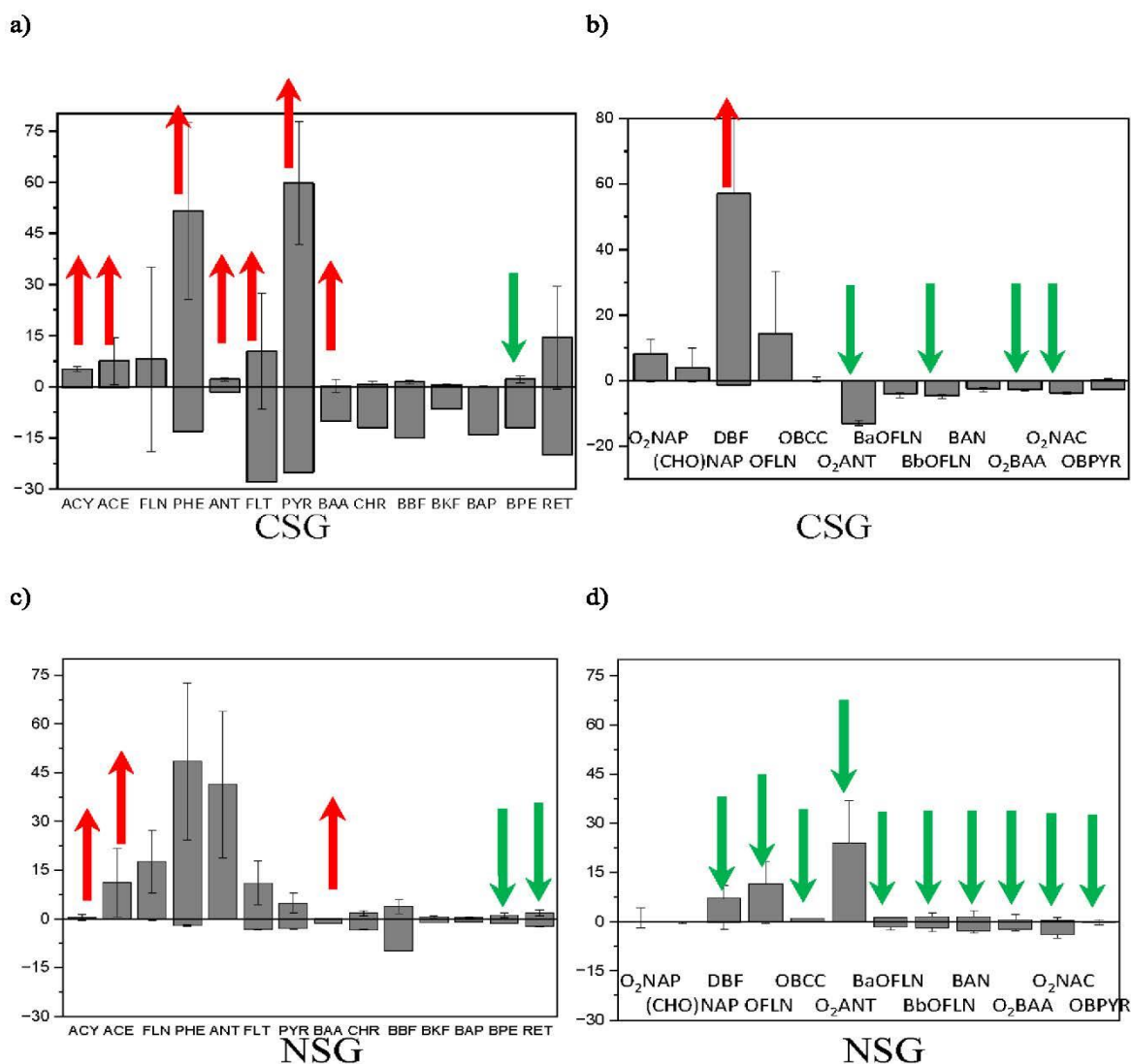


Fig. 1: Concentrations of (a, c) PAHs and (b, d) OPAHs in air,  $c_a = c_g + c_p$  ( $0.01 \text{ ng m}^{-3}$ ), and soil,  $c_s$  ( $\text{ng g}^{-1}$ ), in summer at the (a, b) central (CSG) and (c, d) northern (NSG) European grassland site. Arrows indicate direction of diffusive air-soil exchange flux (based on  $|\log(f'_s/f_a)| > 0.5$ ). Error bars reflect standard deviation or LOQ.

## CONCLUSIONS

Existing data on air-surface exchange of PACs is notably scarce, and methodological uncertainties persist in quantifying air-soil exchange. As very little is known about the spatial and seasonal distributions, soil burdens and net mass fluxes of PACs, an assessment of the significance of soils to act as secondary sources of PACs to the air of source and receptor areas is impossible. So far, PAH emission inventories neglect secondary emissions and may be significantly underestimating, in particular in receptor areas where long-range transports (imports) contribute more to depositions. This might explain gaps in PAH emission inventories, indicated by field studies in various countries.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Czech Science Foundation (GAČR, No. 503/20/07117S) and received support of the Max Planck Society and the Research Infrastructures ACTRIS-CZ (No. LM2023030) and RECETOX (No. LM2023069), financed by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports (MŠMT).

## REFERENCES

- Cabrerizo A., Dachs J., Barceló D., Development of a soil fugacity sampler for determination of air–soil partitioning (...), *Environ. Sci. Technol.* 43, 8257-8263 (2009).
- Mwangi J.K., (...), Lammel G., Air-soil cycling of oxygenated, nitrated and parent PAHs in source and receptor areas, *Sci. Total Environ.* 921, 170495 (2024).

# ČIŠTĚNÍ JEMNÝCH ČÁSTIC Z PORÉZNÍCH KNIHOVNÍCH MATERIÁLŮ POMOCÍ DVOUFÁZOVÉHO SPREJE ČÁSTIC CO<sub>2</sub> V NOSNÉM PLYNU

Ludmila MAŠKOVÁ<sup>1</sup>, Jiří SMOLÍK<sup>1</sup>, Petra VÁVROVÁ<sup>2</sup>, Jitka NEORALOVÁ<sup>2</sup>, Dana NOVOTNÁ<sup>2</sup>, Věra JANDOVÁ<sup>1</sup>, Jakub ONDRÁČEK<sup>1</sup>, Adéla MAREŠOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ústav chemických procesů AV ČR, Praha, Česká Republika, maskova@icpf.cas.cz

<sup>2</sup>Národní knihovna ČR, Praha, Česká Republika

Klíčová slova: Submikronové částice, Suché čištění, Papír, Textil

## SUMMARY

Library collections are mostly made of porous cellulose-based materials such as papers and textiles. Fine particles (< 1 µm), representing up to 90% of particulate matter (PM) mass in libraries and archives, deposit on book surfaces and can also penetrate into small openings, including interfiber spaces. These particles can cause degradation of archival documents and therefore is necessary to clean them. An alternative method of cleaning by the CO<sub>2</sub> snow jet was tested and compared with traditional mechanical dry cleaning techniques. Different types of papers and textiles commonly used in library collections were treated by the jet using a developed automatic system with well-defined operating parameters. Measurements included the influence on particle removal efficiency and possible degradation. Results revealed that the jet was effective in removing submicron particles, including those embedded in the fibrous surface. In contrast, the mechanical dry cleaning methods were almost ineffective for these particles.

## ÚVOD

Knihovní fondy jsou většinou vyrobeny z porézních materiálů na bázi celulózy, jako je papír a textil. Jemné částice (< 1 µm), které představují až 90 % hmoty pevných částic v knihovnách a archivech, se usazují na povrchu knih a mohou pronikat i do mezivlákných prostor. Tyto částice mohou představovat riziko pro uložené sbírky (Hatchfield, 2002). Aby se riziko minimalizovalo, knihovní fondy by měly být udržovány v čistém prostředí a případně by měly být pravidelně čištěny. Tradiční metody suchého čištění (gumy, prášky atd.) nejsou dostatečně účinné při odstraňování částic z porézních povrchů (Duhl - Nitzberg, 2021). V rámci této studie byla testována alternativní metoda čištění pomocí dvoufázového spreje částic CO<sub>2</sub> v nosném plynu.

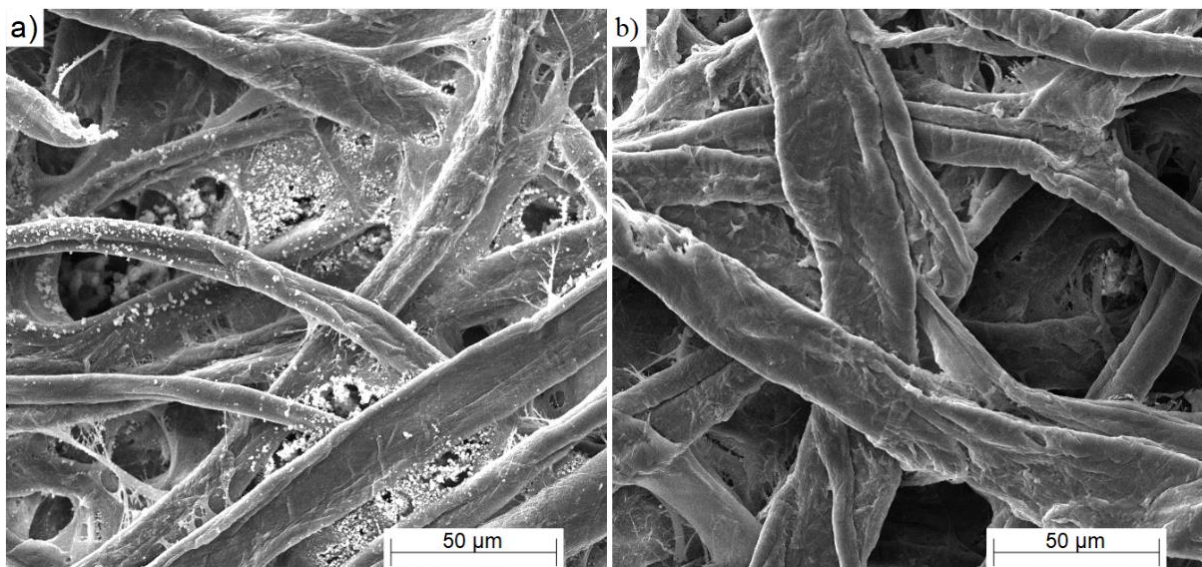
## METODY MĚŘENÍ

Testy byly provedeny pomocí Precision Spray Cleaning Pen (SnoPen SP 2000, Cleanlogix). Vzorčky byly automaticky ošetřeny pomocí vyvinutého čisticího systému s definovanými podmínkami. Účinnost byla porovnána se šesti technikami mechanického chemického čištění prováděnými komerčními materiály. Vliv ošetření byl testován na různých typech papíru a textilu, které představují materiály běžně používané v knihovních fondech.



## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Výsledky ukázaly, že dvoufázový sprej byl účinný při odstraňování jemných částic z porézního povrchu celulózových materiálů a to i při odstraňování kontaminantů z mezivlákněných prostor (Obr. 1.). Výsledky dale ukázaly, že dvoufázový sprej byl výrazně efektivnějším prostředkem pro odstraňování jemných částic z papíru a textilu, než srovnávané tradiční mechanické metody suchého čištění.



Obr. 1: Papír Whatman Grade 1: a) s deponovanými částicemi PM1 před čištěním a b) po čištění pomocí dvoufázového spreje

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu grantu NAKI III DH23P030VV068 s názvem „Využití plazmatu pro ošetření knihovnických fondů“.

## LITERATURA

Duhl, S., Nitzberg, N. et al. BPG Surface Cleaning. Book and Paper Group Wiki. American Institute for Conservation (AIC). (2021) Accessed 31 August 2024. [https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG\\_Surface\\_Cleaning](https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Surface_Cleaning)

Hatchfield, P.B. Pollutants in the Museum Environment, Practical Strategies for Problem Solving in Designm Exhibition and Storage. Archetype Publications, London, (2002).

# WHAT CAN PIXE AND OTHER NUCLEAR ANALYTICAL METHODS OFFER FOR ENVIRONMENTAL AND AEROSOL RESEARCH

Vladimír HAVRÁNEK

Nuclear Physics Institute, AS CR, v.v.i., 25068 Řež 130, Czech Republic  
havranek@ujf.cas.cz

Keywords: PIXE, RBS, PIGE, PESA, Nuclear microprobe, IBW

## INTRODUCTION

Since introduction in 1970, PIXE plays an important role in aerosol research. In one of the first articles about PIXE technique (Johansson, 1970) demonstrated that PIXE, when using MeV protons and Si(Li) detector for X-ray detection, is capable of detecting many elements at the  $10^{-12}$  g level simultaneously. Authors also suggested that aerosol research is one of the possible applications of this novel method. Since that the research of atmospheric aerosols rapidly grows and starts to use many other methods for physical, elemental and chemical analyses (Maenhaut, 2015). However the PIXE and other nuclear techniques can be still quite useful, especially when combination of methods, small samples, high sensitivity is required.

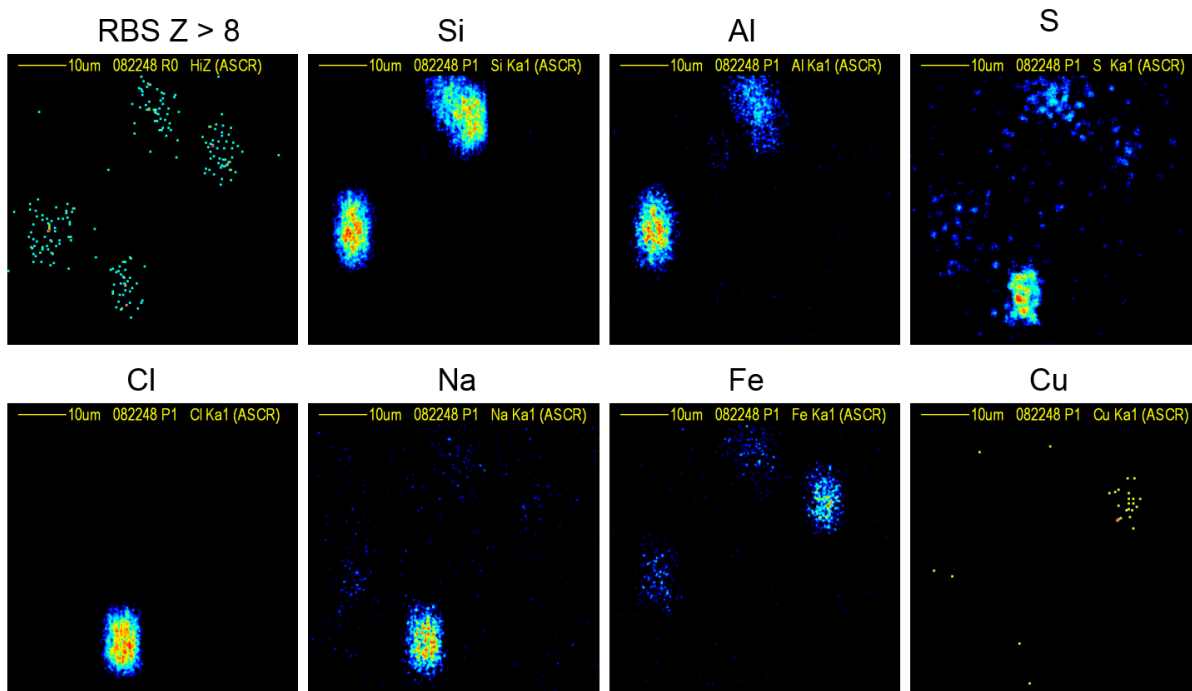
## AEROSOL MEASUREMENT IN NPI ŘEŽ

At Řež we have started with aerosol research at late eighties. The first work was done on 5MV Van de Graff accelerator (Havranek, 1994), where we also built the first multipurpose chamber for simultaneous analyses by PIXE, RBS, PIGE and PESA analysis. The combination of these methods can potentially provide information of elemental content of trace and matrix elements in sample from almost whole periodic table of elements, including Hydrogen analysis by PESA (in thin targets) and light element analysis as Li, F, B, Na by PIGE. Since 2005 we have a new 3MV TANDETRON 4130 MC electrostatic accelerator, which further improved our possibility and flexibility of analyses. Now we have two experimental lines, where we can perform aerosol analysis. New chamber for simultaneous analysis and ion micro-beam line with the beam resolution of about  $1\mu\text{m}$  and lateral scan up to approx.  $1 \times 1$  mm for 2D elemental mapping of samples. The micro-beam also allows us to analyze single aerosol particles (from coarse mode, see picture 1.) or to study the micro homogeneity of aerosol deposits. With the micro-beam we can also create (By IBW method) a membrane filters with given pattern of small pores with possible use also in aerosol collection and size classification (see picture 2.).

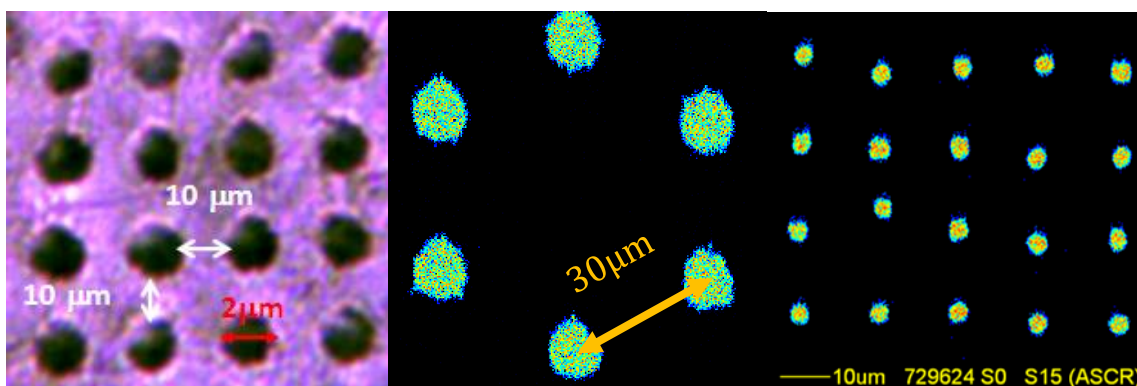
## ACKNOWLEDGEMENT

Part of the presented experimental work has been done at the CANAM (Centre of Accelerators and Nuclear Analytical Methods) infrastructure in NPI, AS CR v.v.i and supported by LM2011019 project.





Picture 1. Single particle analysis from stage 10 on BLPI impactor (Coarse particles) analysed by RBS and PIXE method by ion micro-beam with 2.6MeV protons. Scan size 50x50 $\mu\text{m}$ .



Picture 2. Different patterns created on ion microbeam by IBW method in thin PET foil. Optical image (left), STIM image (center and right). Multiple ion writing (left and center), single ion writing (right).

## REFERENCES

- Johansson, T.B., Akselsson, R and Johansson, S.A.E "X-ray analysis: Elemental trace analysis at the  $10^{-12}$  g level", Nucl. Instr. Meth. 84, 141–143 (1970)
- Maenhaut, W. "Present role of PIXE in atmospheric aerosol research", Nucl. Instr. Meth. B363, 86-91, (2015)
- Havránek, V., Hnatowicz, V., Kvítek, J., Obrušník, I., "Analysis of membrane filters and thick fly ash samples by PIXE", *Biol Trace Elem Res* 43, 185–193 (1994)

# STANOVENÍ RYCHLÝCH ZMĚN KONCENTRACÍ BIOGENNÍCH TĚKAVÝCH ORGANICKÝCH SLOUČENIN POMOCÍ DIFUZNÍHO DENUDERU

Kamil KŘŮMAL<sup>1</sup>, Gabriela HANDLÍŘOVÁ<sup>2</sup>, Pavel MIKUŠKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav analytické chemie AV ČR, v. v. i., Veveří 97, 602 00 Brno, krumal@iach.cz

<sup>2</sup> Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno

Klíčová slova: monoterpeny, denuder, BVOC

## SUMMARY

The optimization of conditions for the sampling of biogenic volatile organic compounds (BVOCs) in the air using a wet effluent diffusion denuder (WEDD) with subsequent analysis of collected samples by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) is the main topic of the presentation. Continuous sampling of analytes into an absorption liquid and taking samples at the denuder outlet at a two-minute intervals is the main advantage of the WEDD. Selecting appropriate conditions for the highest collection efficiencies of individual BVOCs in denuder and for using the method for sampling in ambient air with various meteorological events was the main aim of all experiments. The following optimal conditions were selected: denuder temperature (20 °C), airflow (500 ml/min), absorption liquid (*n*-heptane), absorption liquid flow (0.45 ml/min). The measured collection efficiencies of all studied BVOCs in denuder were above 89 % with these optimized conditions, except for highly volatile BVOCs. The detection limits of the studied BVOCs for this method are lower than their concentration in the outdoor air during the growing season. Therefore, the optimized method is suitable for the determination of fast changes in BVOCs concentrations (except highly volatile) in the outdoor air.

## ÚVOD

Těkavé organické sloučeniny (VOCs) jsou do atmosféry uvolňovány z antropogenních a biogenních zdrojů. Koncentrace VOCs mohou být stanoveny pasivním, nebo aktivním vzorkováním. Aktivní vzorkování je založené na prosávání vzorkovaného vzduchu přes vzorkovač s vhodným sorbentem nebo na kontinuálním nasávání vzduchu do analytického přístroje a poté spočítání přesné koncentrace VOCs ve vzorkovaném vzduchu.

Nejčastěji používaná metoda pro aktivní vzorkování je založena na záchytu VOCs na vhodném sorbentu v termodesorpčních trubičkách. V laboratoři se VOCs z trubiček termálně desorbují a analyzují pomocí plynové chromatografie spojené s hmotnostní spektrometrií (GC-MS). Stanovení VOCs pomocí trubiček vyžaduje termodesorpční jednotku zapojenou před GC-MS. Celkový počet vzorků ze sledované lokality je omezen počtem předem připravených trubiček se sorbentem. Odběr vzorků může trvat i několik desítek minut a některé méně stabilní VOCs se mohou po adsorpci na sorbentu v trubičkách degradovat vlivem neustálého prosávání vzorkovaného vzduchu, který obsahuje vzdušné oxidanty (OH, NO<sub>3</sub> radikály, ozón atd.) (Křůmal a kol., 2016). Tato metoda není vhodná pro stanovení rychlých změn koncentrací VOCs v ovzduší.

Druhou často používanou metodou je *on-line* analýza pomocí „Proton Transfer Reaction – Mass Spectrometry“ (PTR-MS). Tuto metodu lze aplikovat pro stanovení

rychlých změn koncentrací VOCs v ovzduší. PTR-MS nedovoluje separaci VOCs se stejnou  $m/z$  (např. monoterpeny), vyžaduje klimatizovanou místnost a kvůli své velikosti a nutnosti vysokého elektrického příkonu je jeho využití ve venkovním prostředí (např. v lese) omezené.

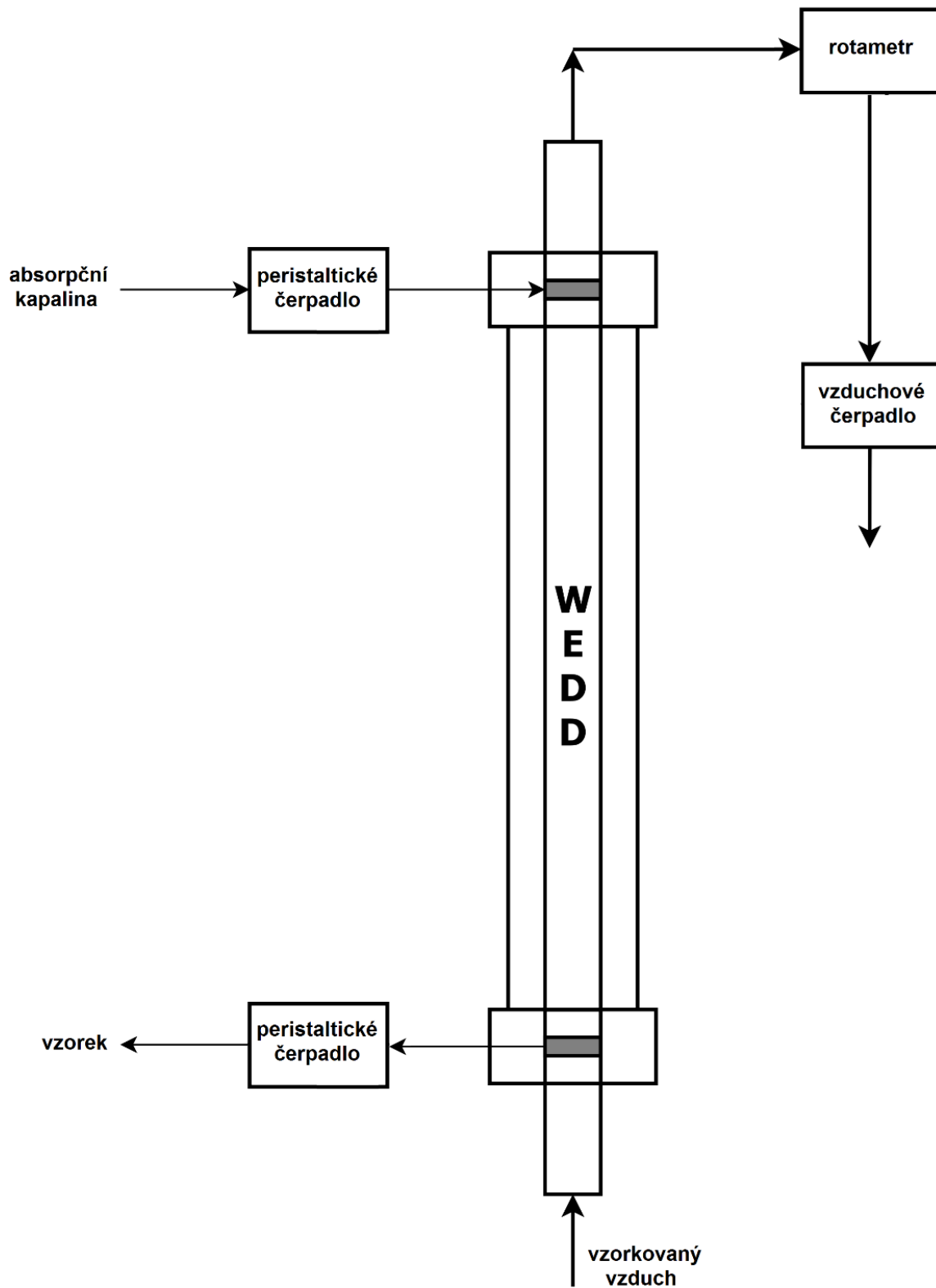
Stanovení rychlých změn koncentrací VOCs lze provést využitím difuzního denuderu se stékajícím filmem kapaliny („*wet effluent diffusion denuder*“, WEDD), který umožňuje odběr vzorků v časových intervalech již od 2 minut. Odebrané vzorky jsou poté *off-line* analyzovány GC-MS. Počet vzorků je prakticky neomezený. Závisí pouze na množství absorpční kapaliny a počtu vialek.

## METODY MĚŘENÍ

Difuzní denuder se skládal ze skleněné trubice (délka 38 cm, vnitřní průměr 9 mm) se speciálně upravenou vnitřní stěnou. Do prostoru trubice, která byla ve svislé poloze, byla do vrchní části pomocí peristaltického čerpadla přiváděna absorpční kapalina. Na vnitřní stěně trubice dochází k vytvoření tenkého filmu absorpční kapaliny, která stéká vlivem gravitace do spodní části denuderu. Současně byl pomocí vzduchového čerpadla do spodní části nasáván vzduch obohacený o plynné BVOCs. Vzduch procházel trubicí a BVOCs se sorbovaly do tenkého filmu absorpční kapaliny. Rychlost difuze BVOCs ke stěnám denuderu je závislá na difuzním koeficientu dané látky, který je závislý na okolní teplotě. Z tohoto důvodu je denuder během vzorkování temperován na stálou teplotu. Difuzní denuder nemá pro BVOCs stoprocentní účinnost záchytu, proto byly v systému zapojeny dva denudery v sérii. Vycházející vzduch z prvního denuderu byl veden do spodní části druhého denuderu, ve kterém byly zachyceny analyty vycházející z prvního denuderu (Obr. 1). Absorpční kapalina stékala do spodní části denuderů, odkud byla odsávána dalším peristaltickým čerpadlem do předem připravených vialek (Handlířová, 2022). Absorpční kapalina obohacená o zachycené BVOCs byla analyzována pomocí GC-MS (Agilent GC7890, MS5975) na koloně DB-1MS (30 m x 250  $\mu\text{m}$  x 0,25  $\mu\text{m}$ ).

Studované BVOCs, tj. isopren, 2-methyl-3-buten-2-ol (MBO), tricyklen,  $\alpha$ -pinen, kamfen,  $\beta$ -pinen,  $\alpha$ -felandren, 3-karen, limonen, cis- $\beta$ -ocimen, trans- $\beta$ -ocimen, terpinolen, eukalyptol, linalool, borneol,  $\alpha$ -terpineol, bornyl acetát,  $\beta$ -karyofylen,  $\alpha$ -karyofylen, byly generovány v difuzních celách dle normy ČSN ISO 6145-8. Koncentrace BVOCs nasávaných do denuderů byly mnohem vyšší, než jaké jsou přítomny ve venkovním ovzduší s ohledem na některé optimalizované parametry, při kterých se očekávala vysoká účinnost záchytu studovaných látek v prvním denuderu. Pro výpočet účinností záchytu musela být koncentrace BVOCs ve vzorcích z druhého denuderu dostatečně vysoká kvůli minimalizaci chyby ve výpočtu (Handlířová, 2022).

Koncentrace BVOCs v jednotlivých vzorcích byla vypočítána podle kalibračních křivek z analýz analytických standardů. Ze spočítané koncentrace ve vzorku, známého průtoku vzduchu denuderem a množství vzorku byla spočítána koncentrace BVOCs v nasávaném vzduchu v  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Ze získaných koncentrací BVOCs ve vzorcích z prvního a druhého denuderu byla podle specifické rovnice spočtena účinnost záchytu jednotlivých BVOCs v denuderu. Tato specifická rovnice s koeficienty byla vytvořena pro stanovení účinností záchytů (0 – 100 %) pro fiktivních 1000 denuderů zapojených za sebou (Handlířová, 2022).



Obr. 1: Difuzní denuder se stékajícím filmem kapaliny (Křůmal a kol., 2016).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Hlavním záměrem provedených experimentů byla optimalizace podmínek pro záchyt jednotlivých BVOCs do absorpční kapaliny difuzního denuderu. Stanovené účinnosti záchytu během experimentů v laboratorních podmínkách poslouží pro budoucí přepočet zachycených BVOCs ve venkovním prostředí na jejich reálnou koncentraci (dopočet na 100 %). Stanovené účinnosti záchytu by neměly být výrazně nižší, aby chyba při následném přepočtu byla co nejnižší a byla tedy z analytického hlediska akceptovatelná (Handlířová, 2022).

Byla studována účinnost záchytu BVOCs v denuderu na teplotě denuderu (15, 20 a 25 °C) a průtoku nasávaného vzduchu (250, 500, 750 a 1000 ml/min). Účinnosti záchytu jednotlivých BVOCs klesaly se zvyšujícím se průtokem vzduchu pro danou teplotu. Nejvyšší rozdíly byly zjištěny pro isopren a MBO. Směrodatné odchylky účinností u nižších průtoků (250 a 500 ml/min) byly velmi nízké, zatímco u vyšších průtoků (750 a 1000 ml/min) se naopak mírně zvyšovaly. Směrodatné odchylky účinností pro isopren a MBO byly naopak vysoké téměř u všech provedených experimentů. Se zvyšující se teplotou v denuderu roste tenze par absorpční kapaliny (*n*-heptan) a ta se rychleji odpařuje. Odpařování je navíc posíleno proudícím vzduchem v denuderu. Během odběru vzorků ve venkovním prostředí je důležité brát ohled i na relativní vlhkost vzduchu, která je taktéž závislá na teplotě a která může kondenzovat na vnitřní stěně denuderu a tím narušit tenký film absorpční kapaliny. Aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry, jako kompromis byla pro denuder vybrána teplota 20 °C (Handlířová, 2022).

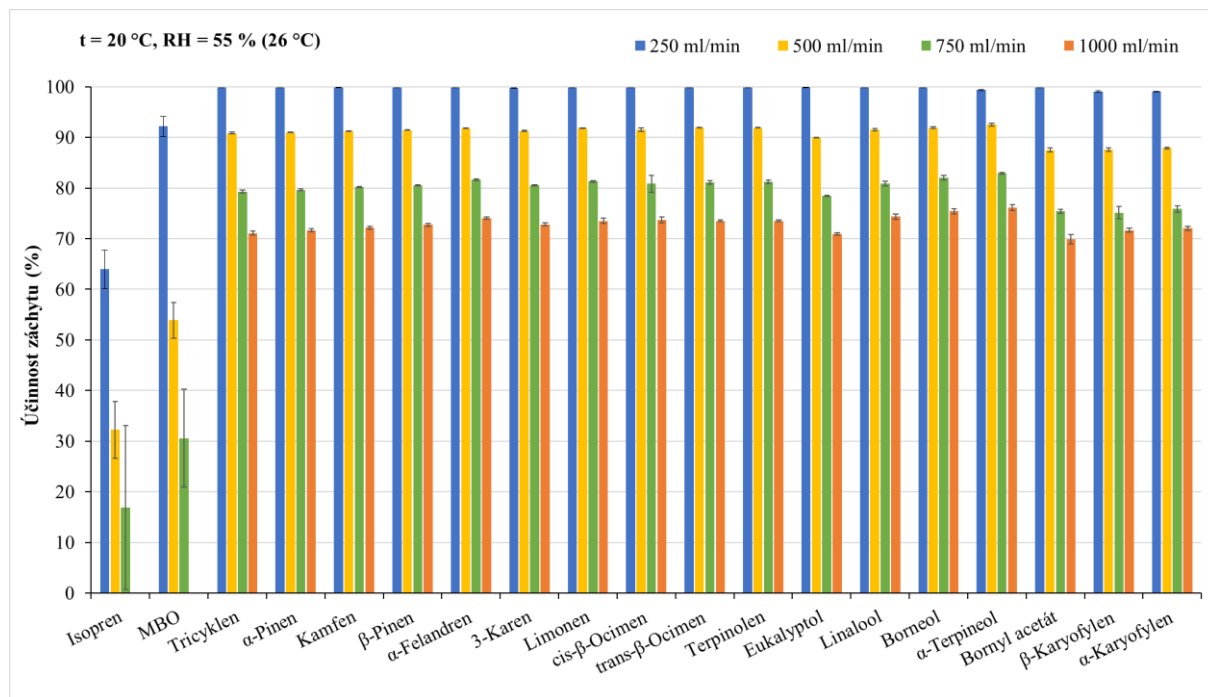
Byla studována účinnost záchytu BVOCs v denuderu na relativní vlhkosti nasávaného vzduchu (cca 25, 47 a 70 % při teplotě 26 °C). Během dne se ve venkovním prostředí mění teplota a relativní vlhkost vzduchu. Pokud by byla zjištěna závislost účinností záchytu na změnách v relativních vlhkostech vzorkovaného vzduchu, pak by se musela ve venkovním prostředí během odběru vzorků měřit i relativní vlhkost vzduchu a do přepočtů koncentrací (dopočet na 100 %) by musel být zahrnut i koeficient, který by zohlednil tyto změny účinností. Směrodatné odchylky účinností pro isopren a MBO byly opět vysoké téměř u všech měřených vlhkostech. U většiny BVOCs nebyly rozdíly měřených koncentrací v prvním denuderu výrazné. Avšak u některých, především oxidovaných (MBO, borneol,  $\alpha$ -terpineol), se zachycené koncentrace pro nejvyšší měřenou vlhkost snížily až o téměř 24 % (Handlířová, 2022).

Byla studována účinnost záchytu BVOCs v denuderu na průtoku (0,27 – 0,58 ml/min) absorpční kapaliny. Aby byla zajištěna perfektní sorpce a tím pádem nejvyšší účinnost záchytu, je potřeba dokonalé smočení celé délky vnitřní stěny denuderu. Díky tomu se vytvoří velká plocha absorpční kapaliny, do které se BVOCs můžou sorbovat. Z tohoto důvodu je nezbytné stanovit nejnižší možný průtok *n*-heptanu, aby byla vnitřní stěna ještě smočená a účinnost záchytu se nezměnila. Naopak při zbytečně vysokému průtoku bude odebraný vzorek se zachycenými BVOCs méně koncentrovaný a tím se zhorší limit detekce pro celou metodu. Účinnosti záchytu se u většiny studovaných látek výrazně nelišily. Výjimkou jsou opět isopren a MBO, u kterých bylo problematické spočítat účinnosti záchytu při nižších průtocích. Důvodem je zřejmě jejich vyšší těkavost. U těchto dvou látek by bylo potřeba vyšších průtoků než 0,58 ml/min (nejvýše testovaný), čímž by se naopak zhoršovaly limity detekce pro ostatní studované látky. Průtok *n*-heptanu by měl být ideálně v rozmezí 0,4 – 0,5 ml/min (Handlířová, 2022).

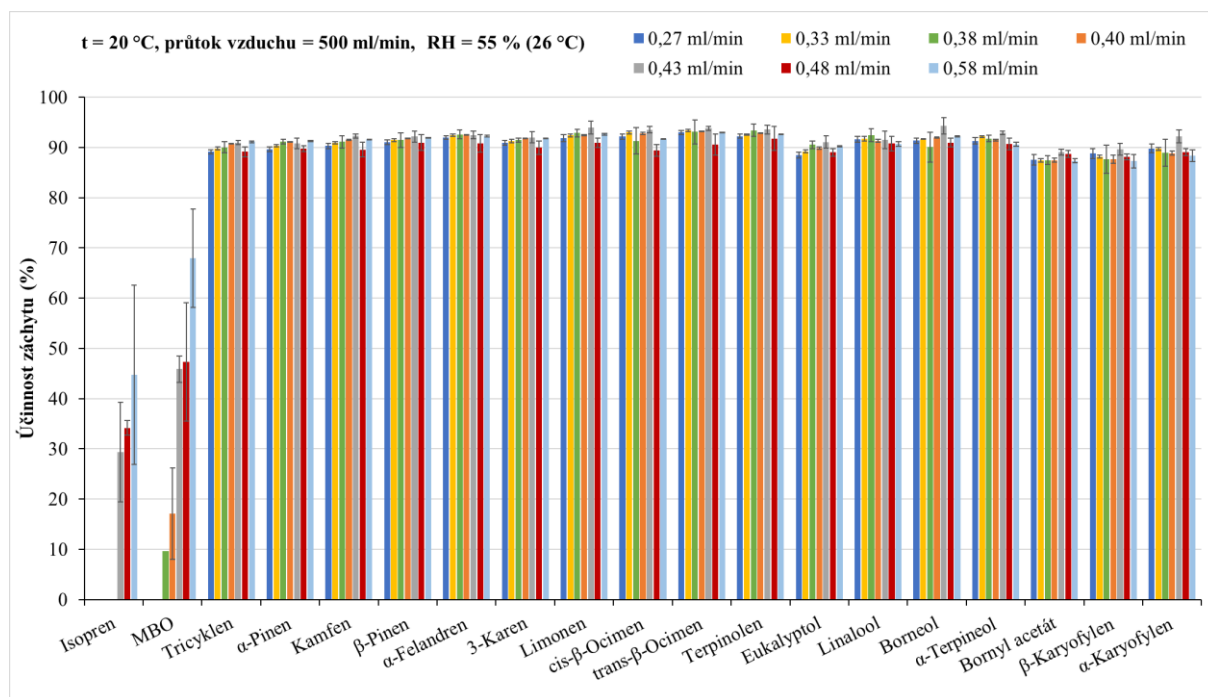
Byla studována účinnost záchytu BVOCs v denuderu na typu absorpční kapaliny (*n*-heptan, isopropanol). U většiny látek byly vypočtené koncentrace BVOCs v *n*-heptanu vyšší než v isopropanolu. Výjimkou byly oxidované látky, především s OH skupinou

(linalool, borneol,  $\alpha$ -terpineol), ale také eukalyptol, terpinolen a bornyl acetát, jejichž účinnost záchytu je pravděpodobně vyšší pro polární rozpouštědla. Rozdíly v koncentracích nebyly výrazné, proto se *n*-heptan jeví jako vhodnější absorpční kapalina, i vzhledem k analýzám na GC-MS (Handlířová, 2022).

Na vybraných obrázcích (Obr. 2 a 3) jsou uvedeny účinnosti záchytu BVOCs v denuderu při teplotě 20 °C.



Obr. 2: Závislost účinností záchytu BVOCs v denuderu na průtoku vzduchu.



Obr. 3: Závislost účinností záchytu BVOCs v denuderu na průtoku absorpční kapaliny.

## ZÁVĚR

Na základě dosažených výsledků byly jako nejvhodnější parametry pro odběr studovaných BVOCs z ovzduší pomocí difúzního denuderu vybrány následující hodnoty: teplota denuderu 20 °C, průtok nasávaného vzduchu 500 ml/min, absorpční kapalina *n*-heptan, průtok absorpční kapaliny 0,45 ml/min. Při těchto podmínkách byly naměřeny účinnosti záchytu všech BVOCs, s výjimkou isoprenu a MBO, nad 89 %. Tato metoda není vhodná pro stanovení isoprenu a MBO ve venkovním ovzduší.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podporována programem Regionální spolupráce Akademie věd ČR v letech 2023-2025, č. R200312301. Tato práce byla podporována také výzkumným záměrem Ústavu analytické chemie AV ČR, v. v. i. (RVO:68081715).

## LITERATURA

- ČSN EN ISO 6145-8. Analýza plynů – Příprava kalibračních plyných směsí. Dynamické objemové metody – Část 8: Difúzní metoda. *Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*, (2009).
- Handlířová G., Využití difúzního denuderu pro stanovení biogenních těkavých organických sloučenin v ovzduší, Diplomová práce, *Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí*, (2022).
- Křůmal K., Mikuška P., Večeřová K., Urban O., Pallozzi E., Večeřa Z., Wet effluent diffusion denuder: The tool for determination of monoterpenes in forest, *Talanta*, 153, 260-267, (2016).

# DEPOSITION OF RIGID GLASS FIBRES INSIDE A REPLICA OF FEMALE AIRWAYS

Jana KÁNSKÁ<sup>1</sup>, František LÍZAL<sup>1</sup>, Miloslav BĚLKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpt. of Thermodynamics and Environmental Eng., Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology, Brno, the Czech Republic, lizal@fme.vutbr.cz

Keywords: Fibres, Fibrous particles, Female airways, Glass wool, Inhalable aerosols

## INTRODUCTION

Inhaled fibrous microparticles can pose serious health risks, which have led to significant attention in the last decades (Khoa et al. 2022). Nevertheless, more and more studies focus on fibrous shapes in relation to inhalable drugs (Shachar-Berman et al. 2019). Fibres, particularly the smaller ones, can penetrate deeply into the lungs and reach the alveoli. Their elongated shape causes this. Usual inhalable spherical drugs in the size range of 5 – 10  $\mu\text{m}$  have difficulty reaching the deeper regions of the lung. Thus, the fibrous shape may provide a solution for delivery in these regions, but the mechanics of inhaled fibre flow are more complex compared to spherical particles. Therefore, it is important to understand how specific parameters (e.g. breathing flowrate, dimensions of fibres) influence the flow and deposition of fibrous aerosols in the human airways.

For a better understanding of this field, deposition experiments were performed. While the previous measurements utilized a male airway replica, this study presents the first use of a female airway replica. The collected data provided new insights into fibre deposition in the female airway and will also be used for validation of CFD simulations in order to improve the understanding of the flow of these particles.

## EXPERIMENTAL SETUP

Deposition experiments under two different realistic breathing regimes were performed: normal breathing (max. flowrate 27 lpm) and heavy breathing (max. flowrate 180 lpm). Polydisperse fibres in the diameter range of 1 – 10  $\mu\text{m}$  and length range of 5 – 100  $\mu\text{m}$  were used. The mixture of glass fibres and glass spheres was separated by a fluidized-bed-type disperser and then the dispersed fibres were inhaled into a realistic replica of female airways. The replica spans from the oral cavity to the seventh generation of lung bifurcation; the rest of the lung was simulated using output filters. The model was capable of “breathing” due to an original breathing simulator, which represented specific breathing patterns of the five lung parts: right upper lobe, right middle lobe, right lower lobe, left upper lobe and left lower lobe.

After the exposure, the airway replica was dismantled, and samples were obtained from each segment and output filter. Each sample was manually evaluated under a microscope with phase contrast (Nikon Eclipse), using a 40x objective with an aperture diaphragm Ph2. A modified method from WHO (1997) was used for evaluation.

## RESULTS

One of the primary deposition mechanisms for fibrous aerosols in the human respiratory airway is inertial impaction. The extent of inertial impaction is characterised by the Stokes number (Stk) (see Equation (1))



$$Stk = \frac{\rho_0 d_p^2 U_i}{18\mu D_i}, \quad (1)$$

where  $\rho_0$  represents the density of water,  $d_p$  is the aerodynamic equivalent diameter of the fibre,  $U_i$  is the mean flow velocity in the replica segment,  $\mu$  is the dynamic viscosity of air and,  $D_i$  is the equivalent diameter of the segment. Figure 1 illustrates the  $Stk$  in relation to deposition efficiency (DE), which is defined as the ratio of the number of deposited fibres in a specific region to the number of fibres entering that region. The figure demonstrates that with increasing Stokes number increases DE. The results indicate that if inhalable drugs had a fibrous shape, it would be important not only to choose the correct dimensions but also to consider the patient's breathing pattern.

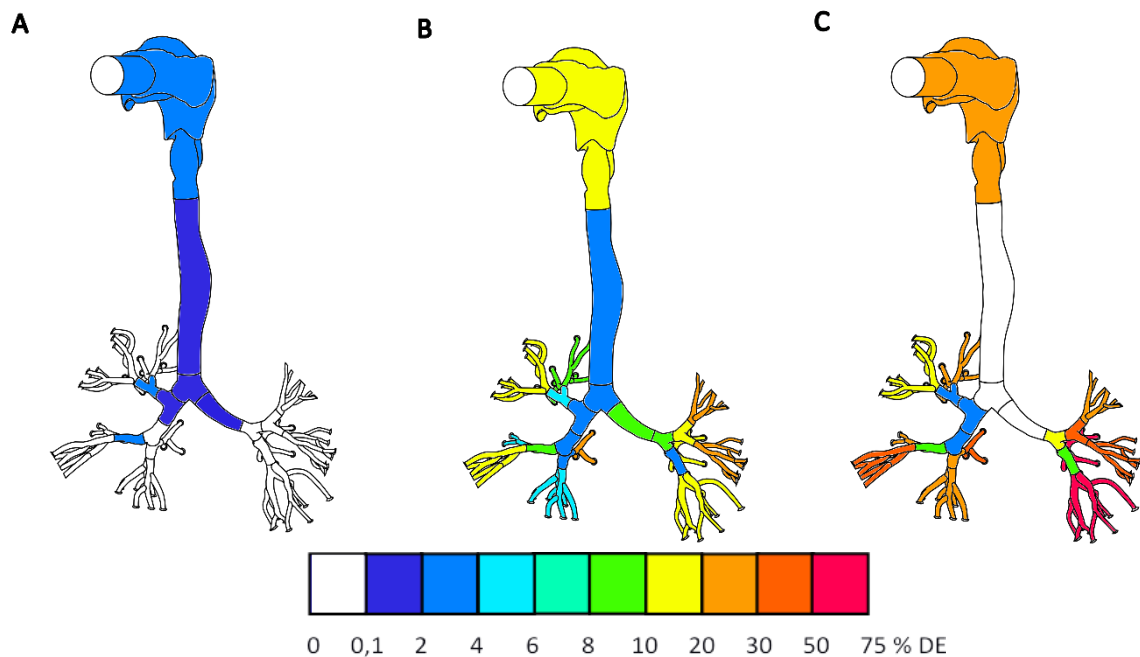


Fig. 1:  $Stk$  in relation to DE for heavy activity, A  $Stk$  to 0,1, B  $Stk$  to 1, C  $Stk$  above 1

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Czech Science Foundation under the grant GA22-20357S and FSI-S-23-8192. We acknowledge the assistance of ChatGPT, an AI language model, in refining the text of this abstract.

#### REFERENCES

- KHOA, N. D., N. L. PHUONG, K. TAKAHASHI A K. ITO Transport and deposition of inhaled man-made vitreous and asbestos fibers in realistic human respiratory tract models: An in silico study. *Japan Architectural Review*, 2022 2022, 5(4), 592-608.
- SHACHAR-BERMAN, L., Y. OSTROVSKI, K. KOSHIYAMA, S. WADA, a kol. Targeting inhaled fibers to the pulmonary acinus: Opportunities for augmented delivery from in silico simulations. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, Sep 2019, 137.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Determination of airborne fibre number concentrations. A recommended method, by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method). In. Geneva, 1997, p. 53.

# NÁMRAZA – NEZANEDBATELNÁ SOUČÁST ATMOSFÉRICKÉ DEPOZICE V HORSKÝCH EKOSYSTÉMECH

Iva HŮNOVÁ<sup>1,2</sup>, Marek BRABEC<sup>3,4</sup>, Marek MALÝ<sup>3,4</sup>, Anna VALERIÁNOVÁ<sup>1</sup>, Libor ELLEDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika, iva.hunova@chmi.cz

<sup>2</sup> Ústav pro životní prostředí PŘF UK, Praha, Česká republika

<sup>3</sup> Ústav informatiky, AV ČR, Praha, Česká republika

<sup>4</sup> Státní zdravotní ústav, Praha, Česká republika

Klíčová slova: Atmosférická depozice, námraza, trendy, meteorologické stanice,

## SUMMARY

This study explores the rime formation in the Czech Republic in recent two decades. The input data are the measurements of rime thickness observed at the Czech professional weather stations in 2002–2023 within the surface synoptic observations (SYNOP) recorded in 1-hour resolution. For advanced statistical modeling the generalized additive model has been used, accounting for long-term trends, seasonality, daily course and the North Atlantic Oscillation (NAO) index. All explanatory variables considered were highly statistically significant. High year-to-year variability in rime formation has been indicated at all stations. By far the highest rime thickness was recorded at the Lysá hora situated in the Beskydy Mts.

## ÚVOD

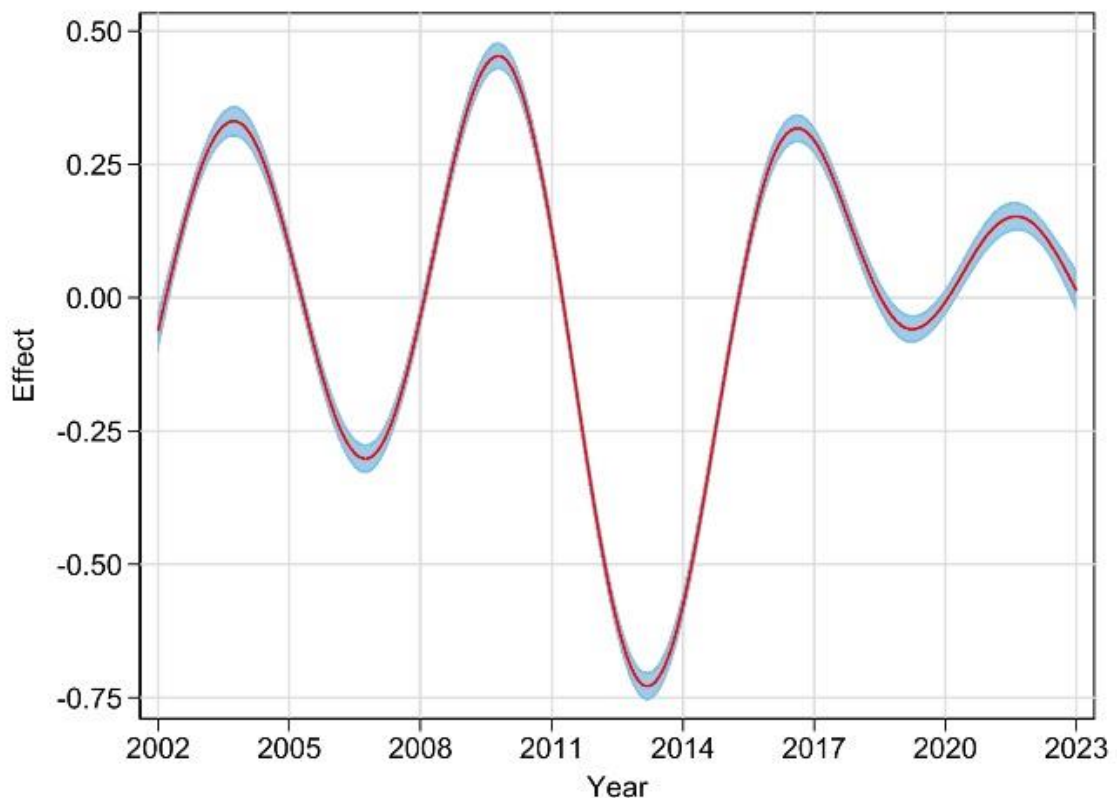
Atmosférická depozice je důležitým mechanismem samočištění ovzduší a současně představuje vstup důležitých živin i znečišťujících látek do ekosystémů. Depoziční toky jednotlivých látek se odhadují na základě měření mokré a modelování suché složky depozice. Depozice horizontální spojená s hydrometeory typu mlhy a námrazy zpravidla nebývá zohledněna vzhledem ke značné obtížnosti jejího stanovení. Přitom je prokázáno, že mlha i námraza jsou mnohem více mineralizované než odpovídající vzorky deště a sněhu. Významně vyšší koncentrace environmentálně důležitých látek v mlze i námraze byly potvrzeny i v České republice (ČR), v minulosti – v době silného znečištění ovzduší (Bridges et al., 2002; Fisak et al., 2009), ale i v současné době, po významném zlepšení kvality ovzduší (Hůnová et al., 2022; 2023). Pro kvantifikaci podílu námrazy na depozičním toku určité látky je potřeba znát nejen její koncentraci, ale také objem vody, která námrazu tvoří. Odhad hydrologického podílu námrazy ovšem není triviální záležitostí a zpravidla se používá, jako určitá aproximace, např. množství hodin s mlhou v zimním období (Bridges et al., 2002) nebo určité procento srážkového úhrnu sněhu např. 10 % zimních srážek (Hindman et al., 1983). Cílem této studie je analýza časových trendů a prostorových změn ve tvorbě námrazy v ČR z dat měřených na profesionálních meteorologických stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Výsledky by měly přispět k lepšímu pochopení zákonitostí při tvorbě námrazy na našem území a indikací oblastí, kde lze předpokládat významnější podíl námrazy na depozičních tocích znečišťujících látek.

## METODY MĚŘENÍ

Pro analýzu byla použita tloušťka vrstvy námrazku měřená v 1hod časovém rozlišení ze 23 profesionálních meteorologických stanic ČHMÚ za období 2002–2023. Pro pokročilé statistické modelování byl použit zobecněný aditivní model (GAM).

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Tloušťka vrstvy námrazy se mezi stanicemi významně lišila. Největší námraza byla dosahována na horách, nelze ale jednoznačně konstatovat, že námraza roste s nadmořskou výškou. Nejmasivnější námraza byla pozorována na stanici Lysá hora v Moravskoslezských Beskydech. Všechny parametry uvažované v GAM se ukázaly jako statisticky významné s tím, že vůbec nejvýraznější byl vliv ročního období, dále roku a denní doby, nejslabší pak vliv indexu severoatlantické oscilace (NAO). Nejprekvapivějším výsledkem modelování byly významné meziroční výkyvy v tloušťce námrazy (Obr. 1),



Obr. 1: Vliv roku na tloušťku námrazy, statistický model pro Lysou horu.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu grantu TAČR SS02030031 ARAMIS „Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší“. Veký dík patří i všem

pozorovatelům, kteří na profesionálních meteorologických stanicích ČHMÚ dlouhodobě zaznamenávali námrazové jevy, a bez jejichž pečlivé práce by tato studie nevznikla.

#### LITERATURA

Bridges, K.S., Jickells, T.D., Davies, T.D., Zeman, Z., Hůnová, I., Aerosol, precipitation and cloud water observations on the Czech Krusne Hory plateau adjacent to a heavily industrialised valley, *Atmos. Environ.*, 36, 353-360 (2002).

Fisak, J., Tesar, M., Fottova, D., Pollutant Concentrations in the Rime and Fog Water at the Milesovka Observatory, *Water Air Soil Pollut.* 196, 273-285 (2009).

Hindman, E.E., Borys, R.D., DeMott, P.J., Hydrometeorological significance of rime ice deposits in the Colorado Rockies, *B. Am. Water Res. Assoc.* 19, 619-624 (1983).

Hůnová, I., Novák M., Kurfürst P., Škáchová H., Štěpánová M., Přečová E., Komárek A., Čuřík J., Veselovský F., Bohdálková L., Contribution of rime to atmospheric sulphur deposition in Central Europe: A combined empirical and modelling approach, *Atm. Environ.*, 270, 118877, (2022).

Hůnová, I., Novák M., Kurfürst P., Škáchová H., Štěpánová M., Přečová E., Veselovský F., Čuřík J., Bohdálková L., Komárek A., Comparison of vertical and horizontal atmospheric deposition of nitrate at Central European mountain-top sites during three consecutive winters, *Sci. Total Environ.*, 869, 161697, (2023).

# STANOVENÍ EMISNÍ MOHUTNOSTI VYBRANÉHO VELKOPLOŠNÉHO ZDROJE AEROSOLU

Jan HOVORKA<sup>1</sup>, Miloš ZAPLETAL<sup>2</sup>, Jan HLADÍK<sup>2</sup>, Stanislav JURÁŇ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoř pro studium kvality ovzduší, Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika, jan.hovorka@natur.cuni.cz

<sup>2</sup>Fyzikální ústav, Slezská univerzita v Opavě, Opava, Česká republika

<sup>3</sup>Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Brno, Česká republika

Klíčová slova: Atmosférický aerosol, Emisní tok, Vzducholod', PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>

## SUMMARY

Determining the emission power of significant large-scale sources of atmospheric aerosol created by anthropogenic activity consists of two steps. The first is the determination of meteorological parameters for the concentration and size spectrum of the aerosol spatial structure and its dynamics over the considered source. The second step is the application of a suitable model solution of emission flows above the considered source. The tested aerosol source was an agricultural field. Flight measurements of number/mass concentrations and size spectra of atmospheric aerosol particles and meteorological parameters with a model solution were carried out in order to determine the emission strength of atmospheric aerosol sources over a large area.

## ÚVOD

Stanovení emisní mohutnosti významných velkoplošných zdrojů atmosférického aerosolu vzniklých působením antropogenní činnosti sestává ze dvou kroků. Prvním je stanovení meteorologických parametrů pro koncentrace a velikostní spektra aerosolu prostorové struktury a její dynamiky nad uvažovaným zdrojem. Druhým krokem je aplikace vhodného modelového řešení emisních toků nad uvažovaným zdrojem. Provéřovaným zdrojem aerosolu bylo zemědělské pole. Byla provedena letová měření početních/hmotnostních koncentrací a velikostních spekter částic atmosférického aerosolu a meteorologických parametrů s modelovým řešením za účelem stanovení emisní mohutnosti zdrojů atmosférického aerosolu o velké ploše (Hovorka et al., 2021).

## METODY MĚŘENÍ

Letovým prostředkem byla dálkově řízená vzducholod', plněná heliem. Užitečný vztlak vzducholodě je 1.7–15 kg, který se mění lineárně s teplotou vzduchu -10–35 °C. Měřicí přístroje byly na vzducholodi umístěné ve dvou gondolách. V první chránila Aerodynamický spektrometr částic (APS-3321, TSI, USA), který měří na 52 velikostních kanálech s frekvencí 1 Hz částice o velikosti 0.523–10 μm, metodou TOF. V druhé gondole byl umístěn Optický spektrometr částic (OPS 3330, TSI, USA) a (Nanoscan SMPS 3910, TSI, USA), které pokrývali velikost částic 10 nm–10 μm s intervalem 1 min. U obou gondol byl vzduch nasáván kovovým vyhříváním (50°C) inletem o délce cca 40 cm.

Gradientovou metodou byl nad zemědělskou půdou měřen povrchový tok hmotnosti částic PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> a PM<sub>10</sub> z dat APS a početní koncentrace - PNC z dat Nanoscan a OPS.

Směšovací vrstvou se rozumí ta část konvektivní hraniční vrstvy, ve které převládají konvektivní vířivé proudy s rozměry srovnatelnými s celou tloušťkou konvektivní hraniční vrstvy (CBL). Pro vyhodnocení naměřených hodnot koncentrací byl použit vztah vycházející z práce Wyngaarda a Brosta (1984) a jejího rozšíření Moengem a Wyngaardem (1984):

$$\frac{\partial C}{\partial z} = -g_b \frac{F_s}{z_i w^*} - g_t \frac{F_e}{z_i w^*}, \quad (1)$$

s gradientovými funkcemi  $g_b$  a  $g_t$  použitelnými pro popis procesů nad rovnou nezalesněnou zemí (pole, louky) danými vztahy (Spirig et al., 2004):

$$\begin{aligned} g_t &= 0,7 (1 - z/z_i)^{-2}, \\ g_b &= 0,4 (z/z_i)^{-3/2}, \end{aligned} \quad (2)$$

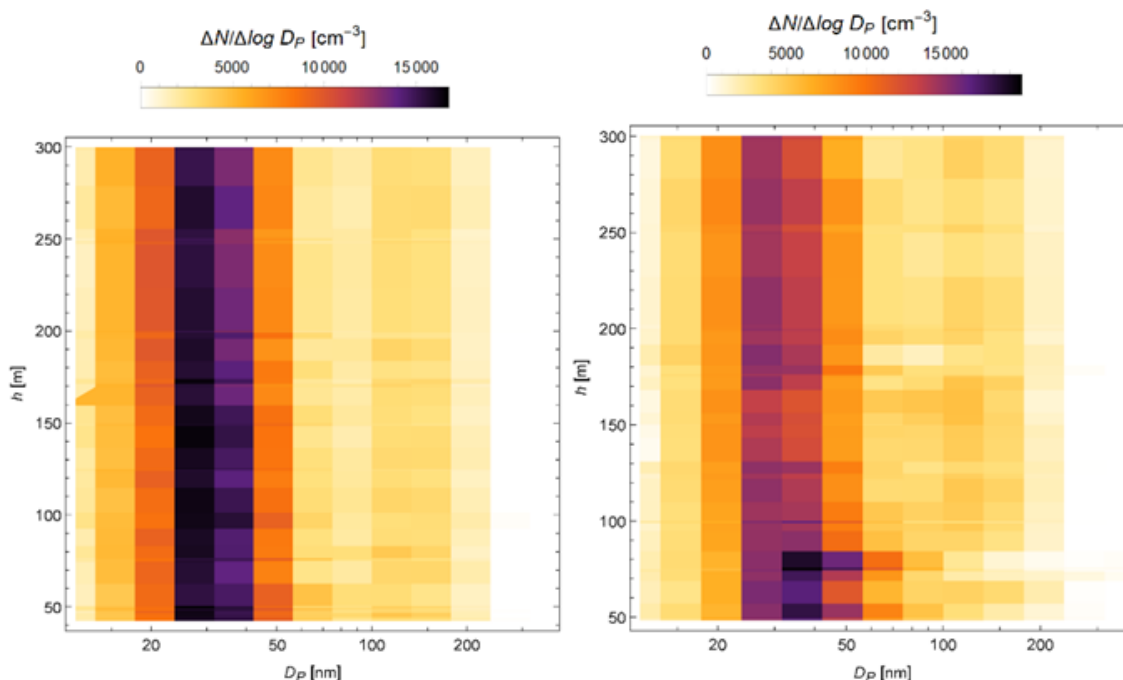
$$(3)$$

kde  $c(z)$  je koncentrace,  $F_s$  je turbulentní tok pasivního skaláru na povrchu,  $F_e$  je turbulentní tok pasivního skaláru skrz přechodovou zónu na horní hranici CBL,  $z$  je výška měření,  $z_i$  je výška hraniční vrstvy atmosféry (PBL),  $w^*$  je konvektivní rychlost.

Koeficienty  $F_s$  a  $F_e$  lze stanovit fitováním integrální podoby vztahu (1):

$$C = \frac{z_i}{10w^*} \left( \frac{7F_e}{z-z_i} + \frac{8F_s}{\sqrt{z z_i}} \right) + \text{konst} \quad (4)$$

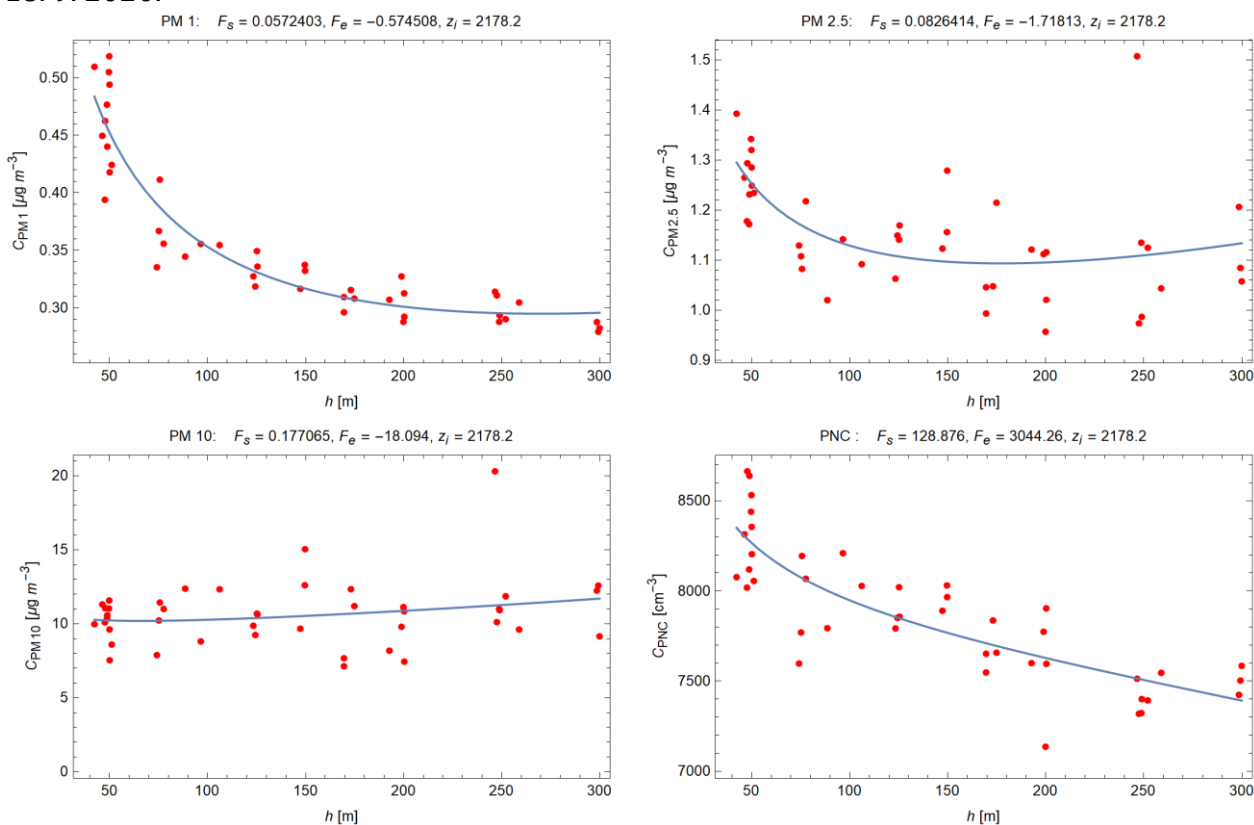
na naměřená data. Lze použít metodu nejmenších čtverců implementovanou v programu Wolfram Mathematica funkcí *FindFit*. Naměřená rozložení aerosolových částic udává Obr. 1.



Obr. 1: Výškový profil velikostních distribucí aerosolových částic pro lety dne 18. 09. 2020 v 14:10 hod.(vlevo) a 12:50 hod. (vpravo) (SEČ).

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

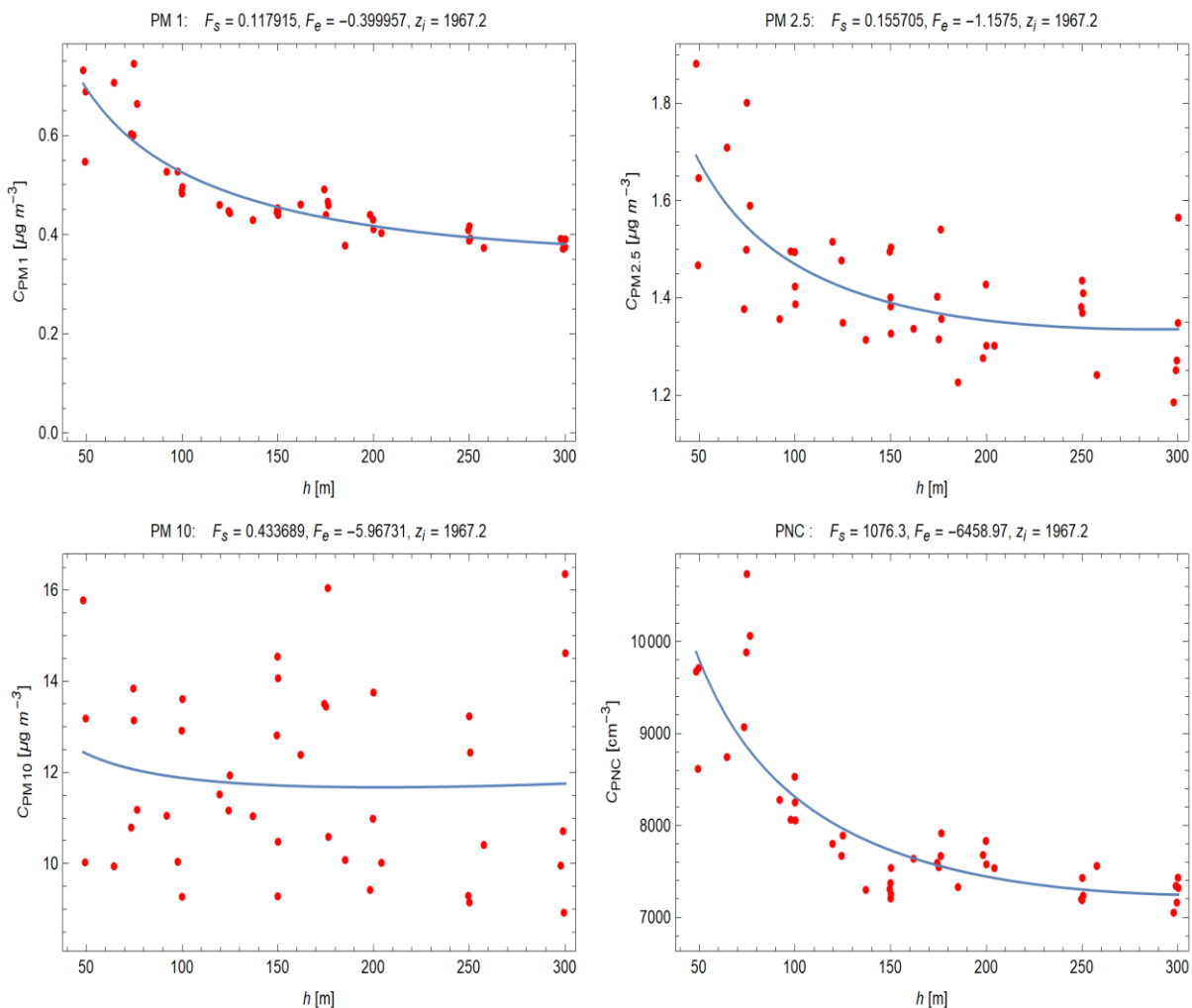
Použitelnost modelu pro výpočet emisního toku částic je možná pro měření nad zemědělskou půdou striktně při podmínkách dobře promíchané konvektivní mezní vrstvy (CBL) s intenzivním turbulentním mísením, jejíž výskyt je typický v teplé polovině roku. Lety v lokalitě Běleč 18.9.2020 splňují tyto podmínky. Na Obr. 2 a 3 jsou uvedeny naměřené koncentrace  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  a PNC v jednotlivých výškách pro let v 12:50 hod., respektive pro let v 14:10 hod. dne 18. 9. 2020 s vyznačením nejlepšího fitu. V Tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty povrchového toku  $F_s$  pro různé výšky  $z_i$  získané analýzou výškového profilu částic  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  a počtu částic PNC pro lety v lokalitě Běleč dne 18. 9. 2020.



Obr. 2: Naměřené koncentrace  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  a PNC v jednotlivých výškách pro let dne 18. 9. 2020 v 12:50 hod. (SEČ) s vyznačením nejlepšího fitu.

Tab. 1: Hodnoty povrchového toku  $F_s$  pro různé výšky získané analýzou výškového profilu koncentrací částic  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  a počtu částic PNC. Lokalita Běleč, dne 18. 9. 2020.

Čas letu	Výška h. v.	Konc.	Konc.	Konc.	Počet částic	Emisní tok	Emisní tok	Emisní tok	Emisní tok
SEČ	$z_i$	$PM_1$	$PM_{2.5}$	$PM_{10}$	PNC	$F_s PM_1$	$F_s PM_{2.5}$	$F_s PM_{10}$	$F_s PNC$
	m	$\mu g m^{-3}$	$\mu g m^{-3}$	$\mu g m^{-3}$	$cm^{-3}$	$\mu g m^{-2} s^{-1}$	$\mu g m^{-2} s^{-1}$	$\mu g m^{-2} s^{-1}$	$dm^{-2} s^{-1}$
12:50	2178.2	0.36	1.16	10.60	7876.09	0.06	0.08	0.18	128.88
14:10	1967.2	0.48	1.42	11.83	7959.30	0.12	0.16	0.43	1076.30



Obr. 3: Naměřené koncentrace  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  a PNC v jednotlivých výškách pro let dne 18. 09. 2020 v 14:10 hod. (SEČ) s vyznačením nejlepšího fitu.

Použitý model je v současné době jedním z nejpokročilejších modelů pro zpracování dat získaných letovým měřením. Limitací modelu je však skutečnost, že poskytuje korektní řešení emisních toků částic striktně při podmínkách dobře promíchané konvektivní mezní vrstvy (CBL) s intenzivním turbulentním mísením, jejíž výskyt je typický v teplé polovině roku. Taková podmínka byla splněna pro zemědělská pole. Pro důležité typy zdrojů aerosolu za inverzních podmínek teplotního zvrstvení není v současné době vhodné modelové řešení emisních toků ze vzducholodi.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu grantu projektu TAČR TH02030238 „Metodika experimentálního stanovení emisní mohutnosti vybraných zdrojů aerosolu“.



## LITERATURA

- Hovorka, J., Zapletal, M., Hladík, J., Juráň, S., Metodika experimentálního stanovení emisní mohutnosti vybraných zdrojů aerosolu. Závěrečná zpráva projektu TH02030238 program EPSILON, (2021).
- Moeng CH. H., Wyngaard, J., Statistics of Conservation Scalars in the Convective Boundary Layer. *J. Atmos. Sci.*, 41(21), (1984).
- Spirig, C.; Guenther, A.; Greenberg, J. P.; Calanca, P., Tarvaienen, V., Tethered balloon measurements of biogenic volatile organic compounds at a Boreal Forest site. *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 215–229, (2004).
- Wyngaard, J., Brost, R. A., Top-down and bottom-up diffusion of a scalar in the convective boundary layer. *Journal of The Atmospheric Sciences*, 41(1), 102–112, (1984).

# DVOULETÁ STUDIE UHLÍKATÝCH AEROSOLŮ A STABILNÍHO IZOTOPOVÉHO SLOŽENÍ CELKOVÉHO UHLÍKU NA VYSKO-ARKTICKÉ STANICI ALERT, KANADA

Petr VODÍČKA<sup>1,2</sup>, Kimitaka KAWAMURA<sup>2</sup>, Bhagawati KUNWAR<sup>2,3</sup>, Lin HUANG<sup>5</sup>,  
Dhananjay K. DESHMUKH<sup>2</sup>, Md. M. HAQUE<sup>2,4</sup>, Sangeeta SHARMA<sup>5</sup>, Leonard BARRIE<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Ústav chemických procesů AV ČR, Praha, Česká republika, vodicka@icpf.cas.cz

<sup>2</sup> Chubu Institut for Advanced Studies, Chubu University, Kasugai, Japonsko

<sup>3</sup> Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japonsko

<sup>4</sup> School of Ecology and Applied Meteorology, NUIST, Nanjing, Čína

<sup>5</sup> Environment and Climate Change Canada, Toronto, Kanada

<sup>6</sup> Atmospheric and Oceanic Sciences Department, McGill University, Montreal, Kanada

Klíčová slova: celkové suspendované částice, uhlíkaté aerosoly, karbonáty,  $\delta^{13}\text{C}$ , Arktida

## SUMMARY

Two-years of measurements (summer 2016 - spring 2018) of carbonaceous aerosols at the High Arctic station Alert, Canada, showed that in addition to organic carbon (OC) and elemental carbon (EC), carbonate carbon (CC) was not negligibly present. The relative abundances of CC in total carbon (TC) was 15% on average for the whole period. Based on analysis of air mass back trajectories, we infer two possible sources of CC in the Arctic total suspended particles (TSP). The CC content was significantly reflected in the stable carbon isotopic composition ( $\delta^{13}\text{C}$ ) of TC. Thus, carbonates in Arctic TSP have to be taken into account both in isotopic studies using  $\delta^{13}\text{C}$  analyses as well as when considering the impact of carbonaceous aerosols on Arctic climate.

## ÚVOD

Koloběh uhlíku v arktické atmosféře je důležitý pro pochopení náhlých klimatických změn v této oblasti. Aerosoly jsou jedním z faktorů ovlivňujících klima, ale jejich vliv na něj podléhá značným nejistotám. Nejistoty v jejich radiačním působení jsou spojeny především s uhlíkatými aerosoly. V této studii představujeme dva roky pozorování uhlíkatých aerosolů na arktické stanici Alert (Kanada) se zaměřením na obsah uhličitánů a izotopové složení  $\delta^{13}\text{C}$  celkového uhlíku.

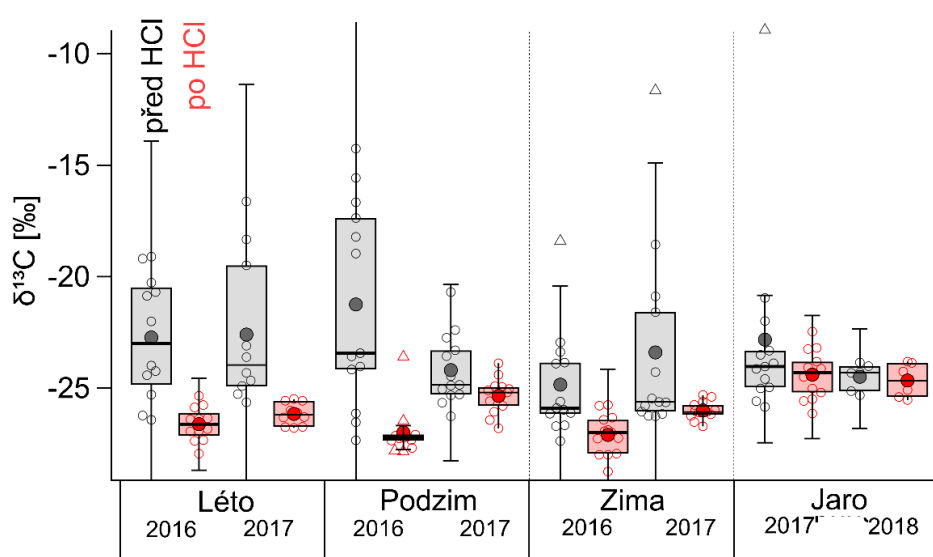
## METODY MĚŘENÍ

Měření uhlíkatých aerosolů bylo provedeno na dvouletém setu vzorků (N = 93, červen 2016 - duben 2018) celkových suspendovaných částic (TSP) odebraných v týdenních intervalech na arktické stanici Alert, Nunavut, Kanada (82°27'N, 62°30'W, 210 m ASL). Bylo provedeno měření organického uhlíku (OC), elementárního uhlíku (EC) a celkového uhlíku (TC = OC + EC) teplotním protokolem Improve\_A (Chow et al., 2007). Stejně vzorky byly dále analyzovány na stabilní izotopické složení uhlíku ( $\delta^{13}\text{C}$ ) v TC pomocí EA-IRMS. Všechny výše uvedené analýzy (EC, OC, TC a  $\delta^{13}\text{C}$  v TC) byly poté opakovány po vystavení vzorků působení par HCl. Z rozdílu TC a TC po ošetření HCl (TC<sub>HCl</sub>) byl vypočten obsah CC (CC = TC - TC<sub>HCl</sub>), který zhruba reprezentuje obsah uhličitánů v daných vzorcích.

## VÝSLEDKY

Podíl aerosolu CC (tj. uhlíčanového uhlíku) v arktickém TSP na stanici Alert není zanedbatelný. Relativní zastoupení CC v TC se pohybovalo od 0 do 60 % s průměrem 15 % za celé období měření. V průměru zde bylo 25 % (rozmezí 0 až 81 %) EC a 12 % (rozmezí 0 až 46 %) OC analyzovaných protokolem Improve\_A identifikováno jako CC. Vliv odstranění CC ze vzorku se významně projevil i v izotopovém složení  $\delta^{13}\text{C}$  TC (Obr.1). Vliv CC na  $\delta^{13}\text{C}$  se projevil zejména v létě 2016 a 2017 a také během podzimu 2016 v důsledku silného lokálního transportu arktického prachu. Naopak vliv odstraňování CC na  $\delta^{13}\text{C}$  byl nejnižší na jaře.

Na základě analýz zpětných trajektorií vzdušných hmot jsme identifikovali dva možné zdroje uhlíčanů. Prvním jsou erodované a resuspendované vápencové sedimenty v severní části Kanady. Druhým zdrojem mohou být vápenaté schránky (kokolity) produkované mořským fytoplanktonem a přenášené ze Severního ledového oceánu i ze severního Atlantiku. Detaily budou diskutovány během přednášky.



Obr. 1: Sezónní variace izotopového složení  $\delta^{13}\text{C}$  v celkovém uhlíku (TC) obsaženém v celkových suspendovaných částicích (TSP) před a po fumigaci HCl u vzorků odebraných na vysoko-arktické stanici Alert v období od léta 2016 do jara 2018.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento konferenční příspěvek byl podpořen grantem MŠMT ČR ACTRIS-CZ LM2023030 a grantem japonské společnosti JSPS č. 24221001. Autoři děkují CFS (Canadian Forces Station) Alert za údržbu základny, a dále Andrew Plattovi, operátorovi pro ECC (Environment and Climate Change Canada) na stanici Alert, za koordinaci odběru vzorků.

## LITERATURA

Chow, J.C., Watson, J.G., Chen, L.-W.A., Chang, M.C.O., Robinson, N.F., Trimble, D., Kohl, S., 2007. The IMPROVE\_A temperature protocol for thermal/optical carbon analysis: maintaining consistency with a long-term database. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 57, 1014–1023. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.57.9.1014>

# VYHODNOCENÍ SENZOROVÝCH MĚŘENÍ KONCENTRACÍ AEROSOLOVÝCH ČÁSTIC V PROJEKTECH FINANCOVANÝCH Z NORSKÝCH FONDŮ

Pavel CHALOUPECKÝ, Ondřej SVAČINKA

ENVItech Bohemia s.r.o., Praha, Česká Republika, chaloupecky@envitech-bohemia.cz

Klíčová slova: Prašný aerosol, Sensorická měření

## SUMMARY

This study focuses on the evaluation of sensor-based measurements of aerosol particle concentrations in environmental projects funded by the Norwegian grants realized during the years 2023 and 2024. The projects funded by the Norway Grants focused on monitoring the concentration of dust particles in relation to the assessment of the impact of local heating. ENVItech Bohemia s.r.o. has implemented directly or indirectly (e.g. by subcontracting) 14 projects financed from this grant. During the implementation of these projects, a great deal of experience has been gained from the operation of sensor units for the measurement of dust particles. These experiences, operational lessons and recommendations for the use of sensor units are summarised in this paper.

## ÚVOD

Tato studie se zaměřuje na hodnocení sensorových měření koncentrací aerosolových částic v environmentálních projektech financovaných z Norských fondů realizovaných v letech 2023 a 2024. Projekty financované z Norských fondů se zaměřovaly na sledování koncentrace aerosolových částic v návaznosti na hodnocení vlivu lokálního vytápění. Společnost ENVItech Bohemia s.r.o. realizovala přímo nebo nepřímo (např. formou subdodávky) 14 projektů financovaných z výzvy „Svalbard – Monitoring a identifikace místního znečištění ovzduší zapříčiněného lokálními topeništi“ – v části A) Pořízení a instalace senzorů kvality ovzduší za účelem provádění lokálního monitoringu. Během realizace těchto projektů bylo získáno mnoho zkušeností z provozu sensorových jednotek pro měření aerosolových částic. Tyto zkušenosti, poznatky z provozu a doporučení pro používání sensorových jednotek jsou shrnuty v tomto dokumentu.

## ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROJEKTECH A METODIKA

V rámci části A) Pořízení a instalace senzorů kvality ovzduší za účelem provádění lokálního monitoringu výzvy Svalbard – Monitoring a identifikace místního znečištění ovzduší zapříčiněného lokálními topeništi byly podporovanými aktivitami pořízení a instalace senzorů kvality ovzduší za účelem provádění lokálního monitoringu s důrazem na problematiku vytápění domácností (tzv. lokálních topenišť), přičemž provádění sensorového měření kvality ovzduší muselo být současně ověřeno referenčním měřením.

V rámci implementace výše uvedených 14 projektů bylo nainstalováno 296 prachoměrných optických sensorických jednotek a 37 meteorologických jednotek s

měření rychlosti a směru větru, teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu napříč Českou republikou.

Pro monitoring byly použity optické senzory vhodné pro použití ve venkovním prostředí. Pro měření aerosolových částic PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> a PM<sub>1</sub> byly využity senzorní jednotky enviDUST měřící na optickém principu. Koncentrační rozsah jednotek je 0 – 500 µg/m<sup>3</sup> a nejistota měření nepřesahuje 35%. K měření meteorologických veličin byly využity senzorní meteorostanice enviMET schopné detekovat teploty -20 °C až +50 °C, relativní vlhkost, atmosférický tlak, směr a sílu větru.

Měřící jednotky byly většinou nainstalovány na místech s možností připojení na 230 V ve výšce 2 – 4 m nad zemským povrchem, v bezpečné zóně, kde nehrozí jejich poškození lidmi či jinými vlivy, mimo přímý dosah emisních zdrojů, ale zároveň v lokalitách, kde lze očekávat zvýšené imisní koncentrace vlivem lokálních topenišť. Při rozmístění čidel byl zohledněn záměr každého jednotlivého projektu, např. porovnání koncentrace látek v nižších údolních polohách s horšími rozptylovými podmínkami a v lépe provětrávaných vyšších polohách; porovnání lokalit s různým druhem vytápění, apod.

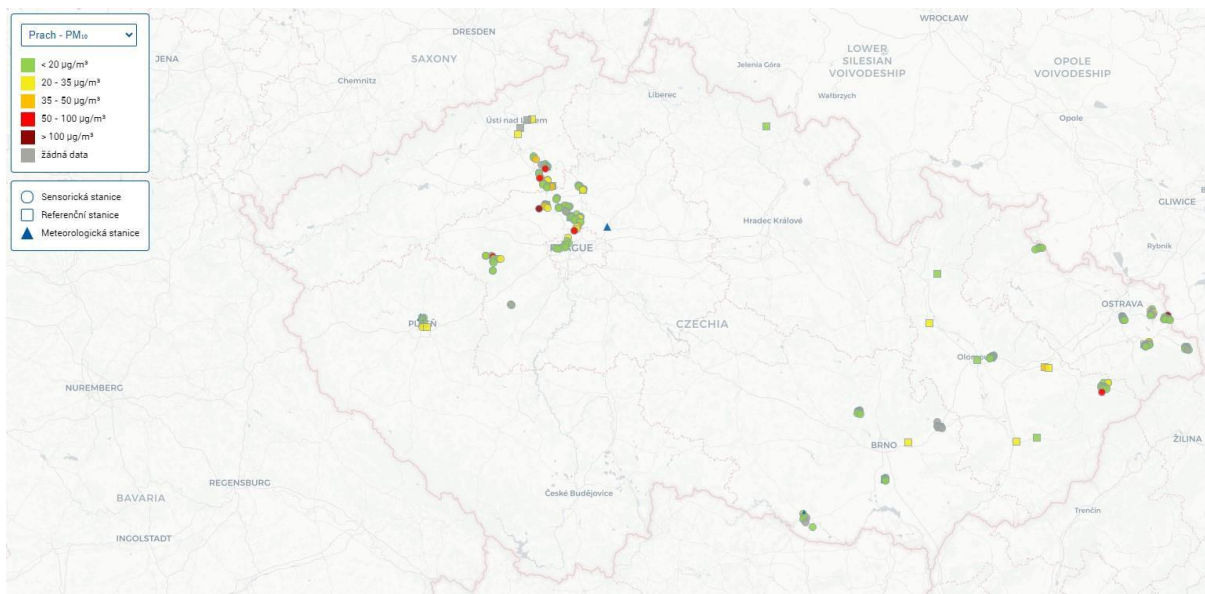


Obr. 1: Prachoměrná senzorní jednotka enviDUST (vlevo), senzorní meteorostanice enviMET

Po celou dobu monitoringu byla naměřená data dostupná na webovém portálu smartENVI. smartENVI nabízí přehledné geografické zobrazení monitorovaných lokalit, umožňuje rozdělení do projektů, poskytuje grafické zobrazení detailů stanic s aktuálními hodnotami, umožňuje snadné a přehledné srovnání různých veličin mezi stanicemi, nabízí návštěvníkům možnost stahovat data a vytvářet tak vlastní analýzy o stavu ovzduší. SmartENVI zobrazuje data jak ze senzorních, tak vybraných referenčních stanic a umožňuje tak laické veřejnosti i odborníkům sledovat stav ovzduší v mikroregionálním i celostátním měřítku.

Webová aplikace SmartENVI - <https://www.smartenvi.eu/>





Obr. 2: Ukázka webového portálu smartENVI

Ve všech měřících lokalitách probíhal monitoring během topné sezóny 2023/2024. Instalace jednotlivých sensorových jednotek probíhaly během října až prosince 2023 a měření v rámci většiny projektů bylo ukončeno k 31.3.2024.

Zajištění metrologické návaznosti bylo zajištěno formou srovnávacího měření (tzv. souměření) sensorových jednotek s ekvivalentními prachoměry ENVEA MP101M a PALAS FIDAS 200 (tj. zařízení pravidelně metrologicky navazované na certifikované referenční materiály nebo kalibrované kalibračními laboratořemi) v reálných venkovních podmínkách na základě kolokace (všechna čidla na jednom místě). Před prvotní instalací bylo provedeno souměření na stanicích AIM provozovaných ČHMÚ – Brno – Líšeň, Těšovice a Kuchařovice tak, aby bylo simulováno městské, venkovské i pozadové prostředí. Toto souměření probíhalo 40 dní v měsících září a říjnu. Bohužel po celou dobu souměření byly velmi nízké koncentrace aerosolových částic v ovzduší, což se ukázalo jako významný faktor pro následující průběh měření. Z tohoto souměření byly vypočteny pro každou jednotku korekční koeficienty, které byly zapracovány do systému zpracování naměřených dat a nejistoty měření.



Obr. 3: Souměření sensorických jednotek na stanici AIM Těšovice

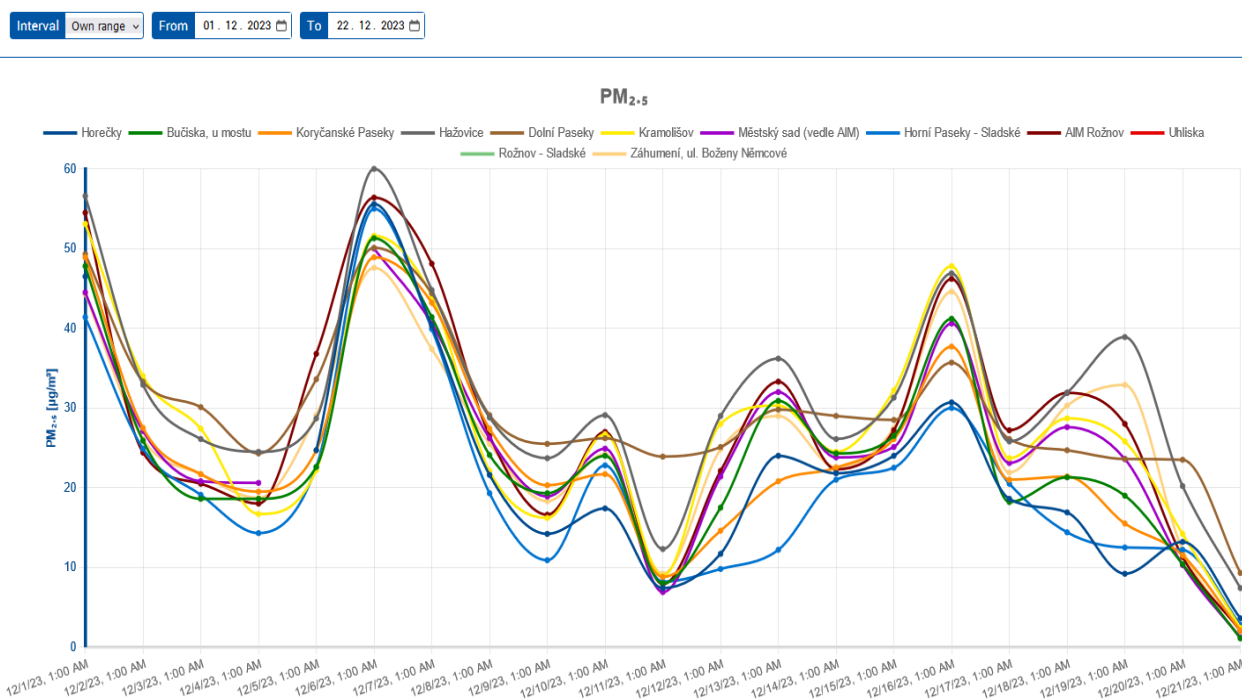
Některé projekty umožňovaly průběžné validování dat ze sensorových jednotek v návaznosti na certifikované jednotky instalované v rámci obce či města. V rámci zbylých projektů proběhlo další souměření s měřícím vozem Envitech vybaveným prachoměrem Palas Fidas 200 během února a začátku března 2024. Korekční koeficienty tak byly několikrát během sledovaného období aktualizovány (především po epizodách s vyššími koncentracemi aerosolových částic, které se během úvodního souměření bohužel nevyskytovaly).

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Během výše zmíněného měření byly zjištěny některé obecné charakteristiky senzorů na měření aerosolových částic, které jsou shrnuty níže.

### *Smysluplné využití sensorových jednotek*

Drtivá většina měření jednotlivými senzory vykazuje velmi podobné až shodné trendy a pokud je použitý vhodný korekční koeficient, je využití senzorů pro indikativní monitoring aerosolových částic ideálním nástrojem. Možnost vybudování husté sítě měření v rámci jednoho města či v rámci regionu vykazuje zajímavý potenciál.



Obr. 4: Příklad srovnání trendů naměřených sensorovými jednotkami a zařízením Palas Fidas 200 v rámci sítě v Rožnově pod Radhoštěm

### *Měření jednotlivých frakcí PM*

Senzorová jednotka enviDUST využívající prachový senzor Plantower 5003 měří plnohodnotně menší frakce  $PM_1$  a především  $PM_{2.5}$ , přičemž frakce  $PM_{10}$  a je částečně dopočítávána. Z měření bylo zjištěno, že kvalita měření  $PM_{2.5}$  (průměrné koeficienty determinace  $R^2$  ze souměření s ekvivalentními přístroji 0,71) je o poznání lepší než kvalita

měření frakce PM<sub>10</sub> (průměrné koeficienty determinace R<sup>2</sup> ze souměření s ekvivalentními přístroji 0,62). Frakce PM<sub>10</sub> vykazuje mnohem četnější výskyt nereálných hodnot (píků).

#### *Kvalita měření při nízkých a vysokých koncentracích*

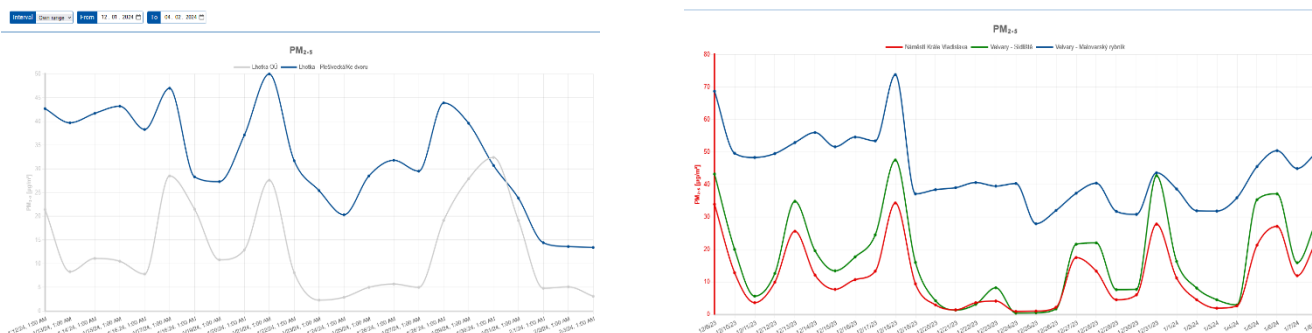
Senzorové jednotky enviDUST vykazují nejlepší kvalitu naměřených dat (v porovnání s ekvivalentními přístroji) při koncentracích v rozmezí přibližně 15 – 30 µg/m<sup>3</sup>. Během měřicí kampaně bylo zjištěno, že drtivá většina senzorových jednotek při velmi nízkých koncentracích (pod 10 µg/m<sup>3</sup>) mírně podměřuje a naopak při vyšších koncentracích (nad 40 µg/m<sup>3</sup>) přeměřuje, a to i velmi výrazně (v extrémních případech i dvoj- až trojnásobně).

#### *Dlouhodobá stabilita měření*

Životnost jednotlivých senzorů Plantower 5003 je patrně odlišná kus od kusu. Většina z instalovaných jednotek vykazovala během celé kampaně stabilní kvalitu měření a téměř neztrácela citlivost, nebo jen nepatrně. Přibližně 15% senzorů Plantower 5003 bylo třeba během kampaně buď vyměnit za nové nebo aplikovat nové korekční koeficienty díky ztátné ztrátě citlivosti. Z toho jasně vyplývá, že je třeba během měření pravidelně provádět souměření s referenčními či ekvivalentními přístroji.

#### *Interference vlhkosti vzduchu*

Jsou lokality, kde nebyla zjištěna žádná významná ovlivnění naměřených koncentrací PM vlhkostí vzduchu. Naopak některé lokality vykazují významnou interferenci vlhkosti vzduchu. Na Obr. 5 jsou zobrazeny 2 grafy z lokalit Lhotka a Velvary. V obou lokalitách byly senzorové jednotky nainstalovány mimo ovlivnění veškerých potenciálních emisních zdrojů a jedná se o pozad'ové lokality, které měly vykazovat potenciálně nejnižší naměřené hodnoty. V obou případech ovšem naměřené hodnoty PM výrazně převyšovaly hodnoty naměřené v okolních lokalitách. Je velmi pravděpodobné, že tento jev je způsobený tím, že v naprosté blízkosti senzoru se nachází vodní plocha. Tento jev byl vyzorován i v některých dalších lokalitách v rámci jiných projektů. Je tak třeba dbát na to, aby nebyly senzorové jednotky instalované poblíž vodních ploch.



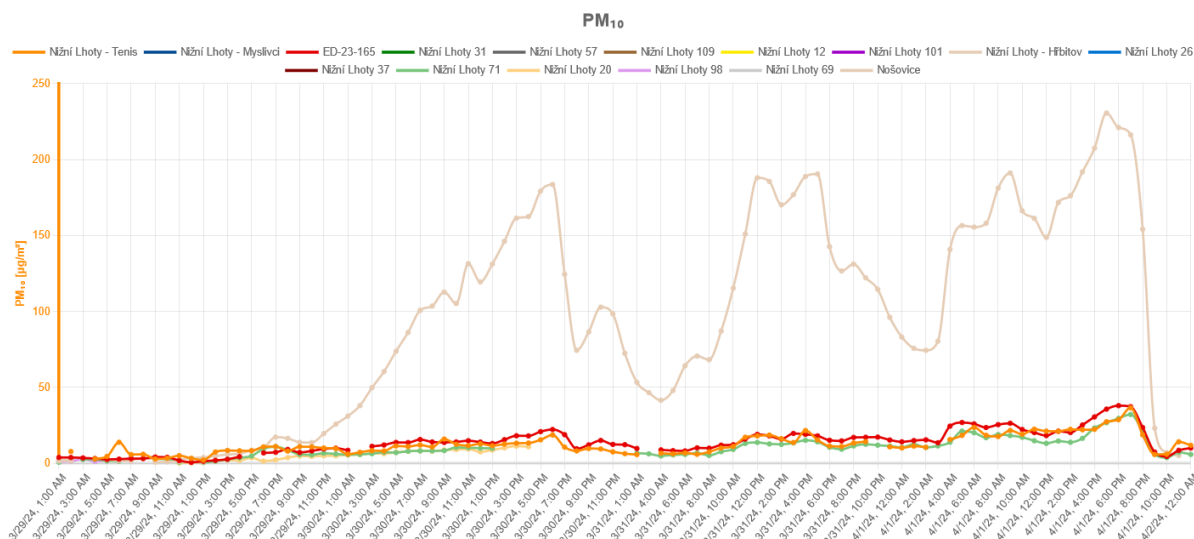
Obr. 5: Ukázka vlivu instalace poblíž vodní plochy – lokality Lhotka (vlevo) a Velvary

#### *Typologie aerosolových částic*

Během měřicí kampaně byl vyzorován významný vliv typologie aerosolových částic na naměřené koncentrace pomocí senzorových jednotek enviDUST. Byly identifikovány lokality, ve kterých žádná z nainstalovaných senzorových jednotek neměřila korektně, a to i po několika výměnách senzorů Plantower.



Na Obr. 6 je znázorněn graf průběhu měření PM<sub>10</sub> z Nižních Lhot (15 sensorových jednotek enviDUST) a Nošovic (AIM vzdálený cca 1 km od Nižních Lhot) z období 29.3. – 1.4.2024, kdy sena našem území vyskytla epizoda zvýšených koncentrací aerosolových částic následkem dálkového transportu saharského písku. Z grafu je zřejmé, že zatímco hodnoty naměřené pomocí prachoměru Palas Fidas 200 na AIM Nošovice dosahovaly až 230 µg/m<sup>3</sup>, sensorové jednotky enviDUST naměřily maximální hodnoty okolo 30 µg/m<sup>3</sup>. Tento jev byl detekován na všech sensorových jednotkách napříč Českou republikou.



Obr. 6: Saharský prach – měření sensorovými jednotkami a ekvivalentním přístrojem Palas Fidas 200

# AIRBORNE DETECTION OF AEROSOL PARTICLE SIZE DISTRIBUTIONS IN MARINE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER AT BALTIC SEA

Jan HOVORKA<sup>1</sup>, Dominik ŠMOK<sup>1</sup>, Pavel PAČES<sup>1</sup>, Mykhailo FEDORENKO<sup>1</sup>, Sandra Katharina PIER<sup>2</sup>, Thomas GRÖGER<sup>3</sup>, Ralf ZIMMERMANN<sup>2</sup>, Helena OSTERHOLZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Science, Charles University, Benátská 2, 12801 Praha 2, Czechia

<sup>2</sup> Joint Mass Spectrometry, University of Rostock, 18059 Rostock, Germany

<sup>3</sup> Helmholtz Zentrum München, Landstraße 1, D-85764 Neuherberg, Germany

<sup>4</sup> Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde (IOW), Seestraße 15, 8069 Rostock, Germany

jan.hovorka@natur.cuni.cz

Keywords: ship emission, marine, aerosol, temperature inversion

## INTRODUCTION

Ship diesel emissions significantly pollute marine atmospheric boundary layer (MABL) with aerosol nanoparticles (Eyring, V., *et. al.*, 2005). Their interception at the sea level or seashore is determined by aerosol aging and spatial distribution within the MABL.

## EXPERIMENTAL SETUP

Aerosol spatial distribution within the MABL and profiling for T/RH were determined by an airship (Leoni *et. al.*, 2016) and drone respectively (Tab.1.), during the cruise of the IOW research vessel - RV at Baltic Sea in late summer (24-31.8.2024)

Tab. 1: Instrumentation at the airship/drone\*

Parameter	Instrument	Integration time
5 - 320 nm	mSEMS 9403 + mCPC 9404 (Brechtel)	60 s
300 - 5000 nm	OPS 3300 (TSI)	1-s
O <sub>3</sub>	2B Technologies	2 sec
CO <sub>2</sub> , GPS, T, p	IR monitor, GPS	1 sec
T*, p*, RH*	iMet-XQ2	1 sec

## RESULTS AND CONCLUSIONS

As an example (Fig. 1), on August 29: until 18:05, CMD ~50 nm and O<sub>3</sub> ~ 88 ppb (up) and no ship, indicate aged ship plumes at height about 75 m with inversion layer height - ILH at ~90 m (down). During landing on board of the research vessel at 18:10 - 18:18 similar CMD but O<sub>3</sub> ~ 72 ppb indicates fresh ship diesel plume from the research vessel. In time segments of 18:20 - 18:30 and 18:50 - 19:20, flying above the ILH at 60 and 40 m respectively (down), CMD ~ 120 nm and O<sub>3</sub> ~ 88 ppb indicate background aerosol, though there were three ships concurrently passing by. In contrast at 18:40 - 18:50, at fly height ~40 m, close by the ILH ~ 50 m, CMD's ~ 50/120 nm and O<sub>3</sub> ~ 88 ppb while there was no ship, indicate background and aged ship plumes. Aerosol spatial distribution in the MABL was mostly determined by T inversion during this day.

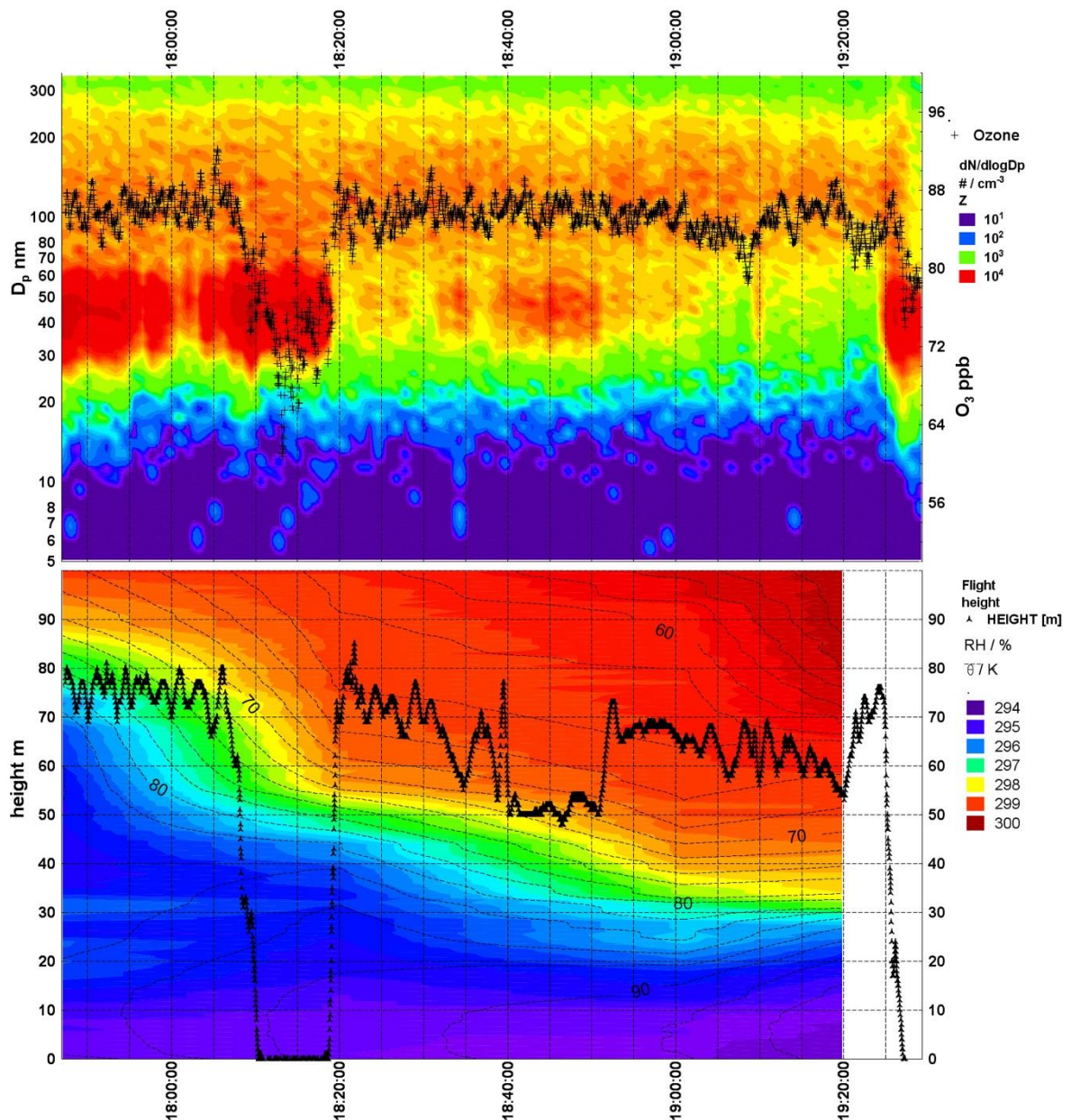


Fig. 1: Dynamics of particle size distribution and ozone concentration (up) and of vertical profile for potential temperature  $\theta$ , RH and the airship flight height (down).

#### ACKNOWLEDGMENT

Supported by the Czech Science Foundation (22-03426L) and German Research Foundation (471841824).

#### REFERENCES

- Eyring, V., H.W. Köhler, J. van Aardenne, and A. Lauer. Emissions from international shipping: 1.: The last 50 years -: art. no. D17305, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 110(D17). (2005)
- Leoni C., Hovorka J., Dočekalová V., Cajthaml T., Marvanová S., Source impact determination using airborne and ground measurements of industrial plumes, *Environ. Sci. Techol.*, 50, 9881, (2016).

# EPIZODA PŘECHODU SAHARSKÉHO PÍSEČNÉHO PRACHU PŘES ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY NA PŘELOMU BŘEZNA A DUBNA 2024

Jáchym BRZEZINA<sup>1</sup>, Lucie ČECHOVÁ<sup>1</sup>, Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ<sup>2</sup>,  
Zuzana VRÁNOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Český hydrometeorologický ústav, Brno

<sup>2</sup>Český hydrometeorologický ústav, Košetice

Klíčová slova: Sahara, prach, písek, kvalita ovzduší, PM

## SUMMARY

The Saharan dust episode at the end of March and beginning of April marked the most significant Saharan dust episode in terms of its effect on air quality near ground in modern history of air quality measurements in the Czech Republic. PM<sub>10</sub> concentrations were very high leading to smog situation in almost the entire country. Backward trajectory modelling confirmed origin of the particles in Northern Africa.

## ÚVOD

Česká republika je zasažena saharským písečným prachem průměrně několikrát za rok. Dálkovým transportem jsou částice písku přemísťovány ve vyšších výškách atmosféry a většinou se tento jev projevuje jako zákal na obloze. Za určitých meteorologických podmínek mohou částice písku klesnout k povrchu, což vede k nárůstu koncentrací aerosolových částic na pozemních stanicích imisního monitoringu. Na přelomu března a dubna roku 2024 epizoda přechodu saharského písečného prachu přes území České republiky přinesla nejvýraznější zhoršení kvality ovzduší v důsledku tohoto jevu v novodobé historii měření kvality ovzduší na našem území.

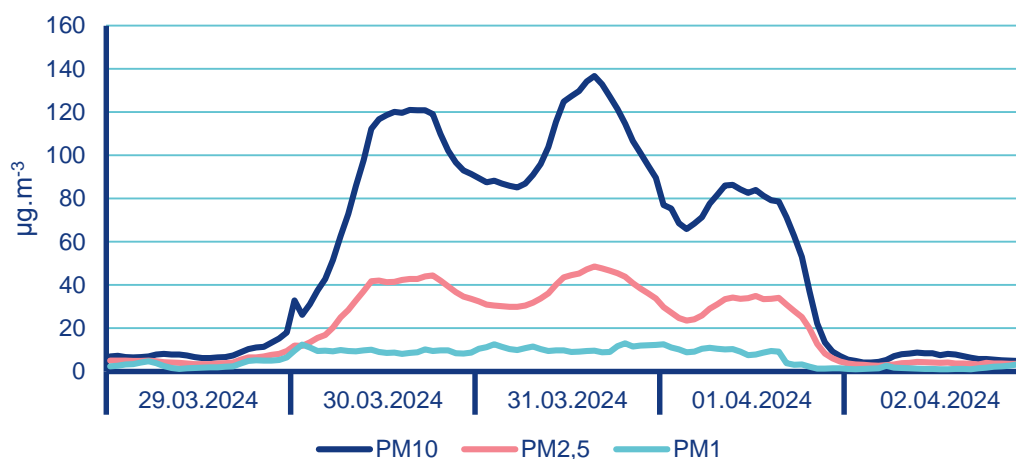
## METODY MĚŘENÍ

Pro tuto studii byla použita data ze 162 stanic Státní sítě imisního monitoringu provozované Českým hydrometeorologickým ústavem. Vyhodnocovány byly koncentrace aerosolových částic PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> (z manuálního i automatického měření) a meteorologické parametry (směr a rychlost větru) v období 29. 3. – 2. 4. 2024 (CHMI 2024). Původ částic byl ověřen pomocí modelu HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT\_4 model) (Draxler, and Rolph, 2013). Zpětné trajektorie byly vypočítány z meteorologických dat (Global Data Assimilation System - GDAS) s rozlišením 1°×1°. Klastrová analýza byla vypočítána s frekvencí 2 hodiny s počátkem 00:00 UTC.

## VÝSLEDKY

Nejvyšší průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> v ČR byly měřeny 30. 3. 2024 (průměrná koncentrace 120 µg·m<sup>-3</sup>) a 31. 3. 2024 koncentrace byly měřeny (průměrná koncentrace 139 µg·m<sup>-3</sup>). 1. 4. 2024 koncentrace postupně poklesly na hodnotu mírně přesahující 80 µg·m<sup>-3</sup> a poslední den z hodnocení byl měřen výrazný pokles koncentrací PM<sub>10</sub> na obvyklou úroveň okolo 15 µg·m<sup>-3</sup>) (Obr. 1). Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> se v jednotlivých

krajích mírně lišil, dle postupu vlečky saharského písku. Například v Jihočeském kraji byly nejvyšší hodnoty měřeny již 30. 3. 2024 (průměrná koncentrace  $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) ve Zlínském kraji bylo dosaženo nejvyšších koncentrací  $\text{PM}_{10}$  až 1. 4. 2024 (průměrná koncentrace  $201 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Klastrová analýza původu vzduchových hmot potvrdila ovlivnění koncentrací  $\text{PM}_{10}$  ve sledovaném období s původem vzduchové hmoty v severní části afrického kontinentu. Smogová situace z důvodu vysokých koncentrací částic  $\text{PM}_{10}$  byla vyhlášena ve 13 z 16 zón, na které je v tomto směru ČR rozdělena.



Obr. 1: Průměrné koncentrace částic  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_1$  na území České republiky v období od 29. 3. do 2. 4. 2024.

Další analýza pak mj. ukázala, že vyšší koncentrace částic byly měřeny v denní hodiny, naopak nižší v noční, což pravděpodobně souvisí s obecně nižší rychlostí proudění v nočních hodinách. V denní dobu se s nárůstem rychlosti proudění do ČR dále nasouvala vlečka písečného prachu z jihovýchodu, navíc mohlo docházet k resuspenzi vlivem vysokých rychlostí větru v toto období. Analýza velikosti částic ukázala na relativně nejvyšší nárůst částic o velikosti přibližně 4 až 5  $\mu\text{m}$ , tedy částic spadajících do frakce  $\text{PM}_{10}$ , ale nikoliv  $\text{PM}_{2,5}$ .

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu DKRVO 2023-2027 - Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace ČHMÚ

## LITERATURA

CHMI, Komentář k souhrnnému ročnímu tabelárnímu přehledu, Dostupné na [www: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/2023\\_enh/pdf/kom.pdf](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2023_enh/pdf/kom.pdf), (2024).

Draxler, R.R. a Rolph, G., HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory), NOAA Air Resour. Lab.Coll. Park. MD, (NOAA Air Resour. Lab. Coll. Park. MD.). Dostupné na [www: http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php](http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php), (2013).

## MONITORING KVALITY OVZDUŠÍ V MALÝCH SÍDLECH JIHOMORAVSKÉHO KRAJE S LOKÁLNÍMI TOPENIŠTI POMOCÍ SENZORŮ A MĚŘENÍ PAHS

Ondřej Mikeš<sup>1</sup>, Pavel Čupr<sup>1</sup>, Roman Prokeš<sup>1</sup>, Jakub Vinkler<sup>1</sup>, Ondřej Letocha<sup>1</sup>, Simona Šatková<sup>1</sup>, Dominika Tóthová<sup>2</sup>, Vilém Pařil<sup>2</sup>

<sup>1</sup> RECETOX, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Kotlářská 2, Brno 61137, Česká republika

<sup>2</sup> Katedra regionální ekonomie, Ekonomicko-správní fakulta, Masarykova Univerzita, Lipová 41a, Brno-Pisárky 602 00, Česká republika

Klíčová slova: Atmosférické aerosoly, PM1, PM2.5, PM10, meteorologické podmínky

### SUMMARY

The AIRSENS project monitored air quality in small settlements in the South Moravian Region and two districts of Brno, focusing on air pollution from household heating. Outdated solid fuel boilers, especially those poorly maintained, contribute significantly to emissions of harmful substances like PAHs, which are known carcinogens. The project aimed to measure pollution using modern sensor technology and assess usefulness to estimate the impact of heating systems on air quality.

Measurements were taken in six municipalities and Brno during the heating season. Alongside sensor technology, accredited sampling of dust particles provided data on PAH presence. Meteorological sensors also recorded wind, temperature, and humidity, helping to refine the analysis of pollution in the local context.

A key outcome of the project was showcasing the use of affordable sensors in local air quality monitoring. These sensors were deployed across multiple sites within each municipality, creating a dense measurement network. In two municipalities with higher solid fuel use and challenging terrain, PM2.5 levels likely exceeded the limit, signaling a need for emission control measures. High PAHs levels confirmed the significant role of small boilers in contributing to pollution. Sensor colocation emphasized the importance of regular calibration and careful consideration especially when measuring larger aerosol fractions.

### SOUHRN

Projekt AIRSENS sledoval kvalitu ovzduší v malých sídlech Jihomoravského kraje a dvou brněnských městských částech se zaměřením na znečištění ovzduší z vytápění domácností. Zastaralé kotle na tuhá paliva, zejména ty špatně udržované, významně přispívají k emisím škodlivých látek, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, které jsou prokázány karcinogeny. Cílem projektu bylo změřit znečištění pomocí moderní sensorové technologie a posoudit využitelnost pro odhad vlivu vytápění na kvalitu ovzduší.

Měření probíhalo v šesti obcích a v Brně během topné sezóny. Vedle sensorové technologie poskytl údaje o přítomnosti PAHs akreditovaný odběr vzorků prachových částic. Meteorologické senzory rovněž zaznamenávaly vítr, teplotu a vlhkost, což pomohlo zpřesnit analýzu znečištění v místním kontextu.

Klíčovým výsledkem projektu byla ukázka využití cenově dostupných senzorů při místním monitorování kvality ovzduší. Tyto senzory byly rozmístěny na více místech v každé obci, čímž vznikla hustá měřicí síť. Ve dvou obcích s vyšší spotřebou tuhých paliv a složitějším terénem pravděpodobně překročily úroveň PM<sub>2,5</sub> limit, což signalizuje potřebu opatření k regulaci emisí. Vysoké úrovně PAHs potvrdily významnou roli malých kotlů, které přispívají ke znečištění. Kolokace senzorů zdůraznila důležitost pravidelné kalibrace a pečlivého zvážení zejména při měření větších frakcí aerosolů.

# THE IMPACT OF INDIVIDUAL HEATING SYSTEMS ON LOCAL AIR QUALITY

Tomasz OLSZOWSKI

Opole University of Technology, Poland, [t.olszowski@po.edu.pl](mailto:t.olszowski@po.edu.pl)

Keywords: PM10; gravimetric method; AAS; winter; rural

## INTRODUCTION

International literature includes information on the effect of particular rural emission sources on air quality (Caseiro et al., 2009). During the cold months of the year, anthropogenic activity leads to a considerable deterioration of air quality (Schwarz et al., 2016). This article discusses research results on the concentration of particulate matter (PM10) and its selected components in a compact settlement village. The primary purpose was to compare the PM10 and selected elements levels in two areas of one village, which differ because of the individual heating systems. The main focus is on the cold periods of the year, during the occurrence of tropospheric inversion strengthened by an anticyclone.

Measurements were taken in four cold seasons (December to February) experiments, including air quality observations within the village of Kotórz Mały (Poland).

For the study of the mass concentration of particulate matter and its constituents, the reference methods gravimetric method (GM) followed by an analysis by atomic absorption spectrometry (AAS) were used.

Simultaneously, potential differences in air quality over the two zones were checked. The scope and conditions of observation enabled the verification of the following hypotheses:

1. Concentration levels of PM10 are identical regardless of the area of investigation;
2. Concentration levels of PM10-bound elements are identical regardless of the area of investigation.

## EXPERIMENTAL SETUP

Measurements were led by four cold season (December to February, 2010 to 2014) experiments, which included observations of air quality within the two separate zones of the village of Kotórz Mały, Poland (50°43'50"N; 18°02'36"E). The first zone (S1) is characterized by rural buildings, which predominantly use obsolete individual heating systems (coal, in a proportion of 91%). The second is a modern building zone (S2), where the production of heat energy mainly uses gaseous fuel (73%) and electricity (18%). The distance between S1 and S2 is 1.2 km. Table 1 presents the characteristics of individual emitters at both sites.

Table 1. Characteristic of Individual Emitters (IE) of heating system.

Site	No of IE With r=200m from S	Heating systems share [%], (number in the bracket)				
		coal	Fuel gas	wood	electricity	RES
S1	94	91 (85)	1 (1)	6 (6)	1 (1)	1 (1)
S2	71	2 (2)	73 (51)	1 (1)	18 (13)	6 (4)



In the research, the reference gravimetric method with PNS3D15 low-volume dust meters was used. The PM separators were applied with Whatman QMA air filters with a diameter of 47mm. The procedure for estimating the aerosol mass concentration was conducted in accordance with guidelines of the European Standard (ES, 2014). Two portable weather stations assessed the meteorological conditions at S1 and S2 (Davis Vantage). At both sites, PM10 concentration was measured at 6 h intervals: 4-10, 10-16, 16-22, and 22-4 hrs. The aspiration headers were installed 2 m above ground.

TIBCO STATISTICA version 13.3 was used to prepare charts and perform statistical analyses. The Shapiro–Wilk test result indicated that none of the recorded cases correspond to a normal distribution of data; therefore, non-parametric tests were used to assess differences between the concentrations as determined in two different areas (Wilcoxon). A significance level of 0.05 was adopted.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

The average concentrations of PM10 during cold months at S1 were almost twice as high as at S2. Statistical Wilcoxon tests confirmed these differences (p-value = 0.032 with a test significance level of  $p \geq 0.05$ ). In addition, the comparison of particulate levels for cold and warm seasons showed that the average concentration of PM10 in rural compact settlement was around three times greater than during the summer months. These differences indicate that anthropogenic emission origins are crucial and strongly influence local air quality. Of course, not only local anthropogenic sources but also the weather conditions, specific to certain periods of the year, affect the concentration levels of PM10. During the four seasons of observation, the average temperature was around -0.80C, and almost 50% of the days were characterized by low wind speed (< 1 km/h). Furthermore, the mean atmospheric pressure was 1002 hPa, which was associated with the presence of a large anticyclone from Russia. Measurements indicate that over 43% of days of observations were characterized by the presence of significant temperature inversion.

Figure 1 presents the average PM<sub>10</sub> concentration at S1 and S2. Considerable differences can be observed. Insignificant statistical differences in weather conditions between the two places of observations clearly show that for the local aerosanitary conditions the type of individual heating systems is responsible. According to the CAFE Directive, only 35 days per year should have an average daily concentration of PM<sub>10</sub> above 50 µg/m<sup>3</sup>. During only four selected months (2010-14) at S1, 42, 17, 47 and 22 days had such a concentration. At site S2 only in 2013 was the number of days characterized by a higher than acceptable level (36).

The permanent presence of a temperature inversion and stable state of the atmosphere cause the inhibition of pollution propagation processes and significant local changes, exceeding the permissible daily PM10 concentrations. The measurements show that enhanced by an anticyclone, the three days of temperature inversion only caused a situation in which local air emission levels did not meet the standards required to protect human health. Figure 2 presents selected data for eight days of permanent presence of a temperature inversion. It can be seen that the inhibition of the dispersion in the atmosphere, for a similar temperature and size of local emission conditions, causes noticeable enrichment of the local atmosphere by particulate matter. On the other hand, studies proved that the appearance of the unstable state of the atmosphere and the horizontal movement of air masses > 2.5 m/s resulted in a noticeable improvement of the aerosanitary conditions in one day.

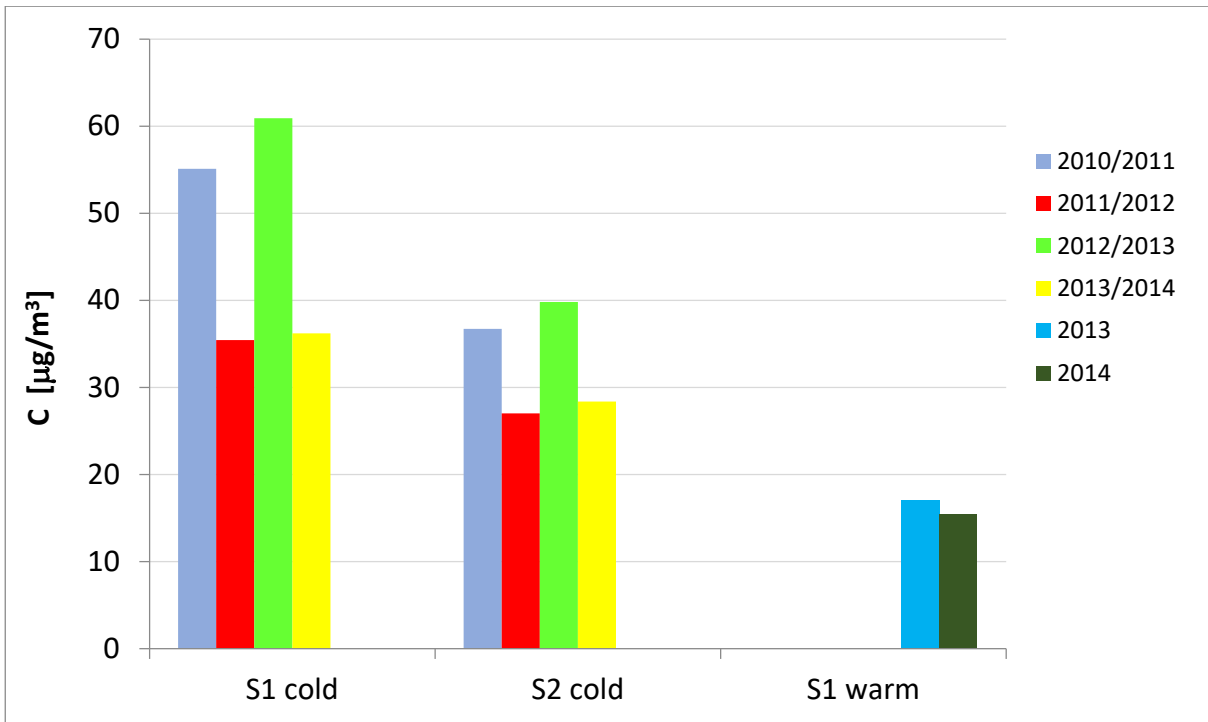


Fig. 1. Average PM<sub>10</sub> concentration at S1 and S2.

The effect of various sources of emissions for the hourly changes in PM<sub>10</sub> concentration under the same specific weather conditions is shown in Figure 3. Explicit differences in the concentration of PM<sub>10</sub> at both places of designated measurement can also be observed for a short period of observation.

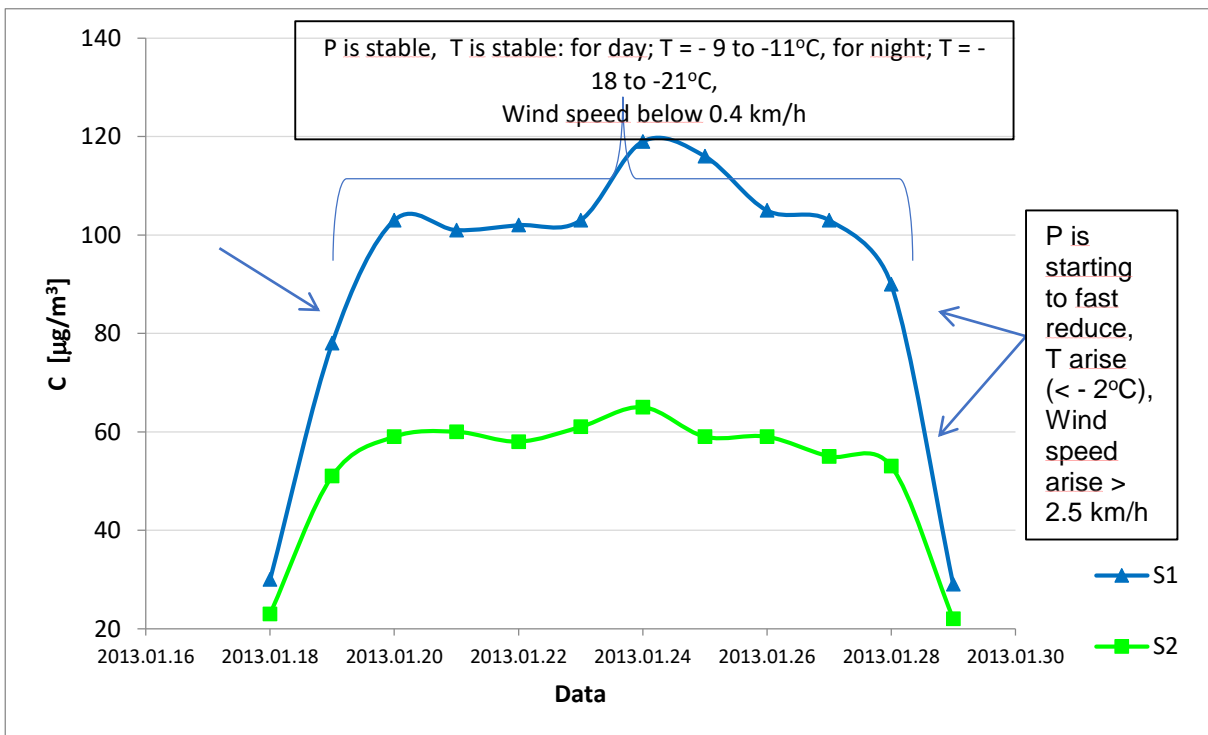


Fig. 2. Comparison of PM<sub>10</sub> concentrations at S1 and S2 during permanent temperature inversion event 19.01.2013 – 28. 01.2013.

Associated with increased exploitation of emission sources related to the mean, the maximum peaks are more than twice those for the older part of the village.

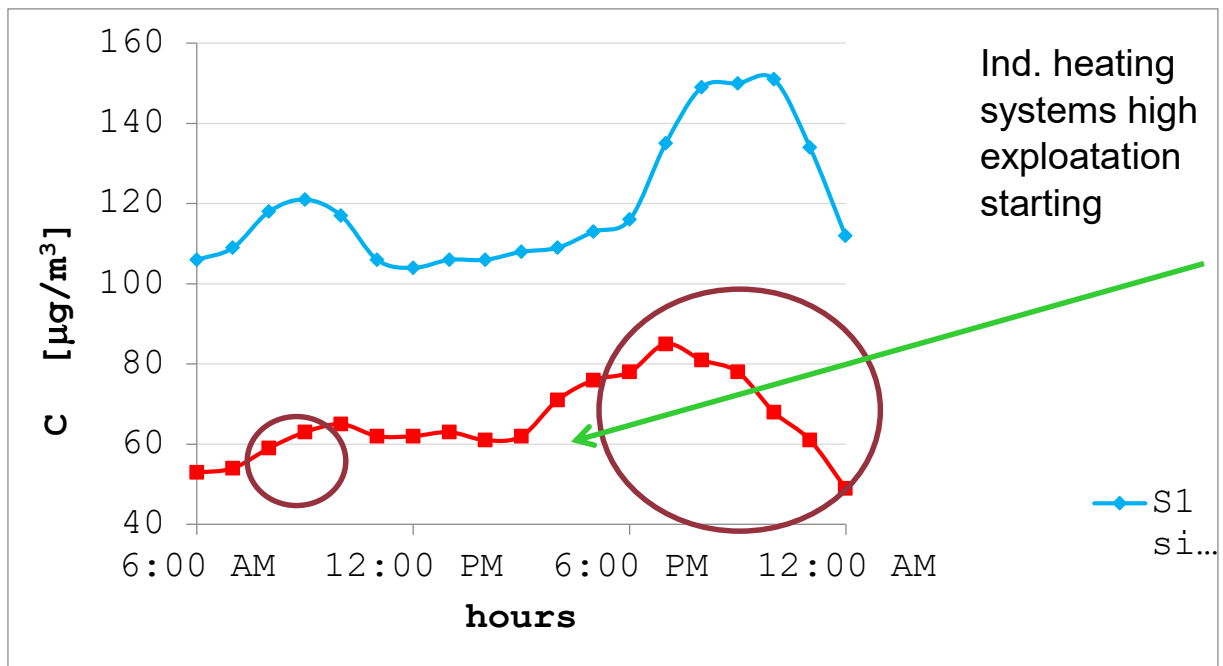


Fig. 3. PM<sub>10</sub> concentrations at S1 and S2 under significant temperature inversion (2°C at the distance from 0 to 25 m.a.g.), high atmospheric pressure (1028 hPa) and low temperature of air (-11 to -21°C).

For the elements studied, the differences in concentration were not so significant. Relatively even mass concentrations at both measurement points were obtained only for those whose primary source is not the combustion of energy fuels.

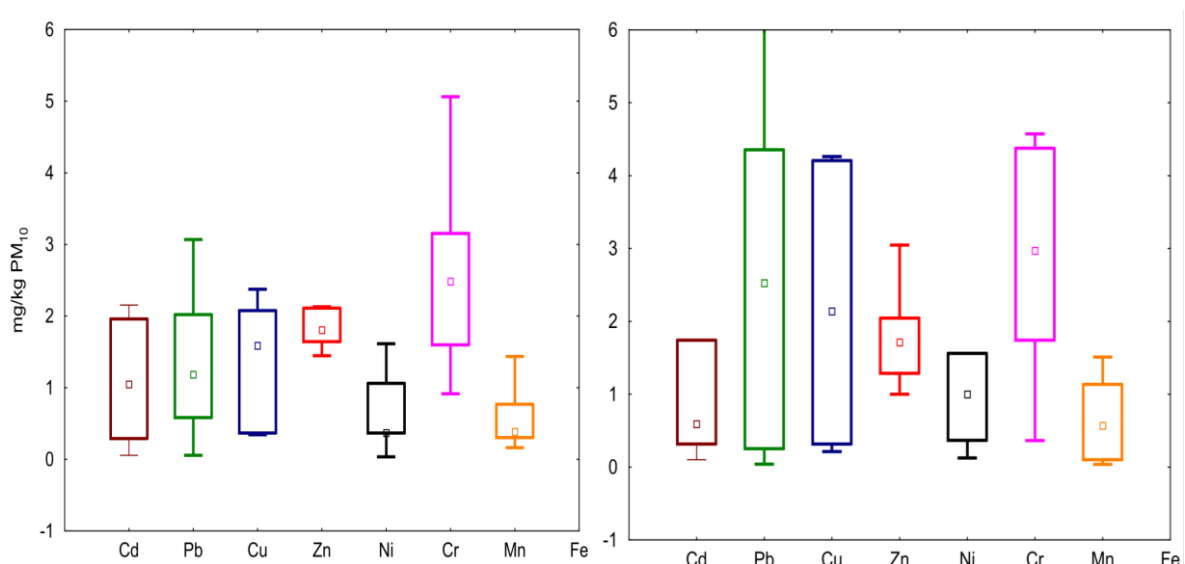


Fig. 4. Selected metals involved in PM<sub>10</sub> (S1- left, S2 - right).

Fig. 4 shows selected elements determined in samples of aspirated dust.

The p-values for the two measurement sites are shown in Table 2 and Table 3. For considered conditions, the concentration of solid particles was mainly determined by the local (individual heating) sources. In summary, the hypothesis No. 1 was not upheld. Hypothesis 2 can be considered true only for selected elements, probably due to the significant influence of sources related to automobile transportation and ground emissions, which are at similar levels in both locations.

Table 2. S1-S2 *p-values* of Wilcoxon test. Probability values; significance level  $\alpha = 0.05$ .

Period of observation	p-values S1/S2			
	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Daily avg. cold season	0.003	0.021	0.002	0.019
Hourly avg. cold season (during significant temperature inversion)	0.029	0.042	0.018	0.037

Table 3. S1-S2 *p-values* of Wilcoxon test. Comparison of metals shares in PM<sub>10</sub>. Probability values; significance level  $\alpha = 0.05$ .

Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	Mn	Fe	Mo	Co	Mg	Ca	K	Na
0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.5	0.7	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.6
1	3	4	8	6	4	1	3	7	1	3	6	7	8

It can be stated that the source characteristics play a crucial role in local-rural air quality. When considering terms and the period of observation, conducting meteorological measurements can be considered sufficient for estimating alarm conditions' occurrence. The results can be in the supra-local dimension, especially for areas with similar emission characteristics and climatic-meteorological conditions. At the local scale, the experiment results show that replacing old heating systems with new ones that do not generate significant amounts of dust is necessary.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to give special thanks to Mr. Piotr Długosz for allowing the research apparatus to be located on his property and for providing a source of electricity. The authors wish to kindly thank Mrs. Krystyna Wieczorek and Mr. Waław Siudyła for their help in conducting surveys among the residents of Kotórz Mały.

#### REFERENCES

- Caseiro, A., Bauer, H., Schmidl, C., Puxbaum, H. (2009). Wood burning impact on PM<sub>10</sub> in three Austrian regions. *Atmospheric Environment* 43, 2186-2195.
- Schwarz J., Cusack M, Karban J. et al. PM<sub>2.5</sub> chemical composition at a rural background site in Central Europe, including correlation and air mass back trajectory analysis *Atmos Res* 176-177, 108-120 (2016).

ES (2014). European Standard with dust mass concentration measurement procedure No.  
EN 12341:2014.

# POROVNÁNÍ TOF-ACSM A C-TOF-AMS BĚŽÍCÍCH PARALELNĚ NA ZÁKLADĚ JEDNOTLIVÝCH M/Z, DŮSLEDKY PRO PMF

Jaroslav SCHWARZ, Petr VODIČKA, Radek LHOTKA

Výzkumná skupina chemie a fyziky aerosolů, Ústav chemických procesů AV ČR, Praha, 16500, Česká republika, schwarz@icpf.cas.cz

Klíčová slova: Aerosolová hmotnostní spektrometrie, ToF ACSM, C-ToF-AMS, m/z, PMF

## SUMMARY

Two aerosol mass spectrometers, C-ToF-AMS and ToF-ACSM, were compared in our study. The differences between those spectrometers were relatively small in total variables (Org, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>). However, we observed differences at the individual m/z level that also varied in time. Reasons for time variability of these differences were not identified.

Nevertheless, correlations of individual m/z between the instruments were usually high enough even for higher m/z (>100) in most cases. Thus, these higher m/z are more trustable than it is now common. Despite relatively high correlations of individual m/z, however, using reference factors optimized for each instrument is strongly recommended to get comparable results in PMF analysis.

## ÚVOD

Během tohoto století bylo vyvinuto několik typů aerosolových hmotnostních spektrometrů. C-ToF-AMS (Compact Time of Flight Aerosol Mass Spectrometer, Drewnick et al., 2005) a ToF-ACSM (Time of Flight Aerosol Chemical Speciation Monitor, Fröhlich et al. 2013), které patří mezi tyto přístroje, byly porovnány v naší studii.

## METODY MĚŘENÍ

Mezi těmito přístroji je několik rozdílů. Oba mají hmotnostní detektor doby letu, ale ToF-ACSM má nižší hmotnostní rozlišení. Dalším důležitým rozdílem je, že v případě ToF-ACSM je nutné měřit rozdíl mezi signály pro (vzduch + aerosol) a pouze vzduch. To vede k vyšším detekčním limitům a nižšímu hmotnostnímu rozsahu pro tento jednodušší přístroj. Údaje z obou přístrojů se však používají podobným způsobem k rozlišení různých typů organického aerosolu metodou PMF. Pro získání srovnatelných výsledků je potřeba aby byl časový vývoj každého m/z srovnatelný pro oba přístroje. Zde si ukážeme, jak toto cvičení funguje pro naše zařízení.

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Oba spektrometry běžely paralelně během několika srovnávacích kampaní na NAOK (Národní atmosférická observatoř Košetice) od 16. září 2019 do konce roku 2021. Každá kampaň trvala 1-4 týdny a probíhala v různých obdobích roku. Údaje byly korigovány CE (collection efficiency) a hlavní složky vykazovaly přiměřenou shodu v rámci časových období. Nicméně, když byly uvažovány jednotlivé m/z, byly zřejmě rozdíly jak v průměrném m/z, tak v časovém vývoji jednotlivých m/z v rámci kampaně. Rozsah těchto rozdílů byl u každé kampaně jiný. Předběžné výsledky nám však umožňují vyvodit

alespoň některé obecné závěry. Nepodařilo se nám identifikovat původ rozdílů na základě doplňkových parametrů spektrometrů zaznamenaných v přístrojích. Průměry i mediány poměrů mezi jednotlivými m/z kolísaly s různou variabilitou kolem jedné až zhruba do m/z 120; poté byl pozorován systematický nárůst pro vyšší m/z až do m/z 200. Toto zvýšení poměrů pro větší m/z bylo pozorováno ve všech kampaních.

Nicméně korelační koeficienty vypočítané pro jednotlivé m/z z obou spektrometrů byly přiměřeně dobré ve většině kampaní a pro většinu m/z s výjimkou jedné kampaně, kde málo korelujících m/z bylo více.

To naznačuje, že do informací ukrytých ve vyšších m/z lze vložit větší důvěru, než je obvyklé při modelování těchto dat pomocí PMF (pozitivní maticová faktorizace).

Abychom otestovali důsledky, které mohou mít rozdíly v jednotlivých m/z na výsledky PMF, aplikovali jsme tuto metodu na data z podzimu 2021. Byly použity dva přístupy. V prvním přístupu byly použity stejné referenční profily pro C-ToF-AMS i ToF-ACSM (Chen et al. 2022). Při druhém přístupu byly použity referenční profily optimalizované pro data z každého přístroje zvlášť. Zatímco korelační koeficienty mezi profily ekvivalentních faktorů se mezi dvěma metodami výběru referenčního profilu příliš nelišily, situace byla velmi odlišná pro korelaci časových řad ekvivalentních faktorů nebo dokonce relativních podílů ekvivalentních faktorů. Použití stejného referenčního faktoru pro soubory dat ze dvou různých nástrojů bylo nepoužitelné, když dva faktory ze čtyř vykazovaly dokonce negativní korelační koeficient. Současně použití referenčních faktorů optimalizovaných pro nástroje vedlo k rozumným korelacím mezi ekvivalentními faktory. Stejný závěr lze učinit pro časové řady relativního podílu jednotlivých faktorů. Proto doporučujeme vždy použití referenčních faktorů optimalizovaných pro každý přístroj zvlášť, jak i bylo navrženo v Chen et al. (2022).

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena v rámci MŠMT ČR v rámci grantů ACTRIS-CZ LM2023030 a ACTRIS-CZ RI (CZ.02.1 .01 / 0.0 / 0.0 / 16\_013 / 0001315) a programu výzkumu a inovací Horizont 2020 ACTRIS711158 ) Evropské unie.

## LITERATURA

- Drewnick, F., et al., A new time-of-flight aerosol mass spectrometer (TOF-AMS) - Instrument description and first field deployment *Aerosol Sci. Technol.*, 39(7), 637–658 (2005).
- Fröhlich, R., et al., The ToF-ACSM: a portable aerosol chemical speciation monitor with TOFMS detection, *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 3225–3241,(2013).
- Chen G. et al., European aerosol phenomenology-8: Harmonised source apportionment of organic aerosol using 22 Year-long ACSM/AMS datasets, *Environment International*, 166, 107325, (2022).

## PRVKOVÉ SLOŽENÍ PM<sub>10</sub> NA VESNICKÉ POZAĎOVÉ STANICI – VLIV DISPERSNÍ NORMALIZACE NA DLOUHODOBÉ KONCENTRACE A ZDROJE

Petra POKORNÁ<sup>1</sup>, Laurence WINDELL<sup>1,2</sup>, Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ<sup>3</sup>, Ondřej VLČEK<sup>3</sup>, Naděžda ZÍKOVÁ<sup>1</sup>, Radek LHOTKA<sup>1</sup>, Jaroslav SCHWARZ<sup>1</sup>, Jakub ONDRÁČEK<sup>1</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav chemických procesů, AV ČR, Praha, Česká republika, pokornap@icpf.cas.cz

<sup>2</sup>Paul Scherrer Institut, Villigen, Švýcarsko

<sup>3</sup>Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Klíčová slova: Vysoké časové rozlišení, ED-XRF, ICP-MS, PMF, NAOK.

### SUMMARY

The focus of this study was to assess the influence of dispersion conditions represented by ventilation coefficient on speciated PM<sub>10</sub> concentrations measured every 4 h for three years (2021–2023) and their origins at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK). The interquartile range (IQR) of dispersion normalised PM<sub>10</sub> tracer concentrations was lower in comparison with the IQR of non-normalised concentrations with a significant seasonal effect of dispersion normalisation differentiated element by element. PMF resolved five factors of PM<sub>10</sub> for both datasets (non-normalised and normalised) with almost identical chemical profiles. Dispersion normalisation provided improved source apportionment results with clearer diel and seasonal patterns primarily for secondary sulphate and residential heating, therefore the main sources of elemental PM<sub>10</sub>.

### ÚVOD

Normalizace na disperzi pomocí ventilačního koeficientu je účinný přístup poskytující přesnější identifikaci zdrojů PM<sub>x</sub> ve smyslu jasnějších denních a sezónních chodů (Dai a kol., 2020). Tato práce se zabývá vlivem disperzní normalizace na dlouhodobé koncentrace prvkového složení a zdroje PM<sub>10</sub> na Národní atmosférické observatoři Košetice (NAOK).

### METODY MĚŘENÍ

Měření prvkového složení PM<sub>10</sub> (4 h; monitor kovů Xact625i; ED-XRF) a odběr vzorků PM<sub>10</sub> (24 h odběr každý druhý den) pro následnou prvkovou analýzu (ICP-MS) probíhaly na NAOK od ledna 2021 do prosince 2023. Dále byly k dispozici hmotnostní koncentrace PM<sub>10</sub> (1 h, MP101M, absorpce beta záření) a meteorologická data.

Ventilační koeficient byl počítán pomocí modelu ALADIN (1 h) a následně využit k normalizaci dat prvkového složení PM<sub>10</sub>. K získání profilů zdrojů a jejich příspěvku k PM<sub>10</sub> (nenormalizovaná versus normalizovaná data) byl použit model Positive Matrix Factorization (EPA PMF). Pro výpočet zpětných trajektorií byl využit model HYSPLIT.

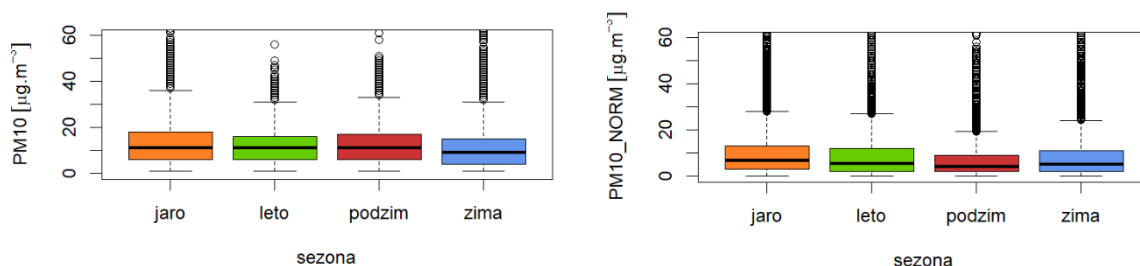


## VÝSLEDKY A DISKUSE

Byla zjištěna vysoká shoda mezi online a offline koncentracemi  $PM_{10}$  ( $R^2 = 0.83/0.90/0.87$  v letech 2021/2022/2023). Porovnání koncentrací dostupných prvků (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb) stanovených na základě online měření a analýz vzorků  $PM_{10}$  vykazovalo značné rozdíly pravděpodobně z důvodu odlišného schématu odběru (4 h – 2:00, 6:00, 10:00, 14:00, 18:00, 22:00 versus 24 h každý druhý den) a rozdílných detekčních limitů použitých analytických metod (ED-XRF versus ICP-MS).

Interkvartilové rozpětí nenormalizovaných a normalizovaných koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{10}$  prvků bylo nižší v případě normalizovaných dat s výrazným sezónním efektem lišícím se prvek od prvku (Obr. 1).

Metodou PMF bylo identifikováno pět zdrojů  $PM_{10}$ : sekundární sírany, lokální vytápění (tj. spalování uhlí a biomasy), půda/re-suspenze prachu, mořský aerosol/posypová sůl a průmysl, a to shodně pro obě databáze s téměř totožnými chemickými profily, nicméně s rozdílnými příspěvky zdrojů k celkovým koncentracím  $PM_{10}$ .



Obrázek 1: Sezónní variabilita  $PM_{10}$  (nenormalizované a normalizované koncentrace).

## ZÁVĚRY

Normalizace na disperzi poskytla přesnější identifikaci zdrojů s jasnějšími denními a sezónními chody. To platilo především pro sekundární sírany a lokální vytápění, jež byly hlavními zdroji  $PM_{10}$ .

## PODĚKOVÁNÍ

Studie byla podpořena MŠMT v rámci grantu ACTRIS-CZ LM2023030.

## LITERATURA

Dai, Q. a kol. Dispersion normalized PMF provides insights into the significant changes in source contributions to  $PM_{2.5}$  after the COVID-19 outbreak. *Environmental Science & Technology* 54, 9917-9927, (2020).

# ASSESSING POTENTIAL HEALTH RISKS OF NANOPARTICLE EMISSIONS RELEASED DURING INDUSTRIAL METAL LASER CUTTING PROCESS

Lucia BUSTIN<sup>1</sup>, Miroslav BADIDA<sup>2</sup>, Lýdia SOBOTOVÁ<sup>2</sup>, Miroslava BADIDOVÁ<sup>2</sup>, Emília HRONCOVÁ<sup>3</sup>, Juraj LADOMERSKÝ<sup>3</sup> and Torsten TRITSCHER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TSI GmbH, Neukoellner Str.4, 52068, Aachen, Germany, lucia.bustin@tsi.com

<sup>2</sup> Institute of Industrial Engineering, Management, Environmental Engineering and Applied, Mathematics Technical University of Kosice, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovakia

<sup>3</sup> European Science and Research Institute, A. Hlinku 2556/29, 960 01 Zvolen, Slovakia

Keywords: occupational hygiene, workplace emissions, nanoparticles, laser cutting, PNC

## INTRODUCTION

The human health and environmental impacts of airborne particles closely correlates with their size, which is determining their behavior in the air. Size is also a relevant factor for their potential toxicity. Ultrafine particles (UFP) cause significant health concerns due to their typical high number concentration and large surface area. They deposit inside the pulmonary region, from where they can enter the bloodstream, cause inflammation and oxidative stress associated with various diseases. This makes their emissions and exposure critical for public health (ILAQH White paper on ambient ultrafine particle [...], 2019), therefore the evaluation of potential risks of industrial nanoparticle emissions is an important element of the overall assessment.

A case study on potential health implications of exposure to nanomaterial during the industrial stainless-steel metal laser cutting process is presented here. Data were collected to analyze workers exposure during the metal cutting operation. This study was stimulated by the Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) developed by the NIOSH nanotechnology field research team to evaluate airborne nanomaterial concentrations in the workplace. NIOSH recommends to use a “multi metric approach” including such parameters as particle count, size, mass and surface area. Only the real-time measurements provide a high level of accuracy and repeatability as UFPs concentrations can vary temporally and spatially (M. Methner et al., 2010, Part A & B).

## EXPERIMENTAL SETUP

During standard metal laser cutting operations, the particle emissions were measured using two portable size spectrometers: an optical particle sizer (OPS 3330, TSI Incorporated, Shoreview, MN, USA) and a nanoparticle size spectrometer (NanoScan SMPS 3910, TSI). The instruments were positioned above the laser cutting machine, and operated at a consistent sampling rate of one minute. A reference background measurement of the (PSD) and particle number concentration (PNC) were taken before the experiment. Subsequently, the focus shifted to capture the particle emissions over a continuous 36 min stainless steel metal cutting operation. The combined capabilities of both spectrometers allowed us to measure across 26 size bins, and get comprehensive PSD information from 10 nm to 10 µm in diameter during this industrial process.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

The results show elevated PNC in the whole production area. Overall the background PNC was around  $110\,000\ \text{\#/cm}^3$ , hardly any of the measurements showed concentrations below  $100\,000\ \text{\#/cm}^3$ . Even though, there are no official limits for UFPs in industrial environments, one can consider this concentration level as potential health risk. WHO Global Air Quality Guidelines, 2021, refer in their good practice statements the potential health risk is associated with exposure to PNC as high as  $10\,000\ \text{\#/cm}^3$  in 24-hour average or  $20\,000\ \text{\#/cm}^3$  in 1-hour average.

During the continuous operation of laser cutting the stainless-steel metal plate the overall PNC of particles in the breathing zone exceeded  $10^6\ \text{\#/cm}^3$  and even reach the value of  $4 \times 10^6\ \text{\#/cm}^3$  at the beginning of the operation (see Fig. 1).

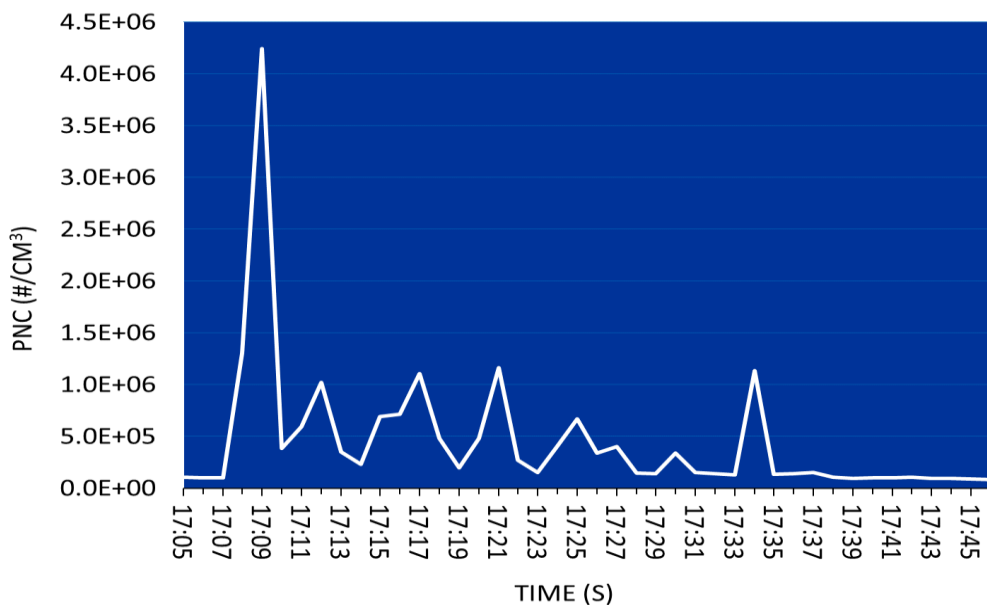


Fig. 1: Total PNC of the emissions from 10-300 nm size fraction emitted during one hour of the laser cutting operation.

Almost all of the measured particle emissions in the size range from 10 nm to  $10\ \mu\text{m}$  were below 250 nm with dominant peaks at 65 and 100 nm. These two modes were observed during the overall measurement time with the intervals corresponding to the activity when laser cuts the metal plate (see Fig 2) Particles in the nanometer range are more biologically active due to their greater surface area per mass (Gurr et al., 2005), we can only assume there is a related potential health risk of the exposed workers.

To conclude the measurements taken during the standard daily operation in the metal laser cutting operation demonstrated high PNC of nanoparticles emitted during the industrial process. Since the particle emission intervals are clearly associated with cutting operation, suitable abatement measures shall be considered. A study in the similar facility with laser cutting process showed PNCs below  $5000\ \text{\#/cm}^3$ . However, for better understanding, more studies including chemical analysis need to be carried out.

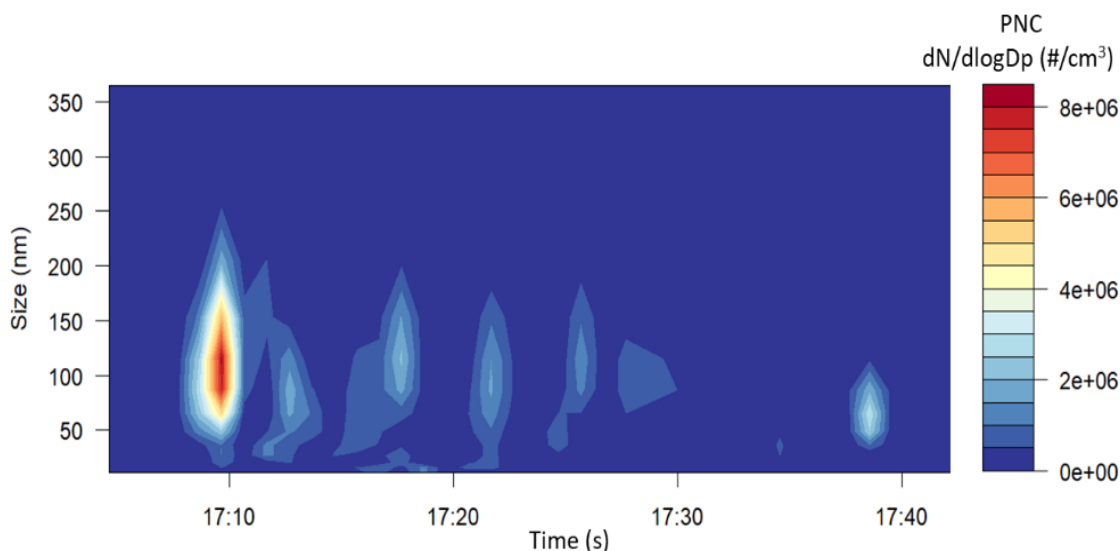


Fig. 2: Contour plot showing the number concentration and size over the time of particle emissions released during one hour the laser metal cutting operation.

#### REFERENCES

- Gurr, J.R., Wang, A.S., Chen, C.H., & Jan, K.Y. Ultrafine titanium dioxide particles in the absence of photoactivation can induce oxidative damage to human bronchial epithelial cells. *Toxicology*, 213(1-2), 66-73. (2005)  
<https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.05.007>
- Methner M. et al., "Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials — Part A," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7: 127-132. (2010)
- Methner M. et al., "Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials —Part B: Results from 12 Field Studies," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7: 163–176. (2010).
- White paper on ambient ultrafine particle evidence for policy makers. Queensland University of Technology's International Laboratory for Air Quality and Health (ILAQH), (2019) <https://research.qut.edu.au/ilaqh/2019/11/08/white-paper-on-ambient-ultrafine-particle-evidence-for-policy-makers-published-on-the-efca-website/>
- WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, (2021)  
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

# LONG-TERM MONITORING OF HOPANES AT A CENTRAL EUROPEAN BACKGROUND SITE

Dominika Bezdeková<sup>1</sup>, Jakub Martiník<sup>1</sup>, Ludovic Mayer<sup>1</sup>, Petra Příbylová<sup>1</sup>, Gerhard Lammel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

<sup>2</sup> Multiphase Chemistry Dept., Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany

\*E-mail: dominika.bezdekova@recetox.muni.cz

Keywords: Hopanes, Long-term monitoring, Air pollution, Aerosol, Seasonal variation

## INTRODUCTION

Hopanes, a class of pentacyclic triterpenes, are organic contaminants of the atmosphere emitted from anthropogenic activities. Similar to other organics, hopanes have the capacity to partition between the gas and particulate phases. Due to their low volatility, they generally tend to be found sorbed to aerosols, which increases their persistence in the atmosphere (Turlington *et al.*, 2010). However, depending on the temperature range and species, they can also be photochemically degraded, mainly by chemical reactions with OH radicals and ozone (Robinson *et al.*, 2006). Moreover, these compounds are widely recognized and used as molecular markers for fossil fuel combustion (Oros *et al.*, 2000; Schauer *et al.*, 2002). Hopanes are components of all internal combustion engine oil lubricants; and serve as unique markers of traffic-related air pollution. Their presence in the atmosphere can also indicate emissions from coal combustion. These two sources give distinct chemical hopane profiles (Irei *et al.*, 2017).

Although hopanes have been studied in urban aerosols (Wong, *et al.*, 2021), to the best of our knowledge, no time-series data from rural sites were reported. In this study, we monitored 10 targeted hopanes from 2018 to 2022 at a central European background site, Košetice, Czech Republic. Trends and seasonal variations were examined, as well as sources' contribution to air pollution.

## EXPERIMENTAL SETUP

Weekly (168 h) air samples were collected biweekly at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK), a regional background site in the Czech Republic, from January 2018 to December 2022 using a high-volume air sampler (Digital DH-77) equipped with a PM<sub>10</sub> inlet. Sampling volumes averaged  $5324 \pm 310 \text{ m}^3$ . Particulate matter was collected on quartz microfibre filters (QMA), while the gas phase was captured in downstream polyurethane foam (PUF) plugs. A total of 129 samples were analyzed for 10 targeted hopanes. Air samples were spiked with an internal standard, Soxhlet-extracted in dichloromethane, cleaned, and analyzed on a GC-MS (Agilent, USA).

## RESULTS AND DISCUSSION

Out of 10 targeted hopanes, five were detected in gaseous samples (four of them in more than one sample), and six of them were detected in 40 % of particulate matter samples. Four hopanes were not detected in any out of 129 collected samples. The most

dominant hopane in the gas phase was  $17\alpha(\text{H})$ -22,29,30-trisnorhopane (60 % gaseous samples), while  $17\alpha(\text{H}),21\beta(\text{H})$ -22R-homohopane was present in 92 % of particulate-matter samples. Total air concentrations (gas + particulate matter) of hopanes ranged from  $0.10 \text{ pg m}^{-3}$  to  $0.41 \text{ ng m}^{-3}$ . Distinct seasonal variations of total atmospheric hopane concentrations were observed, higher in wintertime than in summertime, likely due to the combination of the seasonalities of vehicular emissions and/or coal combustion from household heating. Additional factors contributing to higher values in winter could have been the lowering of mixing layer height, enhanced gas-to-particle partitioning of semivolatiles, and photochemistry (Robinson *et al.*, 2006, Wong *et al.*, 2021).

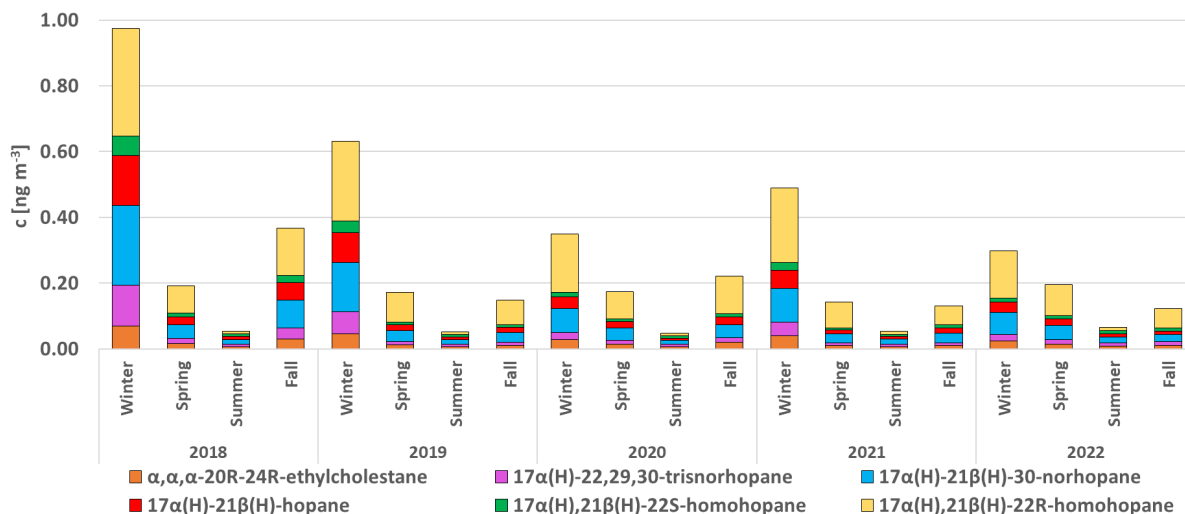


Fig. 1: Seasonal variation of total (gaseous + particulate) atmospheric hopane concentrations at the central European background site Košetice.

Winter = DJF; Spring = MAM; Summer = JJA; Fall = SON; December 2017 and 2022 are not included.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The research leading to these results was supported by the ACTRIS Large Research Infrastructure - Participation of the Czech Republic (ACTRIS-CZ - LM2023030) - Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, RECETOX (No LM2023069) and the OP RDE (the CETOCOEN EXCELLENCE project). We also thank Petr Kukučka for the valuable first discussions.

#### REFERENCES

- Irei, S.; Stupak, J.; Gong, X.; Chan, T.; Cox, M.; McLaren, R.; Rudolph, J. Molecular marker study of particulate organic matter in Southern Ontario air. *J. Anal. Meth. Chem.* 2017, 3504274 (2017).
- Oros, D.; Simoneit, B. Identification and emission rates of molecular tracers in coal smoke particulate matter. *Fuel*, 79, 515-536 (2000).
- Robinson, A.; Donahue, N.; Rogge, W. Photochemical oxidation and changes in molecular composition of organic aerosol in the regional context. *J. Geophys. Res.*, 111, D03302 (2006).

- Schauer, J.; Kleeman, M.; Cass, G.; Simoneit, B. Measurement of emissions from air pollution sources.: 5.: C<sub>1</sub> - C<sub>32</sub> organic compounds from gasoline-powered motor vehicles. *Environ. Sci. Technol.*, 36, 1169-1180 (2002).
- Turlington, J.; Olson, D.; Stockburger, L.; McDow, S. Trueness, precision, and detectability for sampling and analysis of organic species in airborne particulate matter. *Anal. Bioanal. Chem.*, 397, 2451-2463 (2010).
- Wong, Y.; Huang, X.; Cheng, Y.; Yu, J. Estimating primary vehicular emission contributions to PM<sub>2.5</sub> using the Chemical Mass Balance model: Accounting for gas-particle partitioning of organic aerosols and oxidation degradation of hopanes. *Environ. Pollut.*, 291, 118131 (2021).

# VLIV VÝŠKY MEZNÍ VRSTVY ATMOSFÉRY NA ZMĚNY VE VERTIKÁLNÍ DISTRIBUCI PLYNNÉ RTUTI

Gabriela VÍTKOVÁ<sup>1</sup>, Kateřina KOMÍNKOVÁ<sup>1,2</sup>, Roman PROKEŠ<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Ústav výzkumu globální změny, AV ČR, Brno, Česká Republika,  
vitkova.g@czechglobe.cz

<sup>2</sup> Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno, Česká  
Republika,

<sup>3</sup> RECETOX, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno, Česká Republika.

Klíčová slova: Rtuť v atmosféře, Výška mezní vrstvy atmosféry, Vertikální distribuce,  
Dálkový transport

## SUMMARY

According to previous studies, it can be assumed that there is a connection between local dispersion conditions, atmospheric boundary layer (ABL) height, meteorological parameters and changes in the mercury concentration gradient.

The Atmospheric station Křešín u Pacova, which is part of the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK) located in the central part of the Czech Republic, ensures measurements of total gaseous mercury (TGM) at two height levels as a long term continuous observation at the background conditions. Two Tekran 2537X instruments are located at 4 and 240 meters above ground (inlets).

The station provides a wide range of measurements that allows to look a deeper into the relationship between different pollutants and various parameters. One of these parameters that can significantly affect the vertical distribution of pollutants is the change in ABL height during the day.

To determine the relationship between ABL height and the change in the vertical gradient of mercury concentration in this study, two periods - two months in winter (January and February) and two months in summer (June and July) 2023 - were compared. For each of these periods, the difference between two levels of TGM measurements was calculated and compared with ABL height development during the day and other meteorological parameters.

It was found that a distinguished diurnal variation of the differences between individual TGM measurement levels appears in summer, while in winter the difference remains almost constant, which corresponds to ABL development during this periods.

## ÚVOD

Rtuť a její sloučeniny patří mezi toxické látky, které se do prostředí se dostávají primárně ve formě emisí do atmosféry. Nejčastěji měřený parametr, celková plynná rtuť (total gaseous mercury - TGM), sestává z více než 90 % z Hg<sup>0</sup>, plynné elementární rtuti, která je málo reaktivní a může se tak v atmosféře šířit na velké vzdálenosti (Zhou, 2020). Porovnání s vývojem výšky mezní vrstvy atmosféry (Atmospheric boundary layer - ABL) na stejné lokalitě může poskytnout odpovědi na otázky ohledně původu přítomné rtuti.



Mezní vrstva atmosféry je nejnižší část zemské atmosféry přímo ovlivněná kontaktem se zemským povrchem, typicky o tloušťce 0,5 – 2 km, v rámci níž se odehrává přenos tepla a emisí znečišťujících látek v časovém rozlišení od minut po hodiny.

Během (slunečného) dne je pro ABL typický takový vývoj, kdy po východu slunce se od prohřátého povrchu začne formovat směšovací vrstva (Mixing layer – ML) s turbulentním prouděním vzduchu. Po západu slunce mísení v atmosféře ustává a v blízkosti povrchu se vytvoří stabilní noční vrstva (Stable nocturnal layer - SNL). V rámci SNL se koncentrace znečišťujících látek může zvýšit nebo snížit ve srovnání s vrstvou nad ní, která je pozůstatkem ML tzv. zbytková vrstva (Residual layer RL), a to v závislosti na přítomnosti znečišťujících zdrojů v dané oblasti (Stull, 1988; Helbig, 2021).

Cílem této studie je určit, jak výška mezní vrstvy atmosféry a rychlost a směr větru ovlivňují změnu koncentračního gradientu plynné rtuti.

## METODY MĚŘENÍ

K měření TGM byly použity dva analyzátory Tekran 2537X, umístěné ve dvou výškových úrovních stožáru Atmosférické stanice Křešín na Národní atmosférické observatoři v Košetických (NAOK, 49°35'N, 15°05'E). Jeden se nachází v technologickém kontejneru na zemi, vzorkující ve 4 m nad povrchem, a druhý v kontejneru na vrcholu stožáru, vzorkující ve 240 m.

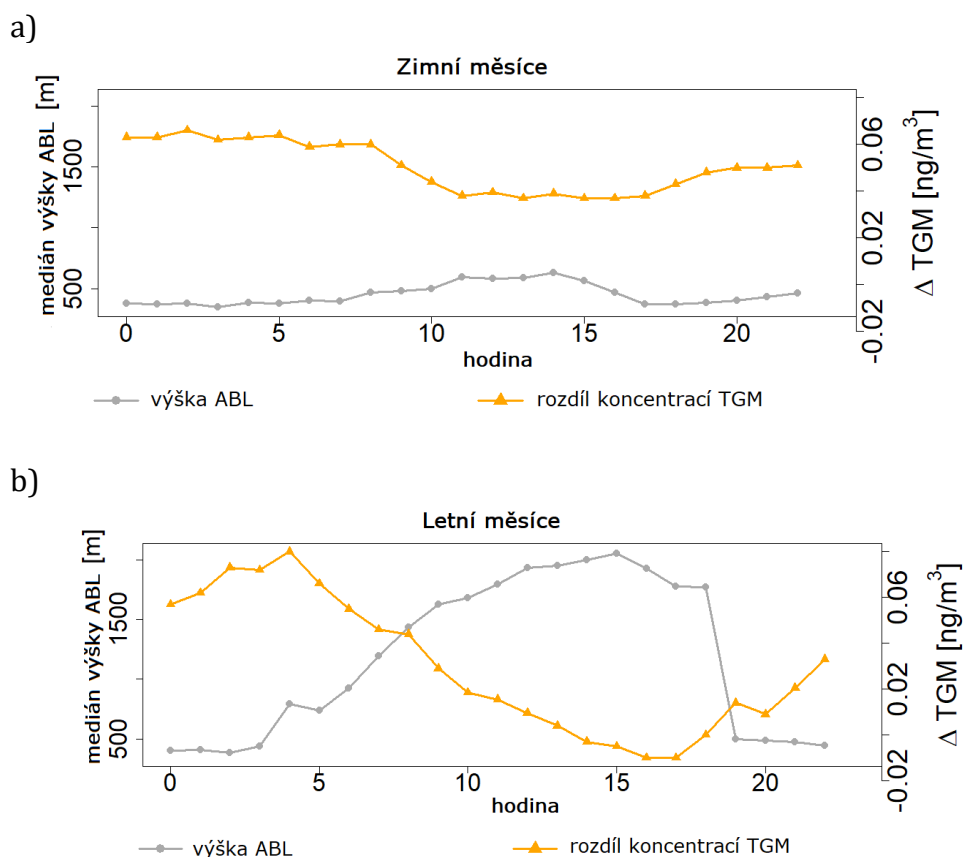
Výška ABL byla určena pomocí Ceilometru CL51 (Vaisala), přístroje založeného na technologii lidarů (Light Detection And Ranging), pomocí softwaru Vaisala BL-View a následném zpracování založeném na metodě publikované v rámci Lotteraner and Piringer (2016).

Rychlost a směr větru byly naměřeny pomocí čidel Gill WindObserver 65 také umístěných na stožáru.

V rámci této práce byla srovnána dvě časová období roku 2023, dva měsíce v zimě (leden a únor) a dva měsíce v létě (červen a červenec).

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Pro každé období byl vypočten medián denního chodu rozdílu koncentrací TGM (Hg 240 m - Hg 4 m) a porovnán s vývojem výšky ABL během dne ze stejných období (Obr. 1). Koncentrace z obou výšek byly také porovnávány zvlášť, mimo jiné i s dalšími parametry, jako je rychlost a směr větru. Z výsledků vyplývá, že během zimních měsíců zůstává rozdíl koncentrací TGM stabilnější, avšak stále sleduje změny ve výšce ABL (a). V létě výška ABL dosahuje vyšších úrovní (až 2000 m), změna rozdílu koncentrací TGM je také znatelnější a během denních hodin se blíží mnohem výrazněji nule, což naznačuje významné vertikální míchání (b). V zimním období vyšší průměrné koncentrace TGM ve výšce 240 m (1.55 ng.m<sup>-3</sup>) oproti koncentracím naměřeným u paty stožáru pak značí původ rtuti v dálkovém transportu.



Obr. 1: Mediánový denní chod rozdílu koncentrací TGM (Hg 240 m - Hg 4 m) a výšky mezní vrstvy atmosféry (ABL) v zimních měsících (leden a únor 2023) (a) a v letních měsících (červenec a srpen 2023) (b).

## PODĚKOVÁNÍ

Tuto práci podpořilo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci projektu CzeCOS (číslo grantu LM2023048) a ACTRIS-CZ (LM2023030).

## LITERATURA

- Helbig, Manuel et al., Integrating continuous atmospheric boundary layer and tower-based flux measurements to advance understanding of land-atmosphere interactions, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 307, (2021).
- Lotteraner, C., Piringer, M., Mixing-Height Time Series from Operational Ceilometer Aerosol-Layer Heights. *Boundary-Layer Meteorol.* 161, 265–287, (2016).
- Stull, R.B., An Introduction to Boundary Layer Meteorology, ISBN 9027727694, 9789027727695, *Springer Science & Business Media*, (1988).
- Zhou, J., Wang, Z., Zhang, X., Driscoll, Ch.T., Lin, C.J., Soil-atmosphere exchange flux of total gaseous mercury (TGM) at subtropical and temperate forest catchments, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 16117–16133, (2020).

# ČASOVOPRIESTOROVÁ VARIÁCIA TUHÝCH ČASTÍČ V MESTE ŽILINA A JEHO OKOLÍ V ROKU 2023

Dušan JANDAČKA<sup>1</sup>, Daniela Ďurčanská<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra cestného a environmentálneho inžinierstva, Žilina, Slovensko, dusan. [jandacka@uniza.sk](mailto:jandacka@uniza.sk), [daniela.durcanska@uniza.sk](mailto:daniela.durcanska@uniza.sk)

Kľúčová slova: tuhé častice, sezónna variácia, cestná doprava, znečistenie ovzdušia

## SUMMARY

The level of air quality constantly resonates in society. Extreme air pollution affects the environment and residents of residential areas more and more, especially in the winter months, when the combination of air pollution sources and secondary factors exceed the limit values of harmful substances intended to protect the health of people and animals. The task of research in this area is primarily to clarify the existing air quality conditions and their changes. One possibility is the introduction of sensor networks for air quality monitoring as a tool of the Smart city concept. The concept of Smart cities, as defined by the European Parliament, represents a comprehensive approach to the functioning of the urban region, which affects various social areas such as culture, infrastructure, environment, energy, social services and others. In each of these areas, it pursues multiple goals that are interconnected and together create a system based on the principles of sustainable development. As part of the REMoT project, a pilot project of a sensor network for monitoring air pollution by road traffic in the city of Žilina will be implemented. In the pilot project, it will be possible to actively process the data of road transport emission load measurements and traffic volume into an active transport model. The potential of knowing the benefits of reducing the emission load of the environment by road transport will be a valuable input for environmentally acceptable decision-making in the field of mobility management.

## ÚVOD

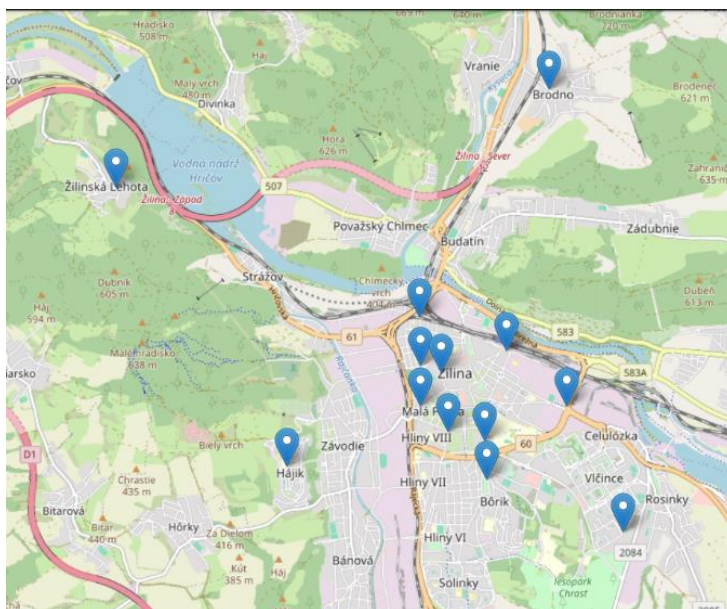
Sektor dopravy významne negatívne ovplyvňuje životné prostredie a ľudské zdravie. Doprava zodpovedá za štvrtinu emisií skleníkových plynov v EÚ a spôsobuje znečistenie ovzdušia, hluk a fragmentáciu biotopov [EEA, 2020]. Presnejšie povedané: doprava je jediný veľký hospodársky sektor v Európe, v ktorom sa od roku 1990 zvýšil objem skleníkových plynov a ktorý sa najviac podieľa na tvorbe emisií oxidov dusíka poškodzujúcich zdravie a životné prostredie [EEA, 2022; EEA, 2022 - 2]. Dve najdôležitejšie látky, ktorými cestná doprava znečisťuje ovzdušie, sú oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>) a jemné tuhé častice (PM<sub>2,5</sub>). Jemná frakcia PM<sub>2,5</sub> tvorí 40 – 80 % hmotnostnej koncentrácie PM<sub>10</sub> v okolitom ovzduší v Európe [Jandack et al., 2023; OECD, 2020]. Zatiaľ čo výfukové emisie z vozidiel od roku 1990 klesajú vďaka technologickým zdokonaleniam vozidiel, ako sú napríklad časticové filtre, zvyšujú sa nevýfukové emisie tuhých častíc vznikajúcich opotrebovaním brzd, pneumatík, povrchu vozovky, karosérie, súčastí cestnej komunikácie. Nevýfukové zdroje tvoria v súčasnosti veľkú časť celkových emisií tuhých častíc z vozidiel – približne polovicu častíc PM<sub>10</sub> a tretinu tuhých častíc PM<sub>2,5</sub> [OECD, 2020].

Vo vedeckej literatúre panuje zhoda v tom, že nevýfukové emisie sú čoraz dôležitejším zdrojom PM z cestnej dopravy a dlhodobé vystavenie PM môže mať významné nepriaznivé účinky na ľudské zdravie [Jandacka and Durcanska, 2021; Khomenko, 2021; OECD, 2020; OECD, 2014]. Preto musí byť ruka v ruke s mobilitou riešené aj znečisťovanie životného prostredia.

V súčasnosti je povedomie o dopadoch využívania cestnej dopravy na kvalitu ovzdušia spoločnosťou veľmi filtrované. Základnom musí byť informácia o stave kvality ovzdušia. V rámci mestského územia bude vytvorený prototyp aktívnej senzorickej siete, kde budú získavané a hodnotené údaje o znečistení ovzdušia (znečisťujúce látky PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), meteorologické parametre a intenzita dopravy. Vytvorený systém senzorickej siete bude slúžiť tiež ako kalibračný vstup do modelu cestnej dopravy v riešenom území.

## METODIKA MERANIA

Súčasťou riešenia projektu REMoT je aj pilotný projekt senzorickej siete (Obr. 1) na monitorovanie znečistenia ovzdušia cestnou dopravou v meste Žilina a spracovanie emisnej záťaže v dopravnom modeli.



Obr. 1: Rozmiestnenie smart senzorov v meste Žilina (projekt REMoT a projekt Mesta Žilina)

Pilotný projekt, ktorého prvá časť je už v prevádzke, je zameraný na polozenie základu environmentálneho rozhodovania v procese voľby mobility. Zámerom je vytvoriť komplexnú senzorickeú sieť združujúcu informácie získané IoT zariadeniami: údaje o kvalite ovzdušia, meteorologické parametre, hlukové emisie zo smart senzorov (SM) a údaje zo zariadení na sčítanie cestnej dopravy. Tieto údaje budú vhodne vizualizované a využívané pre kalibráciu modelu cestnej dopravy a stanovenie emisnej záťaže od mobility.

Mesto Žilina taktiež vybuďovalo sieť senzorickej siete, ktoré zlučujú merania kvality ovzdušia, hluku, intenzity osvetlenia a meteorologických parametrov. Jednotlivé senzoricke stanice sú umiestnené na ôsmich miestach v rámci mesta Žilina. Do budúcnosti plánujeme prepojenie všetkých smart staníc a prezentáciu výsledkov na spoločnej platforme. Koncentrácie znečisťujúcich látok (PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>) sú merané

nízkonákladovými senzormi použitými v rámci senzorickej siete a porovnávané s referenčnou gravimetrickou metódou.

## VÝSLEDKY MERANÍ

Navrhovaná senzorická sieť s výstupnými atribútmi (emisie znečisťujúcich látok, prašnosť  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$  a intenzita dopravy) je využívaná pre sledovanie reálneho stavu a zmien kvality ovzdušia vzhľadom na zmenu dopravných pomerov v sledovanom území.

Merania koncentrácií  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  uskutočňované Smart senzormi SM sú priebežne sledované a porovnávané s meraniami uskutočňovanými Žilinskou univerzitou v Žiline pomocou mobilnej monitorovacej stanice kvality ovzdušia (MMSKO). Smart senzory boli navrhnuté pre potreby projektu vývojármi firmy IS Industry Solutions Žilina. Prebieha tiež porovnanie výsledkov SM senzorov s meraniami realizovanými Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ). Namerané dáta sú vizualizované pomocou platformy Grafana - „open source“ analytické a monitorovacie riešenie pre každú databázu.

Taktiež prebiehajú podrobné porovnávacie merania  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  používaného Smart senzoru (optická metóda merania PM) s referenčnou gravimetrickou metódou (Obr. 3).



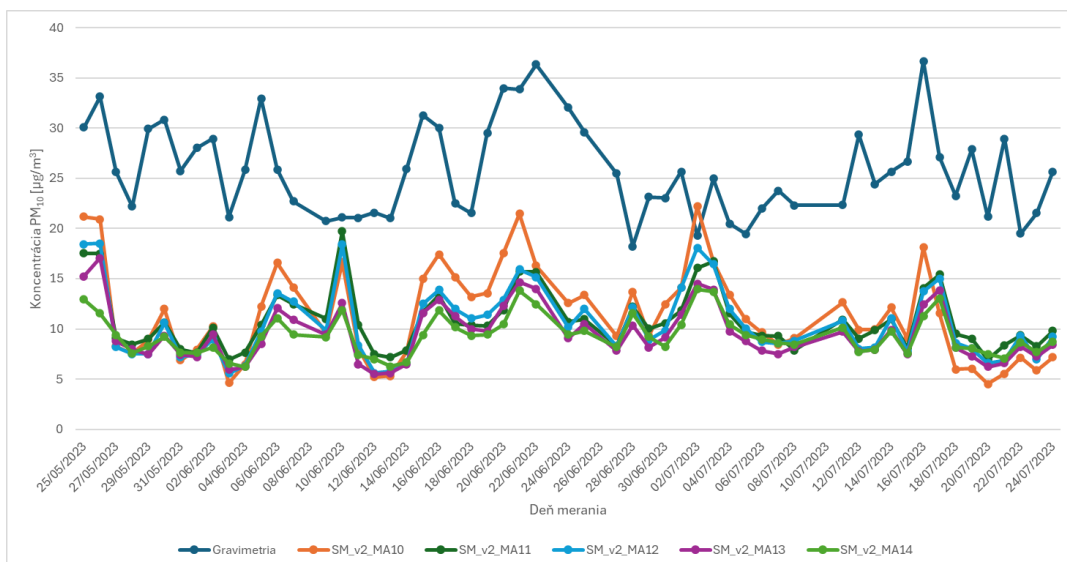
Obr. 3: Porovnávacie merania smart senzorov SM na meracom stanovišti v centre mesta Žilina

Bolo porovnávaných 5 smart senzorov používaných v rámci projektu REMoT. Vyhodnotených bolo 56 koncentrácií  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  pre každý smart senzor. Merania boli uskutočňované počas letného obdobia 25. 5. – 24. 7. 2023. Namerané koncentrácie smart senzormi vykazujú nižšie koncentrácie ako gravimetrická metóda. Trend priebehu koncentrácií meranými smart senzormi a gravimetrickou metódou je podobný (Obr. 4, 5).

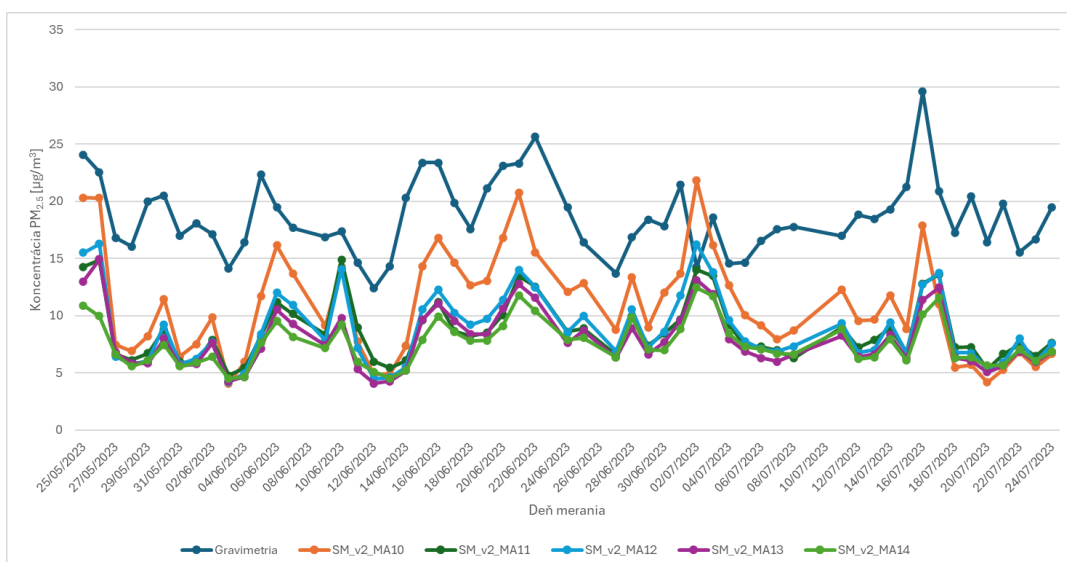
Pre porovnanie nameraných koncentrácií pomocou SM a gravimetrickou metódou bolo použité kritériu z-skóre. Z-skóre testuje, či je rozdiel medzi laboratóriami (metódami) nameranou hodnotou a vzťažnou hodnotou v medziach určeného kritéria a je počítané podľa vzťahu:

Podľa uvedeného kritéria boli hodnotené 24-hodinové koncentrácie PM z meraní Smart senzorom a gravimetrickou metódou.





Obr. 4: Namerané koncentrácie PM<sub>10</sub> počas porovnávacích meraní smart senzorov SM s gravimetrickou metódou

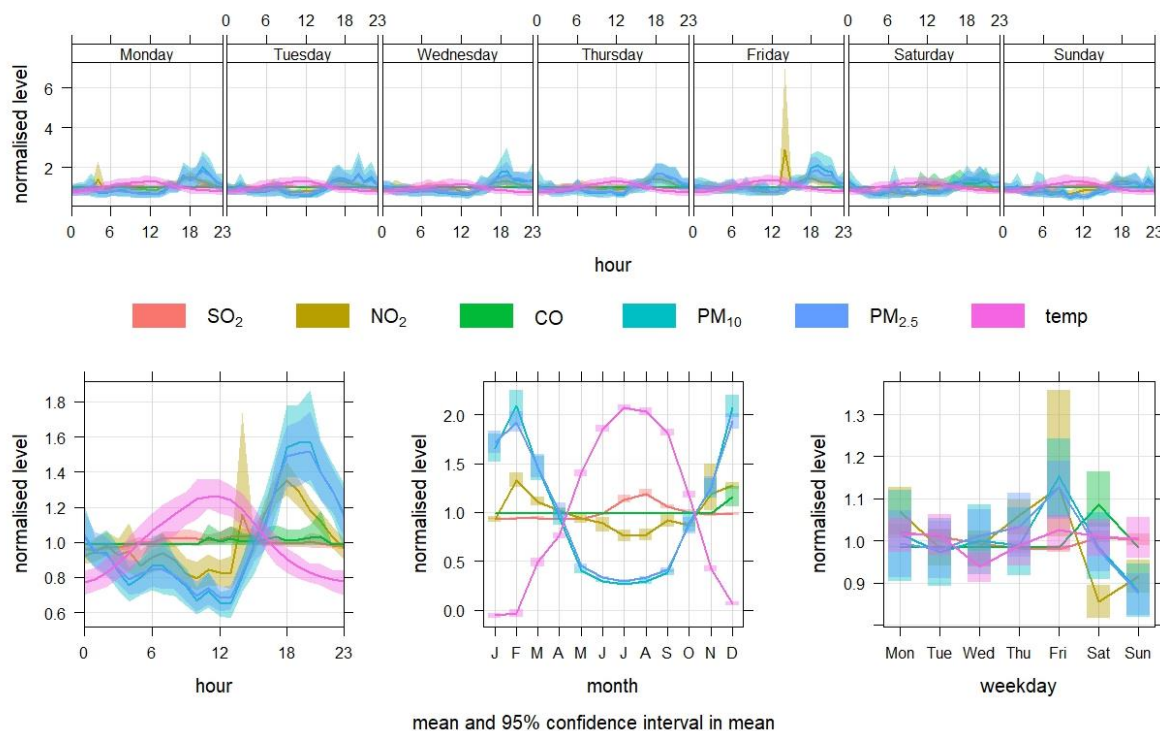


Obr. 5: Namerané koncentrácie PM<sub>2,5</sub> počas porovnávacích meraní smart senzorov SM s gravimetrickou metódou

V prípade vyhodnotenia uvedených 56 meraní je výsledok z-skóre pre priemernú hodnotu PM<sub>10</sub> priemernú hodnotu PM<sub>2,5</sub> nevyhovujúci pre každý smart senzor. Tieto výsledky poukazujú na skutočnosť, že koncentrácie merané smart senzormi sú nízke a nereprezentujú reálne hodnoty koncentrácií vyskytujúce sa vo vonkajšom ovzduší. Pomocou lineárnej regresnej analýzy boli definované regresné funkcie pre každý porovnávaný smart senzor z nameraných hodnôt gravimetrickou metódou a smart senzormi a boli pomocou nich prepočítané koncentrácie namerané smart senzormi. Následne boli hodnoty z-skóre jednotlivých meraní vyhovujúce.

Merania kvality ovzdušia realizované senzoricou sieťou v meste Žilina boli hodnotené za rok 2023. Vo všeobecnosti môžeme pozorovať na všetkých sledovaných lokalitách ročnú časovú variáciu znečisťujúcich látok súvisiacu predovšetkým s vonkajšou teplotou. Prejavuje sa to hlavne pri znečisťujúcich látkach PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> a CO, pri ktorých pozorujeme vyššie koncentrácie pri nižších teplotách počas roka.

Z pozorovania časového priebehu nameraných koncentrácií jednotlivých znečisťujúcich látok možno konštatovať, že počas zimných mesiacov (vykurovacia sezóna) v roku 2023 bola kvalita ovzdušia horšia ako počas letného obdobia. Zhoršená kvalita ovzdušia sa prejavila predovšetkým z pohľadu koncentrácií tuhých častíc PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Práve v období počas vykurovacej sezóny boli zaznamenané veľmi nízke teploty ovzdušia, čo výrazne ovplyvňuje aktuálny stav znečistenia ovzdušia (sekundárna tvorba tuhých častíc, prítomnosť väčšieho počtu zdrojov znečistenia ovzdušia ako napríklad lokálne vykurovanie) (Obr. 6).



Obr. 6: Časová variácia znečisťujúcich látok a teploty na lokalite Žilinská Lehota

Z analyzovaných nameraných údajov o kvalite ovzdušia, t.j. koncentráciách znečisťujúcich látok, vyplynulo, že najmarkantnejšími znečisťujúcimi látkami z pohľadu početnosti zhoršenej úrovne kvality ovzdušia v meste Žilina za rok 2023 sú tuhé častice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Tieto znečisťujúce látky sú výrazne problematické z hľadiska škodlivosti na ľudské zdravie a životné prostredie. Predurčuje ich k tomu predovšetkým ich chemické zloženie, ktoré zahŕňa veľkú škálu chemických prvkov a zlúčenín.

## ZÁVERY

Kvalita ovzdušia je pretrvávajúcim problémom, predovšetkým v mestách. Preto je vhodné o tomto probléme vedieť viac, tzn. aké znečisťujúce látky sú tie kritické, aké vysoké sú koncentrácie znečisťujúcich látok, do akej miery môžu byť škodlivé pre človeka, aké zdroje znečistenia ovzdušia sú potencionálnymi pôvodcami škodlivých látok. Následne na základe bližšieho poznania stavu a pôvodu znečistenia ovzdušia, môžeme stanoviť opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia.

Mesto Žilina v súčinnosti s realizovanými projektami (tiež projekt REMoT) disponuje senzorickou sieťou pozostávajúcou zo smart staníc, ktoré zlučujú merania kvality ovzdušia, hluku, intenzity osvetlenia a meteorologických parametrov, intenzity dopravy.

Prezentované výsledky sú tiež súčasťou prác na prebiehajúcom projekte „Výskum mobility a emisných atribútov dopravného procesu“, ktorý riešia pracovníci Katedry cestného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline. Projekt prebieha od roku 2022, bude ukončený v roku 2025.

Projekt IoT senzorickej siete monitorovania znečistenia ovzdušia cestnou dopravou v meste Žilina bude slúžiť pre stanovenie emisnej záťaže mobilitou. V nadväznosti na dopravný model bude spracovaný emisný model mesta Žilina s aktívnym kalibračným nástrojom zo senzorickej siete monitorovania ovzdušia.

Využitie informácií o zmenách environmentálnej záťaže spôsobenej cestnou dopravou je žiaduce v rozhodovacích procesoch samosprávy a verejnej správy. Na každej úrovni je nutné vytvoriť možnosť voľby pre environmentálne prijateľnú mobilitu predovšetkým v dobe, kedy rezonujú nezvratiteľné klimatické zmeny v spoločnosti.

## POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol v rámci projektu APVV-21-0416 „REMoT - Výskum mobility a emisných atribútov dopravného procesu“ podporeného Agentúrou na podporu výskumu a vývoja.

## LITERATÚRA

EEA Decarbonising road transport - the role of vehicles, fuels and transport demand. 2022. 1–92 s. ISBN 9789294804730.

EEA - 2 Transport and Environment Report 2022 (TERM2022) Digitalisation in the mobility system: challenges and opportunities [No 07/2022]. 2022. 214 s. ISBN 9789294805195.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) Air quality in Europe - 2020 report. 2020. 162 s. ISBN 978-92-9480-292-7.

JANDACKA, D. et al. Characterization of Road Dust, PM<sub>x</sub> and Aerosol in a Shopping–Recreational Urban Area: Physicochemical Properties, Concentration, Distribution and Sources Estimation. *Sustainability*, Vol. 15, Page 12674. 2023.

JANDACKA, D. - DURCANSKA, D. Seasonal Variation, Chemical Composition, and PMF-Derived Sources Identification of Traffic-Related PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>2.5-10</sub> in the Air Quality Management Region of Žilina, Slovakia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18, no. 19, s. 10191.

KHOMENKO, S. et al. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health*. 2021. Vol. 5, no. 3, s. e121–e134.

OECD Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport [online]. OECD, 2020. ISBN 9789264452442.

OECD The Cost of Air Pollution [online]. OECD, 2014. ISBN 9789264210424.



# **BRAKE WEAR NANOPARTICLE PRODUCTION FROM PASSENGER CARS STRONGLY AFFECTED BY BRAKING CONDITIONS**

Michal VOJTÍŠEK<sup>1</sup>, Miroslav VACULÍK<sup>1</sup>, Martin PECHOUT<sup>2</sup>, František HOPAN<sup>3</sup>, Kamil KRPEC<sup>3</sup>, Olexander MOLCHANOV<sup>3</sup>, Jiří Smokeman HORÁK<sup>3</sup>, Barbora DOUŠOVÁ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Material Engineering, Technical University of Ostrava, Ostrava, CZ  
michal.vojtisek@vsb.cz

<sup>2</sup> Department of Vehicles and Ground Transport, Czech Univ. of Life Sciences, Prague, CZ

<sup>3</sup> Energy Research Center, Technical University of Ostrava, Ostrava, CZ

<sup>4</sup> University of Chemistry and Technology Prague, Prague, CZ

Keywords: emissions; toxicity; air-liquid interface; exposure; real-world emissions; portable emissions monitoring system

## **INTRODUCTION**

The use of automobile friction brakes generates both coarse particles generated by mechanical processes and nanoparticles resulting from high temperature processes at or near the friction surfaces (Grigoratos and Martini, 2015; Kukustchová et al., 2011). The production of nanoparticles has been reported to be relatively low below a certain brake disc temperature and, beyond this temperature, to increasing exponentially with temperature (Zum Hagen et al., 2019).

In this work, the effects of braking conditions – speed, deceleration rate, brake rotor temperatures – on nanoparticle production were investigated here, aiming to provide practical guidance for reducing emissions through driving style and traffic management.

## **EXPERIMENTAL**

Typical front brake pads and a rotor from a common passenger car, mounted on a brake dynamometer, were subjected to three runs of the WLTP brake cycle, as well as to those parts of standardized brake performance tests believed to be reasonably realistic for common driving. Particle size distributions in the dynamometer exhaust duct were measured by a mobility classifier (Engine Exhaust Particle Sizer, TSI, 5.6-560 nm) and by a cascade electrostatic impactor (ELPI, Dekati, 6 nm – 10 µm).

## **RESULTS**

Size distributions from instruments, shown in Fig. 1, show a dominant peak at 10 nm commensurate to the severity of braking and a non-linear increase of the total particle number at higher braking powers and higher total energy dissipated. The harshest deceleration, from 175 to 100 km/h at 5.28 m.s<sup>-2</sup>, resulted in EEPS and ELPI readings of 3.5 x 10<sup>13</sup> and 2.9 x 10<sup>13</sup> particles per stop, 3 orders of magnitude more than the the average emissions of the same pads over the WLTP cycle, 3.3 x 10<sup>10</sup> particles/km.

While previous studies have correlated higher PN production with higher average brake rotor temperature, a more complex relationship between nanoparticle emissions and a combination of initial rotor temperature, total energy dissipated and braking power has been observed here, and is discussed in (Vojtisek-Lom et al., 2021).

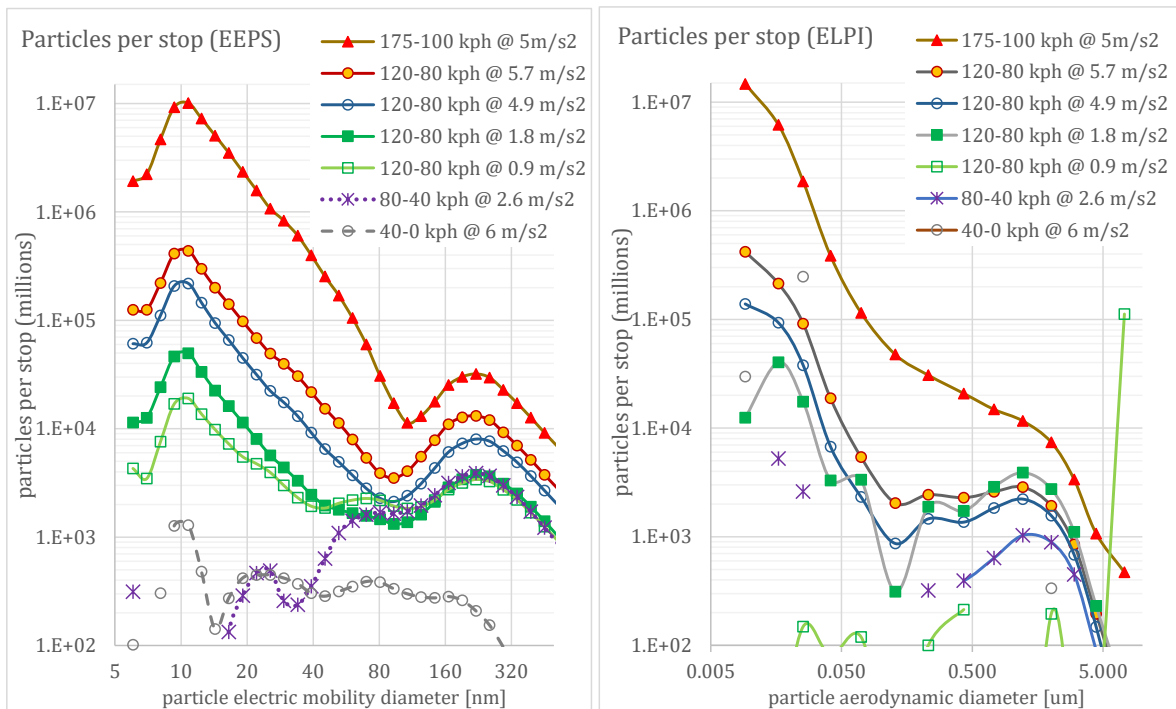


Fig. 1: Particles per stop at different initial and final speeds and deceleration rates.

## DISCUSSION

From a driver behavior and regulatory perspective, it appears limiting harsh braking and braking from high speeds, possibly through improved driving practices, road design and traffic management, may potentially reduce brake wear nanoparticles. From the measurement perspective, it appears that “off-cycle” braking, even if relatively infrequent, may be associated with exponentially higher emissions and non-negligible share of the total emissions, and therefore should not be neglected.

## ACKNOWLEDGEMENT

Funded by the Czech Science Foundation grant no. GA19-04682S and by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports project no. 22\_008/0004631-01 “MATUR”.

## REFERENCES

- Grigoratos, T., & Martini, G. (2015). Brake wear particle emissions: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(4), 2491-2504.
- Kukutschová, J., et al. (2011). On airborne nano/micro-sized wear particles released from low-metallic automotive brakes. *Environmental Pollution*, 159(4), 998-1006.
- Vojtíšek-Lom, M., et al. (2021). Effects of braking conditions on nanoparticle emissions from passenger car friction brakes. *Science of the Total Environment*, 788, 147779.
- Zum Hagen, F. H. F., et al. (2019). Study of brake wear particle emissions: impact of braking and cruising conditions. *Environmental science & technology*, 53(9), 5143-5150.

# MULTI-INSTRUMENTAL AEROSOL OBSERVATIONS IN RACIBÓRZ, POLAND

Artur Szkop<sup>1</sup>, Aleksander PIETRUCZUK<sup>1</sup>, Ilya BRUCHKOUSKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland aszkop@igf.edu.pl

Keywords: Atmospheric aerosols, ACTRIS, multiinstrumental measurements

## INTRODUCTION

The region of Silesia in the southern Poland experiences prolonged episodes of poor air quality conditions that can adversely affect health of the local population (e.g. Rogula-Kozłowska 2013). The atmospheric aerosols observed in this region were shown to have significant sources that are both local and associated with advection (Szkop and Pietruczuk 2019). To improve the monitoring of air pollution in the region the Silesian town of Racibórz has been chosen for the location of the new ACTRIS candidate National Facility station that supports both aerosol in-situ and remote sensing measurement techniques. While the primary instruments are operated continuously, additional observations on both ground based and airborne platforms, are carried out during short-term measurement campaigns. The synergy between all the operated instruments allows for deeper understanding of the aerosol structure and characteristics, especially its vertical variability near the surface, and correspondence between microphysical and optical parameters.

## EXPERIMENTAL SETUP

The aerosol in-situ observatory in Racibórz has been designed to be fully compliant with the requirements of the European ACTRIS research infrastructure. The facility is currently undergoing labelling process by ACTRIS to become an official National Facility. Being the member of this European infrastructure means that The Raciborz Observatory will meet the highest standards for the instrumentation, calibration, and data quality control. Most of the primary in-situ instruments (i.e. APS3321 aerodynamic size spectrometer, SMPS8032 mobility size spectrometer, AE33 aethalometer, AURORA4000 polar nephelometer, and CIMEL sun-sky photometer) are already fully operational. These are supplemented by remote sensing CIMEL sun-sky photometer, and a laser ceilometer.

An SMPS (scanning mobility particle sizer) calculates particles' Stokes radius by measuring the speed at which ionized aerosol particles drift in a constant electric field. The instrument is comprised of three main components: an impactor that cuts-off large aerosols, a differential mobility analyzer (DMA) that classifies particles' mobility by discretely modifying the electric field, and a condensation particle counter (CPC) that uses supersaturated working fluid vapors to condense and grow particulates allowing for their optical detection. Our TSI Model 3082 SMPS provides aerosol size distribution in the 10–800 nm range.

An APS (aerodynamic particle sizer) uses a laser-based, dual optical axis, detection method to measure individual particle's time-of-flight under aerodynamic acceleration in a laminar flow as well as light scattering intensity. The TSI Model 3321 APS can obtain particle size distribution in the 0.5–20  $\mu\text{m}$  range with a resolution of 52 channels.

The Magee AE33 Aethalometer is an advanced instrument for real-time measurement of black carbon (BC) concentrations in the atmosphere, using a dual-spot technique to correct for filter loading errors. It measures BC at multiple wavelengths, allowing for source attribution (e.g., fossil fuel vs. biomass burning). Widely used in air quality monitoring, climate research, and health impact studies, the AE33 provides accurate, high-resolution data crucial for understanding BC's role in pollution, public health, and climate change.

A nephelometer measures aerosol optical parameters by emitting a beam of light (often at more than one wavelength) that becomes scattered on both molecules and particles. The scattered light is then measured and a light detector set to one side of the source beam. The Aurora 4000 measures intensity at three wavelengths within up to 18 user selectable angular sectors, using varied backscatter shutter positioning thus providing information on wavelength dependent phase function for scattering.

The CIMEL sun-sky photometer is a precision instrument used to measure aerosol optical properties in the atmosphere. It operates by capturing sunlight at various wavelengths, tracking both direct sunlight and scattered light in the sky to determine aerosol optical depth (AOD), particle size distribution, and refractive index. Widely used in networks like AERONET, it provides crucial data for climate research, air quality studies, and satellite validation, helping to understand aerosols' role in climate forcing and atmospheric processes.

The Lufft CHM 15k "Nimbus" Ceilometer is a low-cost LIDAR instrument designed for continuous atmospheric monitoring. It measures cloud height, aerosol layer detection, and vertical visibility by emitting a laser beam and analyzing the backscattered light. With a range of up to 15 km, it can monitor multiple cloud layers and aerosol distribution, providing valuable data for weather forecasting, air quality monitoring, and climate studies. Its robust design allows for reliable operation in various weather conditions, making it ideal for long-term atmospheric observations.

Additional instruments, operated during campaigns, include optical particle counters and sizers (OPS3330, OPC N3, and SPS30), a COBALD portable photometer.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

The analysis of data originating from widely varying instruments is a complex process that often necessitates a number of assumptions and approximations. On the other hand, a more complete image of aerosol characteristics can be obtained allowing for better understanding of their composition as well as temporal evolution. Below we present some selected examples of data analysis approaches employed at the Racibórz station together with some of the obtained results.

The process of combining Stokes aerosol size distribution measured by the SMPS with aerodynamic size distribution obtained from the APS requires the assumption of aerosol density and asymmetry factor. In Figure 1 we present daily time series of reconstructed aerodynamic volume size distributions where a successful glueing is shown on the left plot while the example of a mismatch resulting from improper assumptions is given on the right plot.

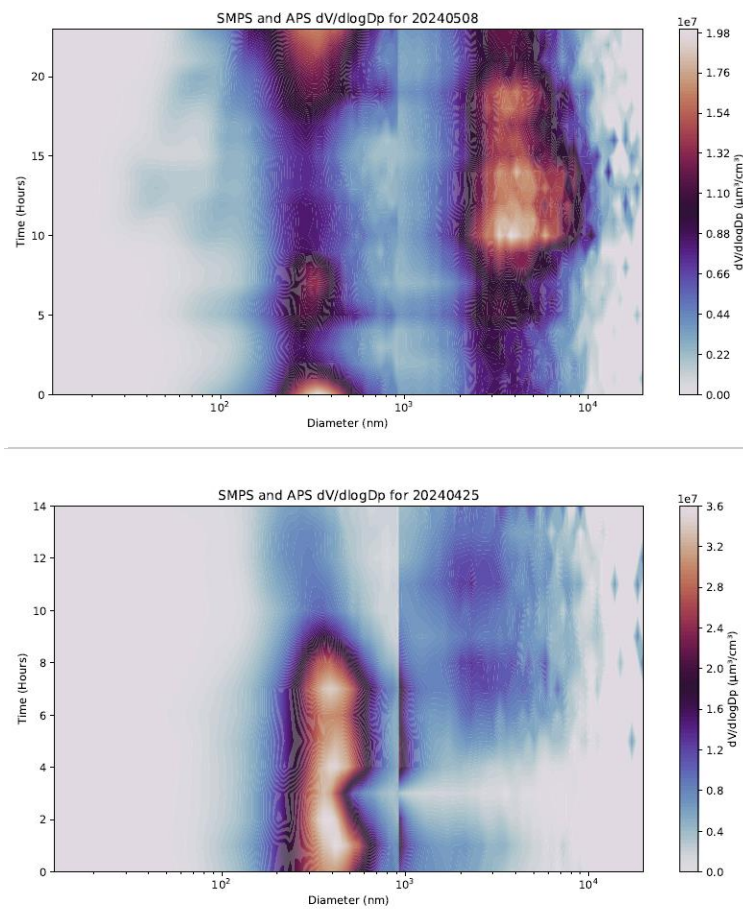


Fig. 1. Examples of wide-range aerosol size distribution reconstructed based on APS and SMPS data. Top: a successful merge. Bottom: Example of improper assumption of aerosol density.

A field campaign was carried out in order to compare the  $PM_x$  measurements obtained from three different optical in-situ instruments (OPS3330, OPC N3, and SPS30). All instruments were installed in a purpose built weather resistant container equipped with sampling heads designed and machined in-house. These measurements were compared with  $PM_x$  estimations based on the aforementioned wide-range volume size distributions.

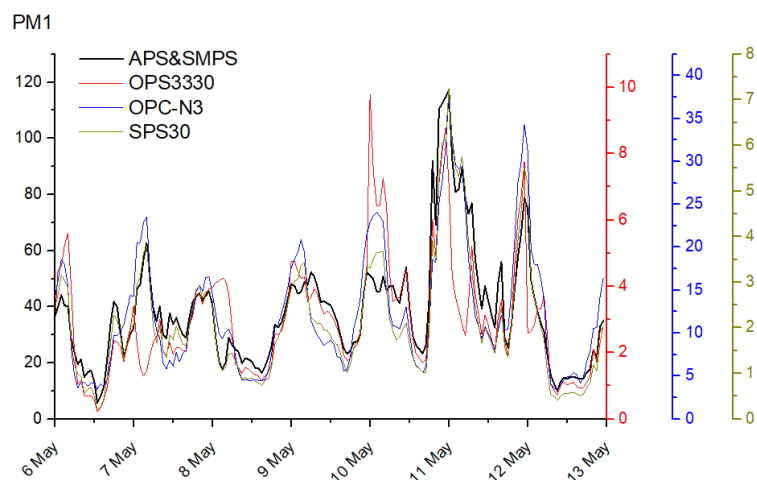


Fig. 2. A comparison between  $PM_1$  time series obtained based on three optical particle detectors, compared with the APS+SMPS spectrometer tandem.

The results (Figure 2) indicate that while the obtained values are strongly dependent on individual calibrations of the instruments, the temporal variability remains in good agreement between the instruments.

The specialized software has been developed in our department for automatic segmentation of UAV flight profiles based on altitude/pressure time series. This allows for rapid and replicable identification of individual flight states, including ascents, descents, and hovers. This data can be readily combined with measurements made by onboard instruments to produce profiles and calculate uncertainties of the measured quantities. This allows, among others, for NRT data analysis in the field, between individual flights, which in turn allows for better monitoring of the performance of the instruments during the campaign. An example of such an analysis for a pressure vector and OPC N3 data is presented in Figure 3.

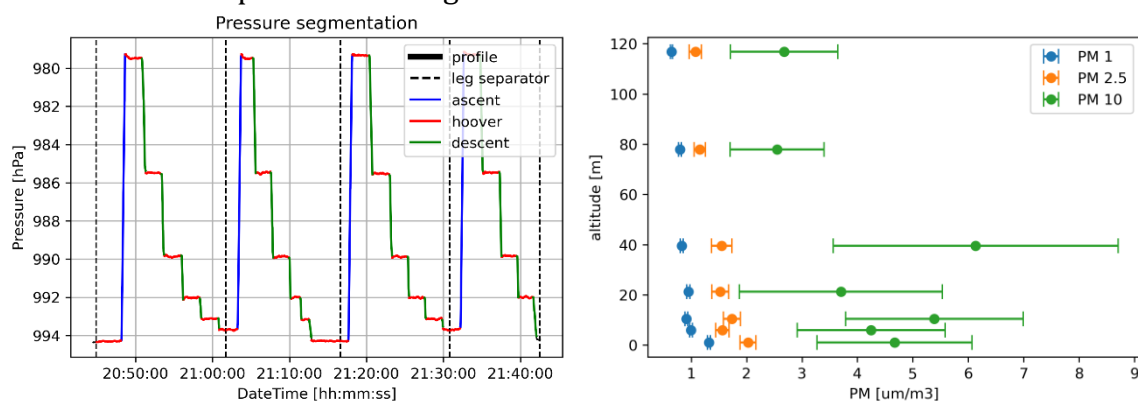


Fig 3. Example of UAV flight analysis. Left: Flight segmentation based on pressure. Hovers are automatically identified enabling NRT data analysis. Right: PM<sub>x</sub> values measured with OPC N3 particle counter for individual ~90 second long hovers with uncertainties estimated based on standard deviation.

## REFERENCES

- Rogula-Kozłowska, W., Kozielska, B., & Klejnowski, K. (2013). Hazardous compounds in urban PM in the central part of Upper Silesia (Poland) in winter. *Archives of Environmental Protection*, 39(1), 53-65.
- Szkop, A., & Pietruczuk, A. (2019). Synergy of satellite-based aerosol optical thickness analysis and trajectory statistics for determination of aerosol source regions. *International Journal of Remote Sensing*, 40(22), 8450-8464.
- Dubovik, O., Lapyonok, T., Litvinov, P., Herman, M., Fuertes, D., Ducos, F., ... & Federspiel, C. (2014). GRASP: a versatile algorithm for characterizing the atmosphere. *SPIE Newsroom*, 25(10.1117), 2-1201408.

# SNÍŽENÍ EMISÍ PM A NO<sub>x</sub> Z MALÝCH SPALOVACÍCH ZAŘÍZENÍ POMOCÍ ELEKTROSTATICKÉHO ODLUČOVAČE

Alexandr MOLČANOV<sup>1</sup>, Kamil KRPEC<sup>1</sup>, Jiří HORÁK<sup>1</sup>, Lenka KUBONOVÁ<sup>1</sup>,  
František HOPAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VŠB - Technická Univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum,  
oleksandr.molchanov@vsb.cz

Klíčová slova: electrostatický odlučovač, kotel malého výkonu, PM, NO<sub>x</sub>

## SUMMARY

Electrostatic precipitators (ESPs) have proven effective in reducing particulate matter (PM) emissions, but their potential for simultaneous NO<sub>x</sub> reduction remains underexplored. This study addresses this gap and investigates the use of ESP to reduce both PM and NO<sub>x</sub> in combustion gases from a small-scale 15-kW wood pellet boiler. The ESP was operated with both positive and negative polarities without chemical additives. Its performance was evaluated at different specific input energies (SIE), measuring NO<sub>x</sub> and particle number concentrations. The ESP reduced particle content to ambient air levels, with the highest efficiency for particles between 20-200 nm. NO<sub>x</sub> emissions were reduced by up to 78%, from 178 mg/m<sup>3</sup> to 39 mg/m<sup>3</sup>, at SIE of 36 J/L (positive corona) and 48 J/L (negative corona). This study highlights the potential of ESPs as compact, energy-efficient solutions for simultaneously controlling PM and NO<sub>x</sub> in small-scale combustion systems.

## ÚVOD

Malé spalovací jednotky (s tepelným výkonem méně než 500 kW) produkují nebezpečné znečišťující látky, které významně ovlivňují životní prostředí a způsobují více než 3 miliony předčasných úmrtí ročně – což překonává počet obětí válek a kriminality před rokem 2015 (Wang et al., 2016). Nejvýznamnějšími emisemi jsou částice (PM) a NO<sub>x</sub>, proto se tato práce zaměřuje na ně.

Zpřísnění legislativních limitů na atmosférické emise malých spalovacích jednotek, a vyžaduje zlepšení stávajících metod čištění spalin.

Problém emisí z průmyslového spalování je většinou řešen sériově aplikovanými technologiemi pro individuální kontrolu PM, jako je electrostatické odlučování, a systémy odstranění NO<sub>x</sub>, například selektivní katalytické redukce.

Electrostatické odlučovače (ESP) používají elektrické pole k nabíjení a odstraňování částic. Vysoké napětí blízkosti výbojové elektrody způsobuje generace elektronů a iontů které představují korónový proud, jehož velikost je u výboje se zápornou polaritou výrazně vyšší díky vyvinutější ionizaci. Zrychlené polem elektrony generují v ESP netepelnou plazmu (NTP), která iniciuje disociaci a ionizaci molekul plynu které mohou vést k chemickým procesům v plynném mediu. Částice přicházejí do tohoto prostředí a získávají náboj kolizí s ionty a radikály molekul. Přítomnost částic proto snižuje kapacitu pro chemické přeměny v plynech. To je obzvláště patrné u průmyslových ESP kvůli značnému obsahu velkých částic, snadno adsorbujících elektrický náboj. Naopak spaliny z malých kotlů obsahují nízké koncentrace převážně ultrajemných částic, které se nabíjí mnohým těžce. Plynové znečišťující látky tak mohou být chemicky zpracovány a

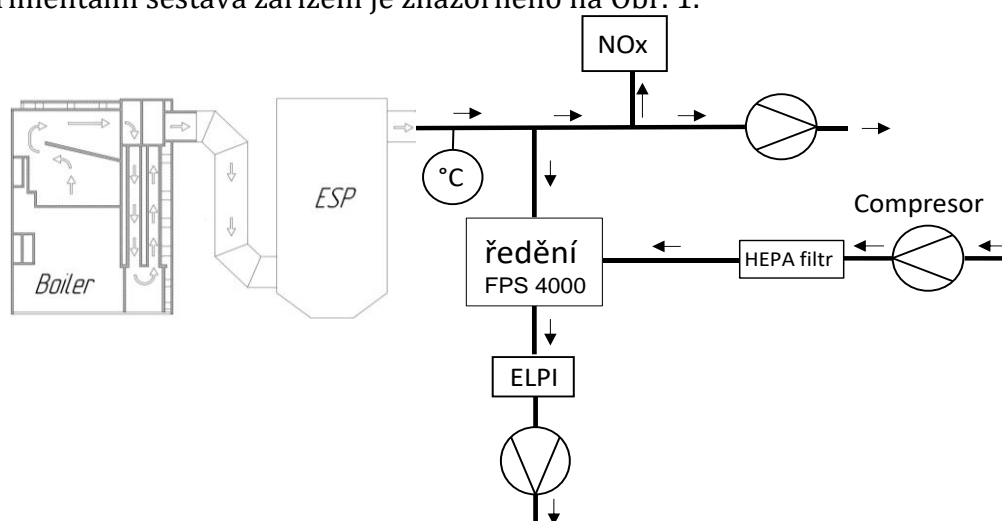
přeměněny z plynné fáze na aerosoly, které lze následně vysrážet společně s původním poletavým popelem. ESP tak může bez použití chemických činidel současně odstraňovat PM a NO<sub>x</sub>, přičemž nabízí dostatečně vysokou a nákladově efektivní účinnost.

Potenciál korónového výboje pro odstranění NO<sub>x</sub> byl uveden již dříve: Wang, et al. (Wang et al., 2013) zaznamenali 60% odstranění NO<sub>x</sub>, zatímco Wu et al. (Wu et al., 2005) uvedli 70% snížení NO<sub>x</sub>. Přesto zůstává významná výzkumná mezera v oblasti kombinovaného odstraňování těchto znečišťujících látek ze zdrojů malého spalování.

Novinkou této studie je vyplnění této mezery prostřednictvím použití ESP pro současné snížení emisí částic (PM) a oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>) ze systémů malého spalování. Studie zkoumá mechanismy podílející se na odloučení částic různých velikostí a konverzní procesy spojené s NO<sub>x</sub> v kontextu emisí z malých spalovacích systémů.

## METODY MĚŘENÍ

Experimentální sestava zařízení je znázorněna na Obr. 1.



Obr. 1: Experimentální sestava zařízení

Pro kontrolu PM a NO<sub>x</sub> z 15-kW kotle byl navržen speciální elektrostatický odlučovač s voštinovými elektrodami tvořenými 20 šestiúhelníky s délkou strany 25 mm. Sršící elektrody byly z nerezového drátu o průměru 0,35 mm umístěny. Elektrody měly aktivní délku 1000 mm. Celková usazovací plocha navrženého ESP byla přes 3 m<sup>2</sup>. ESP byl provozován s negativní a pozitivní polaritou. Napájení ESP zajišťoval vysokonapěťový zdroj XP Glassman, model PS/030R040-22, schopný dodat maximální výstupní napětí 30 kV a proud 40 mA. Měření byla prováděna, když byl ESP napájen v pěti režimech s hodnotami proudu 1, 5, 10, 20, 30 a 40 mA.

Všechny testy byly prováděny při stabilním provozu kotle s ustálenou koncentrací CO a teplotou spalin a byly opakovány pětkrát s vypnutým/zapnutým ESP. Místo odběru vzorků pro detekci plynných sloučenin, teploty a koncentrace suspendovaných částic bylo umístěno za navrženým ESP v rovné části potrubí [12]. Všechny vzorky byly izokinické a byly odebrány přímo ze středu potrubí. Všechny měřené hodnoty koncentrace byly normalizovány na objemovou jednotku suchého plynu při 101,325 kPa, 0 °C a referenčním O<sub>2</sub> na 10 %.

Složení kouřových plynů bylo detekováno pomocí NDIR detektoru a teplota kouřových plynů byla měřena termopárem (typ K).



Obsah částic v kouřových plynech byl hodnocen z hlediska hmotnostních (PM) a početních (PN) koncentrací. PM byl měřen gravimetricky pomocí 30-minutového vzorkování, přičemž byla udržována izokinická tolerance 20 %. PN byl definován pomocí elektrického odlučovače nízkého tlaku Dekati® (ELPI),

Vzorky byly přizpůsobeny provozním možnostem ELPI systémem ředění Dekati® FPS-4000. se v následném zařízení. Vzorky byly ředěny okolním vzduchem, a poté filtrovány pomocí HEPA filtru na koncentrace pod 2000 #/cm<sup>3</sup>. Ředící poměr byl nastaven na 1:80 a ověřen porovnáním koncentrací CO<sub>2</sub> v kouřových plynech a ve vzorku.

Údaje o koncentraci částic jsou prezentovány jako celková koncentrace počtu částic (PN) a frakční koncentrace jako dN/dlog(Dp).

účinnost ESP byla vyhodnocena následovně:

$$\eta_{[NOx]} = \left(1 - \frac{[NOx]_{ESP\ on}}{[NOx]_{ESP\ off}}\right) \times 100\% \quad (1)$$

Specifická spotřeba energie (SIE) [J/L], nebo Beckerův parametr, byla vyhodnocena takto:

$$SIE = \frac{I \times U}{V} \quad (2)$$

Kde U je napětí [kV], I je elektrický proud v ESP [mA] a V je průtok spalin [L/s].

## VÝSLEDKY, DISKUSE, ZÁVĚRY

Informace o parametrech zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tab. 2: Informace o parametrech zkoušek

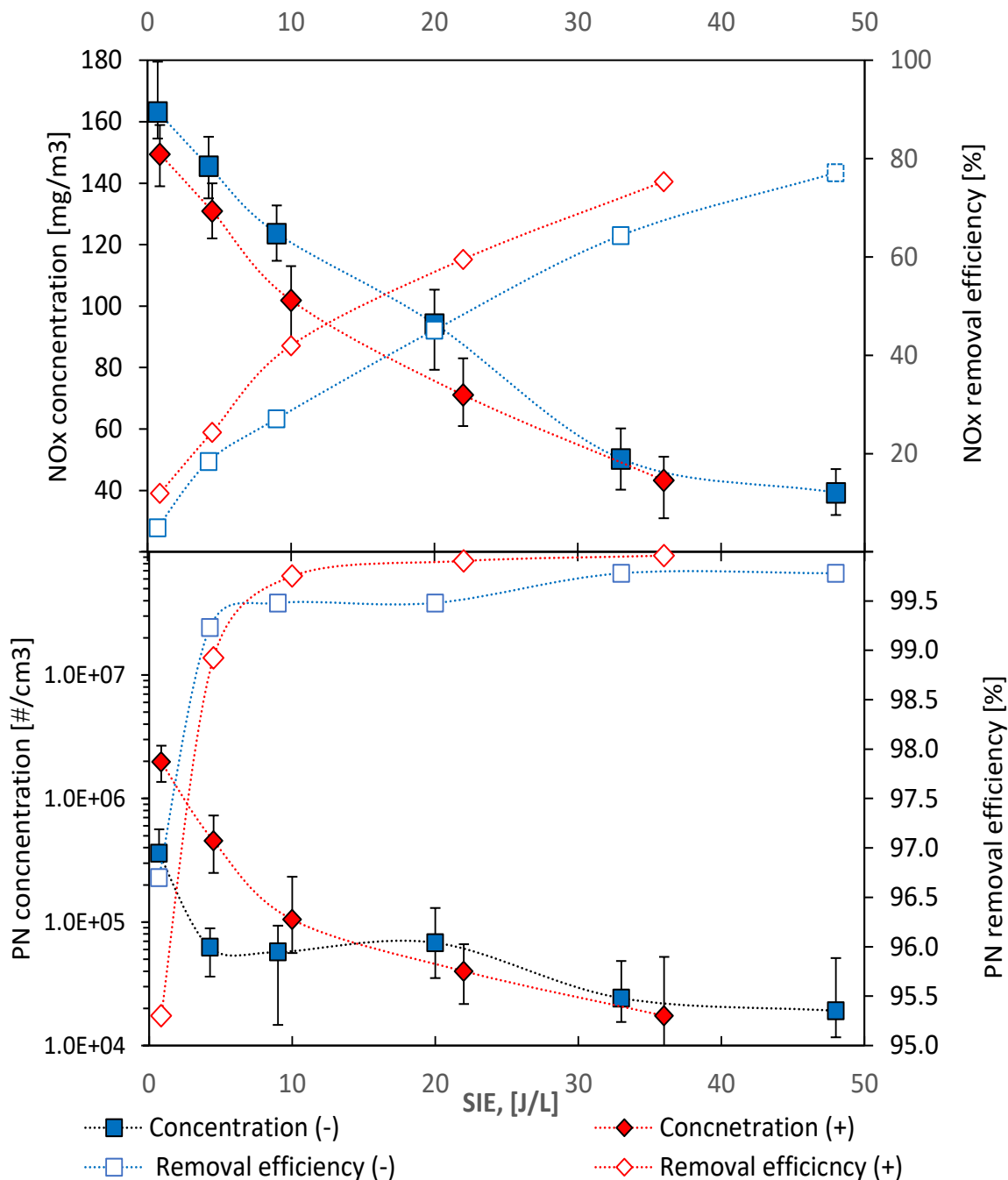
Parametr	Jednotka	Záporná/Kladná Polarita					
Teplota spalin	°C	130					
Průtok spalin	L/s	10					
Vlhkost spalin	vol %	10.3					
Obsah kyslíku	vol %	12					
NO <sub>x</sub> *	mg/m <sup>3</sup>	178					
PM *	mg/m <sup>3</sup>	48					
PN*	#/cm <sup>3</sup>	1.5×10 <sup>7</sup>					
Proud v ESP	mA	1	5	10	20	30	40
Napětí v ESP	kV	7/8.5	8.5/9	9/10	10/11	11/12	12/-
SIE	J/L	0.7/0.8	4.2/4.5	9/10	20/22	33/36	48/-

\* v suchých spalinách (0 °C, 101.3 kPa); při O<sub>2</sub> = 10 % vol.

Obrázek 3 ukazuje změny v koncentraci PN a NO<sub>x</sub> během provozu ESP v závislosti na SIE pro pozitivní a negativní korónový výboj.

Palivo bylo dávkováno do kotle v pravidelných intervalech, což zajišťovalo spalování každé dávky během tří různých fází spalování. Procházení těmito třemi různými fázemi spalování vykazovalo změny ve složení spalin a kolísání koncentrací částic a NO<sub>x</sub>. Vážené průměrné koncentrace znečišťujících látek jsou prezentovány v obrázku 3 na pozadí výkyvů způsobených různými fázemi spalování.

Účinnost odstraňování NO<sub>x</sub> lze pozorovat jako sublineární funkci SIE pro negativní korónu v rozmezí od 5 % do 77 % a pro pozitivní korónu v rozmezí od 5 % do 76 %.



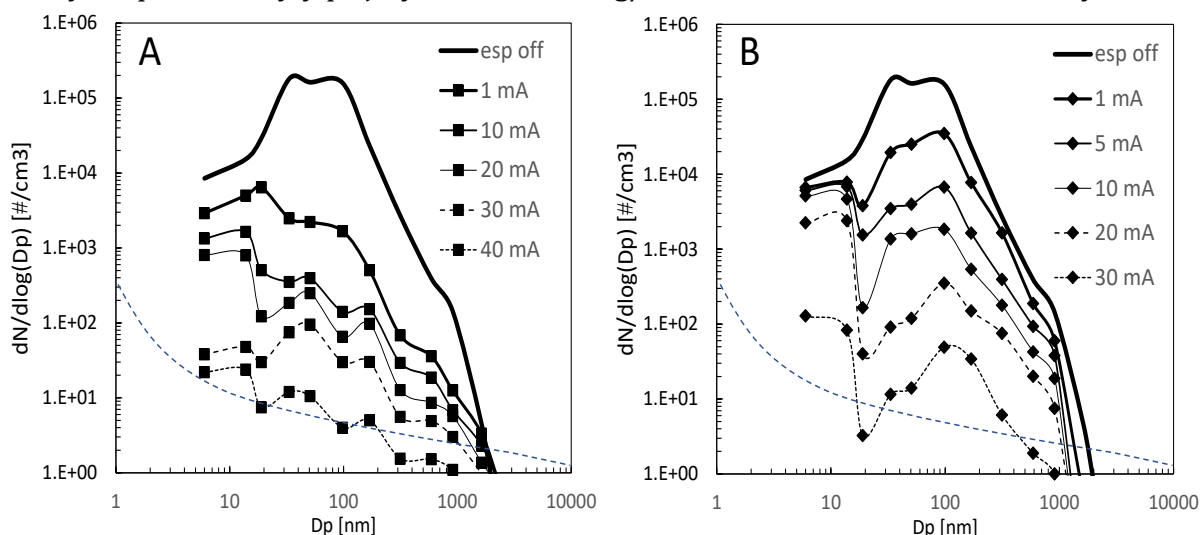
Obr. 2: Změny koncentrací NO<sub>x</sub> a PN od SIE

Korónový výboj v ESP vytváří netepelnou plazmu v tenké oblasti v těsné blízkosti výbojových elektrod. Energetické elektrony v plazmě narážejí na molekuly plynu, což vede k jejich disociaci, a tím generují aktivní částice, jako jsou atomový kyslík (O), hydroxylové radikály (OH) a ozon (O<sub>3</sub>), které hrají klíčovou roli v odstraňování NO<sub>x</sub>. Hlavní mechanismus pro odstraňování NO<sub>x</sub> v ESP zahrnuje oxidaci NO na vyšší oxidy dusíku – na NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> a N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, které vytvářejí výpary kyselin HNO<sub>3</sub> a HNO<sub>2</sub>.

Výbojové prostředí stimuluje vznik ionty-indukované nukleaci, která převádí plynové znečišťující látky na kapalné aerosoly  $(\text{HNO}_x)_a(\text{H}_2\text{O})_w$ . Tímto aerosoly, v rozsahu velikostí několika nanometrů, mohou být vytvořeny při koncentracích daleko pod 100% bodem nasycení jednotlivých složek. Vzniklé kyselinové-vodní částice podléhají dalšímu růstu a nabíjení. Nově vytvořené částice jsou následně sráženy ve studovaném ESP spolu s počátečními částicemi popela.

ESP prokázal poměrně vysokou účinnost odstranění pro obě polarity koronárního výboje: minimální režim energizace ESP 0,7/0,85 J/L zajistil odstranění 97/95 % celkového počtu částic pro zápornou/kladnou korunu. Další zvýšení dodávky energie studovaného elektrostatického odlučovače vedlo ke zvýšení odloučení až na 99,95/99,8 % celkové účinnosti pro zápornou/kladnou korunu. Celková koncentrace PN byla během provozních režimů s napětím 12 kV snížena na přibližně  $18 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$ . Tato hodnota je srovnatelná s koncentrací částic v ambientním vzduchu, která se během experimentální kampaně pohybovala od  $14 \times 10^3$  do  $21 \times 10^3 \text{ \#/cm}^3$ .

Koncentrace PM s vypnutým ESP byla  $48 \text{ mg/Nm}^3$ . Ale už při minimálním režimu energizace ESP, 0,7/0,85 J/L, odběry vzorků neposkytly výsledky dostatečné pro přesnou evaluaci účinnosti: navážka po každém z pěti odběrů vzorků byla srovnatelná s chybou měřicího zařízení. Zdvojnásobení doby odběru vzorků mělo podobně za následek. V důsledku toho byly hodnoty PM považovány za statisticky nevýznamné, koncentrace PM v čistých spalinách byly přijaty na úrovni  $0 \text{ mg/Nm}^3$  a nebudou dále diskutovány.



Obr. 3: Změny velikostní distribuce částic při aktivaci ESP s negativní (A) a pozitivní (B) korunou.

Obrázek 3 ilustruje změny v rozložení velikosti částic v závislosti na energizaci ESP pro negativní a pozitivní výboje, spolu s detekčním limitem ELPI (Marjamäki et al., 2000), který je zobrazen jako modrá tečkovaná čára. Počáteční rozložení velikosti částic, měřené bez provozního režimu ESP vypnuto, bylo typické pro malé spalování a vykazovalo unimodální rozložení s vrcholem přibližně  $1,5 \times 10^7 \text{ \#/cm}^3$  při průměru částic 70 nm.

Při srovnání obou typů korun vykázala negativní korona mírně vyšší účinnost pro částice kolem 70 nm, dosahující přibližně 99,9 % odstranitelných částic při 48 J/L, zatímco pozitivní korona dosáhla 98,7 % při 36 J/L. Nicméně, pro částice menší než 20 nm, negativní korona vedla k přibližně 20 % vyšším koncentracím nově vzniklých částic při nižších úrovních SIE.

Při negativní koruně bylo odstranění nejúčinnější pro částice v rozmezí 20-200 nm. Při malé SIE o 0,7 J/L se koncentrace 70-nm částic snížila o 98 % na  $3 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ .

Současně se vytvořil nový vrchol přibližně na 20 nm s koncentrací  $1 \times 10^6 \text{ \#/cm}^3$ . Při 48 J/L se koncentrace všech velikostí částic snížily na  $1 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$  nebo méně.

Pozitivní korona vykazovala podobné trendy, ale s mírně nižší účinností. Při 0,85 J/L byla koncentrace 70 nm částic snížena o 96,7 % na  $5 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ , zatímco se objevil nový vrchol na 20 nm s koncentrací  $8 \times 10^5 \text{ \#/cm}^3$ . Při 36 J/L byly všechny velikosti částic sníženy na přibližně  $2 \times 10^4 \text{ \#/cm}^3$  nebo méně.

Tyto pozorování lze přičíst vznikající při korónovém výboje generaci iontů, která kromě nabíjení částic také vede k nukleaci sekundárních aerosolů. Částice v režimu nukleace, s průměry menšími než 20 nm, mají omezenou schopnost získat náboj kvůli své malé velikosti. To vysvětluje o 20 % vyšší koncentraci pod-20 nm částic pozorovaných při nižších úrovních SIE. Přesto byla účinnost sekundárních aerosolů pozorována jako poměrně vysoká, 86 %/92 %, pro pozitivní/negativní polaritu i při nízkém energizování studovaného ESP. To by mohlo být působeno elektrohydrodynamickou turbulencí, stejně jako koagulací, které jsou pro tak jemné částice poměrně důležitými.

Vyvinutý ESP je efektivním pro odstraňování PM a NO<sub>x</sub> a nabízí slibné řešení pro zlepšení kvality vzduchu v různých prostředích, od obytných oblastí po malé spalování.

Budoucí směry výzkumu by se měly zaměřit na prodloužené testy odolnosti za účelem posouzení výkonu systému v průběhu času a při různých provozních podmínkách. Také by měly být provedeny komplexní studie zaměřené na složení a potenciální využití nebo bezpečné likvidace zachycených znečišťujících látek.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři práce děkují za podporu projektu LIFE-IP SK AQ Improvement „Enhancing the implementation of Air Quality Management Plans in Slovakia by strengthening capacities and competencies of regional and local authorities and promoting air quality measures“, identifikační číslo LIFE18 IPE/SK/000010. Projekt získal financování z programu LIFE Evropské unie a je spolufinancován státním rozpočtem České republiky prostřednictvím Ministerstva životního prostředí.

## LITERATURA

Marjamäki, M., Keskinen, J., Chen, D.-R., Pui, D.Y.H., 2000. PERFORMANCE EVALUATION OF THE ELECTRICAL LOW-PRESSURE IMPACTOR (ELPI). *Journal of Aerosol Science* 31(2), 249-261.

Wang, H., Naghavi, M., Allen, C., Barber, R.M., Bhutta, Z.A., Carter, A., Casey, D.C., Charlson, F.J., Chen, A.Z., Coates, M.M., 2016. Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet* 388(10053), 1459-1544.

Wang, M., Sun, Y., Zhu, T., 2013. Removal of NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, and Hg From Simulated Flue Gas by Plasma - Absorption Hybrid System. *IEEE Transactions on Plasma Science* 41(2), 312-318.

Wu, Z.L., Gao, X., Luo, Z.Y., Wei, E.Z., Zhang, Y.S., Zhang, J.Z., Ni, M.J., Cen, K.F., 2005. NO<sub>x</sub> treatment by DC corona radical shower with different geometric nozzle electrodes. *Energy Fuels* 19, 2279.

# ORIGIN AND TRANSPORT OF ATMOSPHERIC AEROSOLS ACROSS MORAVIA

Radim Seibert<sup>1</sup>, Vladimíra Volná<sup>1</sup>, Daniel Hladký<sup>1</sup>, Blanka Krejčí<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Hydrometeorological Institute, Ostrava, Czech Republic, radim.seibert@chmi.cz

Keywords: atmospheric aerosol, PM<sub>2.5</sub>, source apportionment, PMF

## INTRODUCTION

The eastern part of the Czech Republic called Moravia is known for significant spatial variation of meteorological conditions and air pollution levels. This abstract summarises the main results of two source apportionment studies carried out in this area in 2021 (northeastern part of Moravia) and 2023 (central and southern part) in terms of spatial trends, pollution transport and general causes of air pollution.

Based on long-term monitoring of meteorological conditions and air quality, there are well-defined preferential corridors of air pollution transport across Moravia due to orography and different causes of air pollution in the north and south of the area.

While the Silesian region in the north is affected by coal mining, heavy industry and coal-burning residential heating systems, south Moravia and neighbouring Austria and Slovakia have relatively higher emissions from transport and agriculture.

Based on the two studies mentioned above, the PMF model was used to quantify the main components and sources of PM aerosol, and to quantify its transport through the dominant pollutant transport corridors.

## METHODS

The source apportionment study in the northeastern part included seven sites, two of which (TVER and TSTD) were located in the Moravian Gate, a major pollution transport corridor within Moravia. The other five sites were located in the Ostrava agglomeration to provide sufficient detail for source apportionment near the largest metallurgical plant in the Czech Republic. The 2023 study was based on three sites: the TOPR site, representing an urban background area where the main transport corridor splits into two southern branches, the ZSTM site, representing an urban background in the Morava River valley, and the rural BCVR site, located in the flat part of South Moravia, outside the aforementioned corridors.

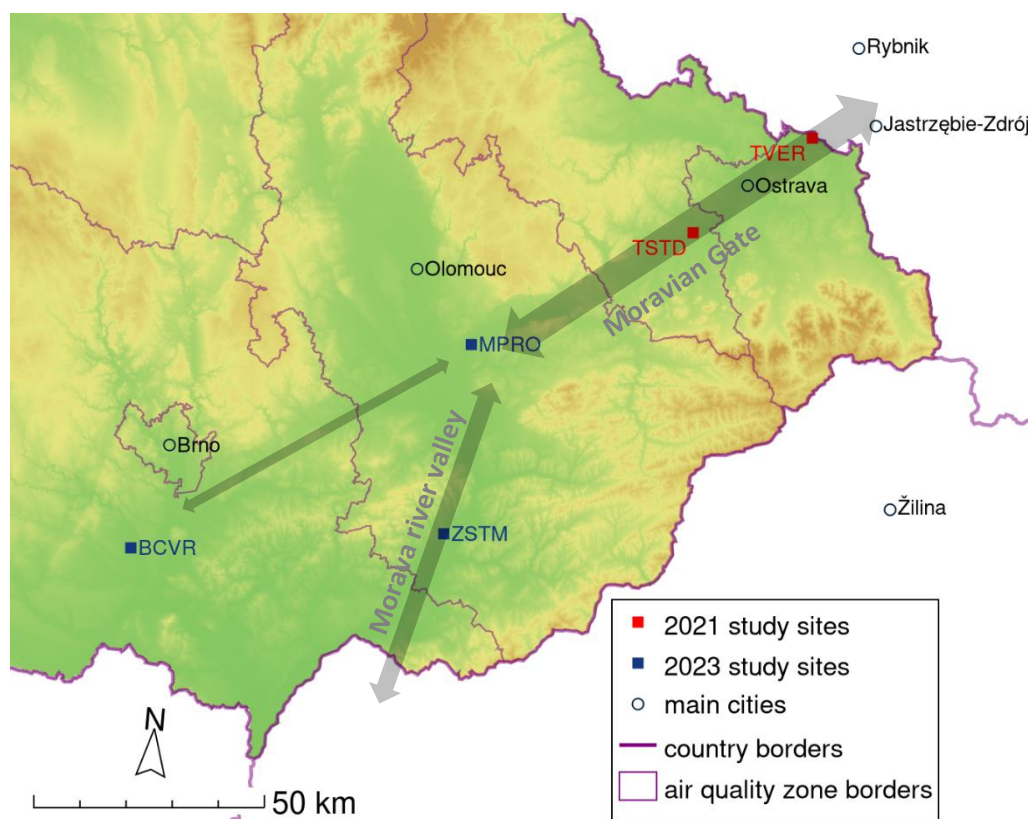


Fig. 1: Research area with source apportionment sites and preferential corridors of air pollution transport (grey arrows).

Similar source apportionment monitoring methods were used for both studies. The difference was in the sampling regime. The 2021 study was based on 24-hour sampling followed by 48-hour rest period throughout the year, whereas the 2023 study was based on 12-hour sampling with 24-hour rest period during five summer and five winter months (from November 2022 to March 2023 and from May 2023 to September 2023). The  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  fractions were sampled in 2021 and 2023 study, respectively. Sampling was conducted using automatic SEQ samplers with a controlled flow of  $2.3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . The laboratory methods were identical. The PTFE filters were used for gravimetric, elemental, anhydrosaccharide, cation and anion analyses, while quartz fibre filters were used for organic carbon (OC), elemental carbon (EC) and PAHs analyses. Anhydrosaccharides and ions were determined by HPAE chromatography, OC and EC concentrations by thermo-optical transmission, elements by ED-XRF and PAHs by gas chromatography.

Positive Matrix Factorization (PMF) was used to attribute PM pollution to its sources. Approximately 120 samples per monitoring site were used for the 2021 study and 200 samples per monitoring site for the 2023 study. The meteorological data were then processed to verify that the solutions were meaningful and to achieve more detailed information on the origin of the pollution.

## RESULTS AND DISCUSSION

The 2021 study identified eight PMF factors:

- Two residential heating factors: coal combustion and biomass burning
- Crustal factor
- Salt
- Two industrial factors: energy and steel production
- Two secondary aerosol factors: winter type and year-round type

The study carried out in 2023 identified twelve factors:

- Three residential heating factors: coal, softwood and hardwood
- Three types of secondary inorganic aerosols: ammonium nitrate, ammonium sulfate and ammonium chloride
- Secondary organic aerosol (SOA)
- Two mineral dust factors: local soil and construction works particles and long-range soil transport
- Two long-range transport factors: aged salt and degraded primary carbonaceous particles
- Primary traffic particles

The following text is limited to the results of the two studies mentioned above, which are important for understanding the regional causes of air pollution. It concerns primary emissions from residential heating and the main components of secondary aerosols.

In North Moravia, represented by the TVER site, the ratios of total Polish-to-Czech and Czech-to-Polish PM pollution fluxes were similar for all PMF factors. This suggests a similarity of all source types and their activity in both the Polish and Czech parts of Silesia, including the Ostrava agglomeration.

In contrast, at the TSTD site representing the Moravian Gate, the factor contributions from different wind sectors varied significantly. Transport from the Ostrava agglomeration and Poland was strongly dominated by residential coal combustion and industrial emissions. For transports from southern directions, the contribution of biomass combustion was several times higher than that of coal combustion. These findings are consistent with the long-known higher pollution levels of PM and PAHs in the northern part of Moravia and reflect the different fuels used for residential heating.

Throughout Moravia, primary aerosol concentrations generally increased from south to north. The identified types of secondary aerosols (SA) showed a clear opposite trend in North Moravia, with ammonium sulfate continuing this trend further from Central to South Moravia.

The main source of total primary aerosol concentrations was residential heating. Its contribution to PM<sub>2.5</sub> concentrations was significant in both relative and absolute terms. Contributions increased from southwest to northeast in the Moravian Gate and showed almost no variation from Central Moravia to the southern border of the country. From north to south across Moravia, the contributions of coal and biomass burning to PM concentrations changed reciprocally. Both the 2021 and 2023 studies show a decrease in coal combustion pollution from north to south and an increase in biomass burning in the same direction.

A specific situation was discovered in Ostrava agglomeration, where traffic and industry significantly contributed to the year-round SA type. This was likely due to a temporally stable vigorous sulfate formation induced by industrial emissions and the

contribution of SOA, probably driven by traffic during summer. Interestingly, the relative concentration of the winter-type SA was lower in Ostrava due to the higher relative proportion of industrial primary emissions in this area. For the same reason, also the relative contribution of residential heating was also lower in the city Ostrava and its surroundings.

Both studies show different air pollution problems in the northern and southern parts of Moravia. This is primarily due to two factors: a different mix of pollution sources and regional pollution transport.

The flat region of South Moravia is more affected by traffic emissions, particularly from the city Brno (approximately 20 km north of the BCVR site). There are also other significant hotspots of traffic emissions nearby in the vicinity, namely the agglomerations of Bratislava and Vienna (the capitals of Slovakia and Austria, at a distance of 80 and 100 kilometers, respectively). Traffic emissions were likely the main source of SOA in South Moravia. The contribution of SOA was the highest of all identified factors here (26% of the PM<sub>2,5</sub> mass) and from all monitoring sites. To our knowledge, South Moravia is the only region in the Czech Republic where the contribution of SOA was found to be higher than that of residential heating. Due to the extraordinary importance of SOA in this region, detailed results related to this factor are presented below.

The seasonal variation of the SOA contribution and its dependence on solar radiation indicates a predominantly photochemical origin. The highest SOA concentrations were identified from three back-trajectory clusters: from the Brno agglomeration (from northwest to northeast), from Central and North Moravia (from northeast to east), and from Slovakia (from east to south quadrant). High SOA concentrations from Slovakia and Central Moravia occurred only when the planetary boundary layer (PBL) was high. In contrast, SOA from Brno and western directions was transported under various PBL values (Fig. 2).

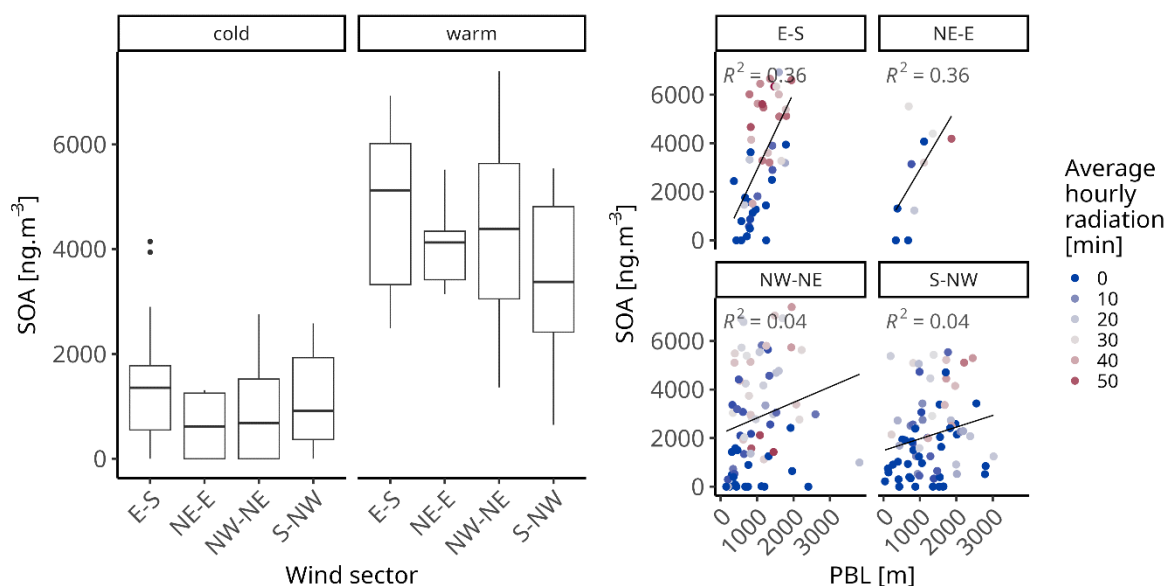


Fig. 2: SOA at BCVR site: concentrations grouped by wind sectors and seasons (left) and relations among SOA, PBL and solar radiation time (right).

No relationships were found between SOA and wind speed from any direction, and the ventilation coefficient correlated only during SOA transport from the northeast (Central and North Moravia, and possibly Poland). This information suggests regional SOA



transport from Slovakia or more distant parts of the Pannonian Basin, during which local thermal inversions at low altitudes do not significantly affect pollution transport. In contrast, emissions and their secondary products originating from nearby areas can often be trapped under inversion layers, and their concentrations thus do not rely significantly on the PBL value. This was likely the case for the SOA transported from the north, specifically from the Brno agglomeration.

Air pollution transport from other regions also played a significant role in the concentrations of secondary inorganic aerosols. Ammonium sulfate concentrations were highest with northeastern wind directions in Central Moravia (Fig. 3), indicating transport from the highly polluted transboundary region of North Moravia and the Polish part of Silesia, driven by industrial and residential coal burning. The contribution of this source area generally decreased from the north to the south to the extent that transport from Slovakia and southeastern Europe prevailed in South Moravia. For the two main transport directions mentioned above, concentrations of ammonium sulfate were approximately twice as high in winter as in summer. In contrast, the concentrations of sulfate were much lower during wind flow from Western European countries and there was no seasonal difference. This indicates sulfate formation from coal burning emissions in the Central and Eastern Europe in winter, which does not occur during pollution transport from Western Europe due to a different mix of residential heating fuels.

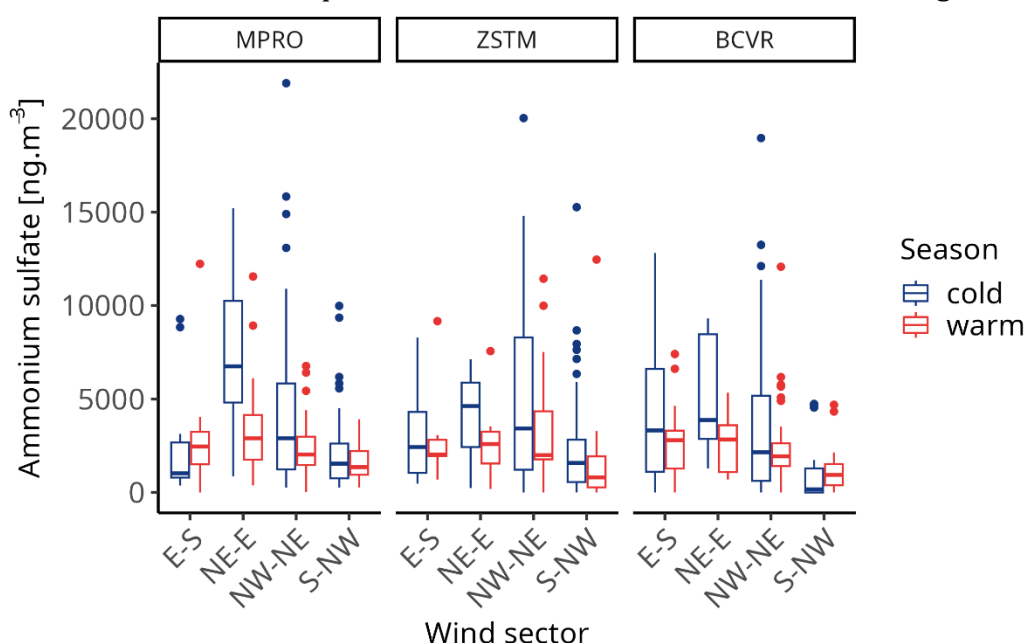


Fig. 3: Concentrations of ammonium sulfate.

Ammonium nitrate was exclusively a winter-type secondary aerosol (Fig. 4). Its concentrations generally increased from north to south, showing the opposite trend compared to sulfates. In South Moravia, it originated mainly from the southeast and east. The link between high nitrate concentrations and a low PBL indicates formation at low altitudes and makes long-distance transport unlikely. This suggests that ammonium nitrate was transported primarily from the Czech-Slovak border area. It indicates that the relatively more widespread biomass burning in the forested montane border region, compared to other parts of Moravia, could be a significant driver of ammonium nitrate formation. This supports a similar hypothesis previously formulated on the basis of a source apportionment study carried out in the northern Czech-Polish border area in 2022.

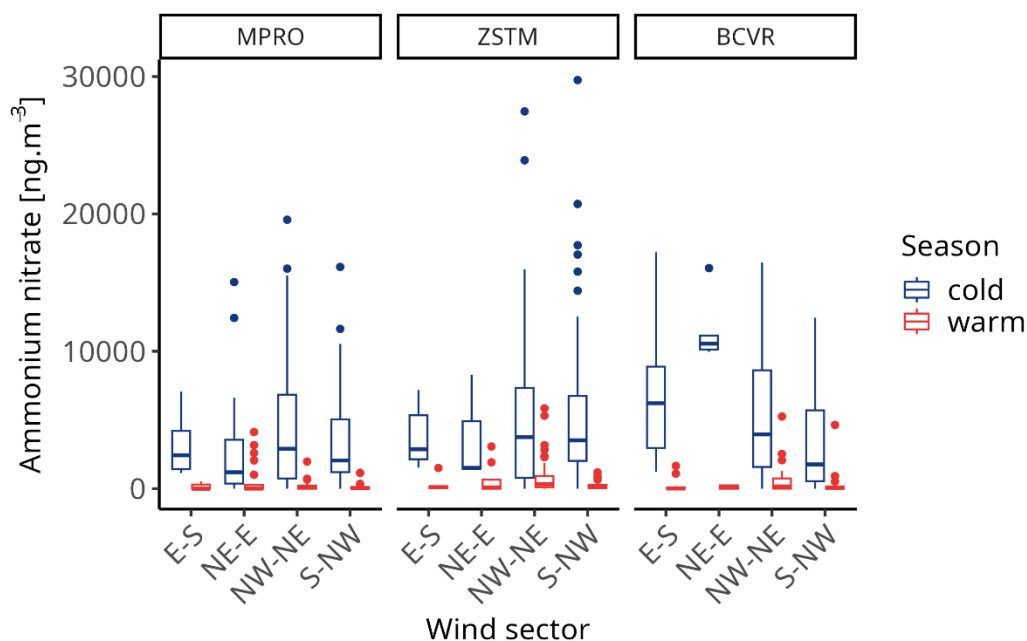


Fig. 4: Concentrations of ammonium nitrate.

## CONCLUSIONS

Significant differences in air pollution sources in different parts of Moravia imply different air protection priorities. Additional measures are needed to reduce emissions from residential coal combustion in the north and from wood combustion in the south. The high contribution of SOA to  $PM_{2.5}$  in the flat areas of South Moravia highlights the need to reduce emissions from road traffic, particularly in the Brno agglomeration. While measures addressing residential heating have been in progress for several years and the situation has thus substantially improved in this area, the share of traffic emissions in  $PM_{2.5}$  is increasing, indicating that reduction of traffic emissions should be considered a top priority for future air protection in South Moravia.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was financially supported by Technology Agency of the Czech Republic within the project „Air Quality Research Assessment and Monitoring Integrated System“, project number SS02030031.

## REFERENCES

- Seibert, R., Volna, V., Hladky, D., Krejci, B., Czech Hydrometeorological Institute, 2022  
<https://www.projekt-aramis.cz/results/result7.html>
- Seibert, R., Volna, V., Hladky, D., Krejci, B., Czech Hydrometeorological Institute, 2024,  
[https://www.projekt-aramis.cz/results/DC\\_2\\_1\\_JizniMorava.pdf](https://www.projekt-aramis.cz/results/DC_2_1_JizniMorava.pdf)

# FIELD VALIDATION OF A NOVEL PASSIVE AIR SAMPLER – MONITORING OF SEMIVOLATILE ORGANIC POLLUTANTS IN THE REMOTE MARINE AND CONTINENTAL BOUNDARY LAYER

Gerhard Lammel<sup>1,2\*</sup>, Björn Nillius<sup>1</sup>, Frank Helleis<sup>1</sup>, Adela Holubová Šmejkalová<sup>3</sup>, Petr Kukučka<sup>2</sup>, Jakub Martiník<sup>2</sup>, Petra Příbylová<sup>2</sup>, Roman Prokeš<sup>2,4</sup>, Pourya Shahpoury<sup>1,5</sup>, Daniel Štěpánek<sup>4</sup>, Jakub Vinkler<sup>2</sup>, Marco Wietzoreck<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Multiphase Chemistry Dept., Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany

<sup>2</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic

<sup>3</sup> Košetice Observatory, Air Quality Dept., Czech Hydrometeorological Institute, Czech Republic

<sup>4</sup> Global Change Research Institute, Czech Academy of Sciences, Brno, Czech Republic

<sup>5</sup> Environment & Life Sciences, Trent University, Peterborough, Canada

\*E-mail: g.lammel@mpic.de

Keywords: PAH, NPAH, quinones, soil pollution, air pollution, soil fugacity, aerosol

## INTRODUCTION

Passive air sampling (PAS) of trace organic substances in ambient air is cost-efficient and allows access to sites without infrastructure, but well-defined sampling of the particulate phase and too low time resolution remain a challenge (Wania and Shunthirasingham, 2020).

## EXPERIMENTAL SETUP

The Venturi Experiment MPI (VEMPI) sampler is constructed of a bundle of 10 conical Venturi tubes (3D printed, Fig. 1). Enhanced flow is created, as the static air pressure is lowered at the annular gap provided at the narrowest cross section of each tube. The annular gaps are interconnected and join into a collection tube connected to gas (4 PUF plugs in series) and particulate phase (2 parallel 47 mm glass fibre filters) sampling media (Fig. 1). The sample air flow was calibrated in a wind tunnel and verified outdoors (Fig. 1). VEMPI was validated by side-by-side sampling with active air samplers at a central European continental site (Košetice, Czech Republic, 49°34'N/15°05'E, 520 m a.s.l., during 19 months) and a Caribbean coastal site (Deebles Point, Barbados, 13.16°N/59.40°W, 12 m a.s.l., during 1 month).

Following Soxhlet extraction (DCM) and clean-up, 26 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), 9 polychlorinated biphenyls (PCBs) and 32 organochlorine pesticides (OCPs, including derivatives thereof) were analysed using GC (7890A or 8890A Agilent) coupled to triple-quadrupole MS (7000B or 7000D, Agilent), while for 19 nitro- and 12 oxygenated PAHs (NPAHs, OPAHs), the GC was coupled to an APCI-MS/MS (Xevo TQ-S, Waters).

## RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Sample air flow rates ranged 1-13 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> depending on wind velocity. The sampler is found suitable for monitoring OCPs and PCBs at trace concentrations in the remote marine environment (mostly 0.1-1 pg m<sup>-3</sup> concentration range). For some OCPs,

heptachlor and chlordane, these levels are among the lowest concentrations in air ever reported. In the continental boundary layer, at a rural site, vertical distributions indicate the dominance of advection over local emissions for most substances in all seasons ( $C_{tot\ 230m}/C_{tot\ 3m} \geq 1$ ), unlike previously reported from urban sites. Indications for local sources ( $C_{tot\ 230m}/C_{tot\ 3m} < 1$ ) are seasonally found for triphenylene, retene, dibenzofuran, 2-nitronaphthalene and 2-nitrofluoranthene, which is possibly related to re-volatilisation.

Because of the blow-off sampling artefact, the VEMPI sampler cannot differentiate between gas and particulate phases, but collects  $c_{tot} = c_g + c_p$  artefact-free.

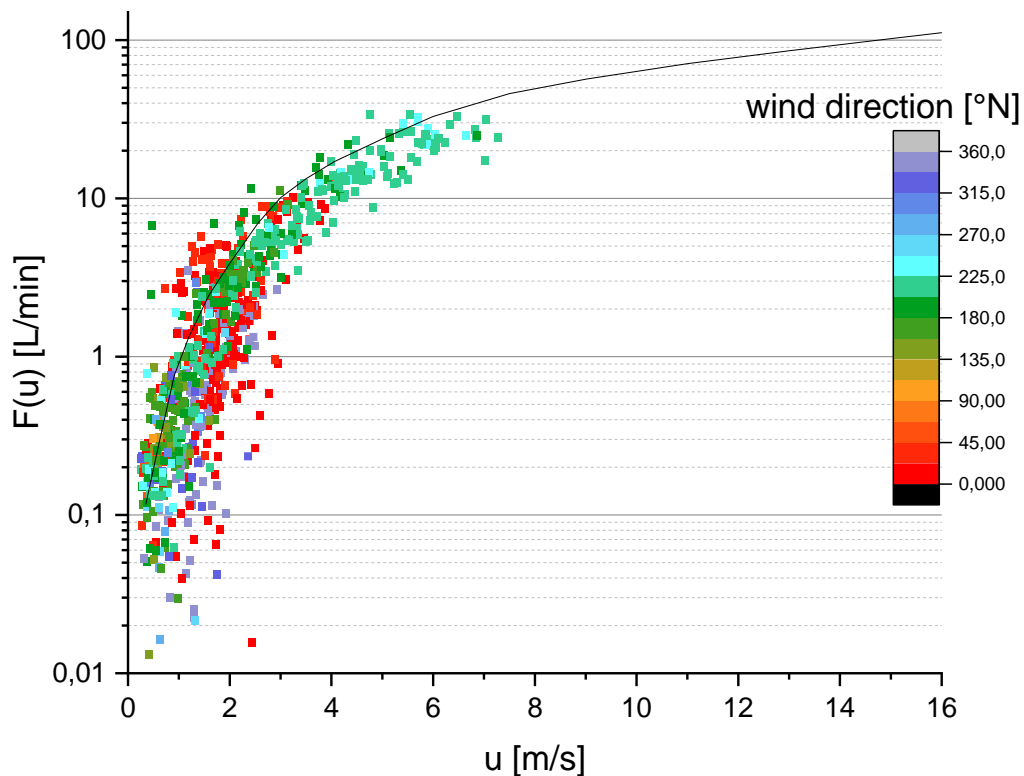
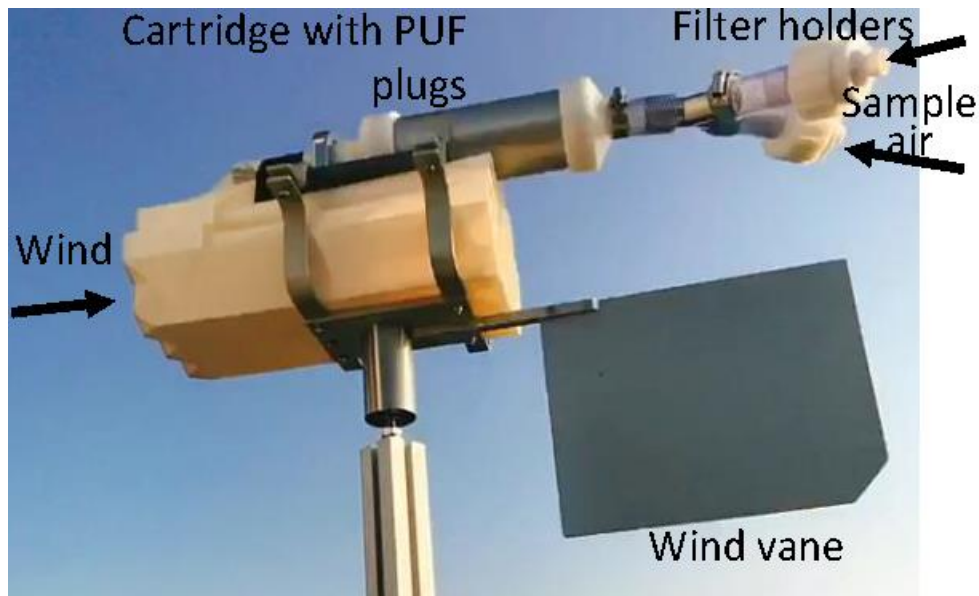


Fig. 1: Passive air sampler VEMPI (up) and sample air flow results outdoors (down), the black line reflecting expected  $F(u) = f(u)$  based on calibration in the wind tunnel.

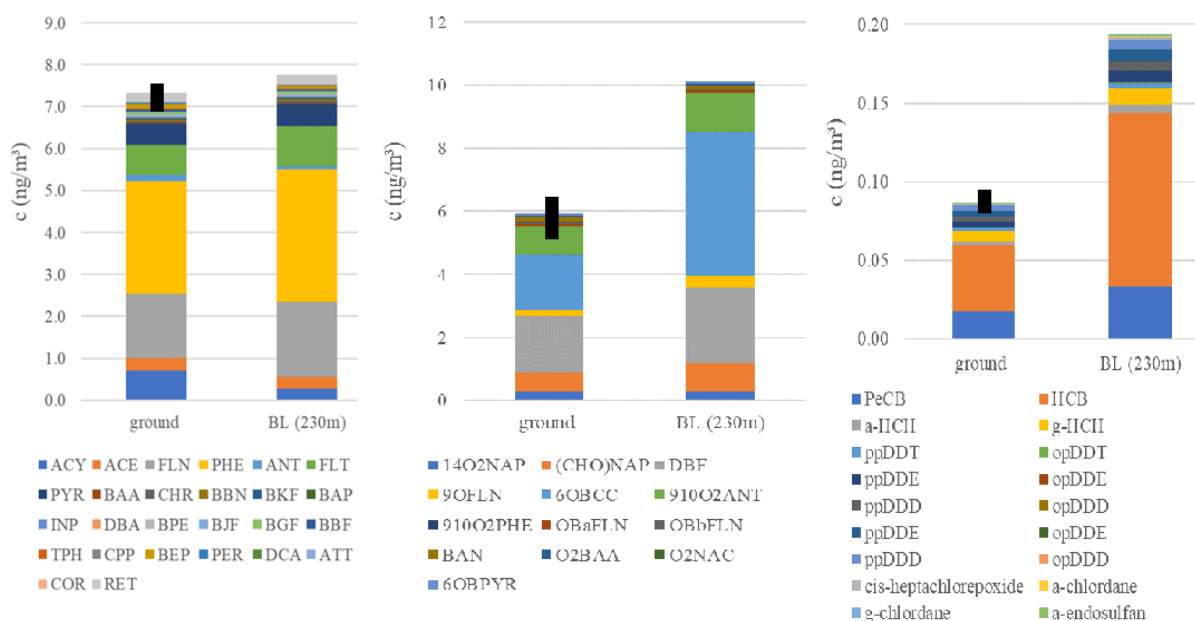


Fig. 2: Mean total concentrations ( $c_g + c_p$ ) at 2 heights, 3 and 230 m a.g.l. of (a) PAHs, (b) OPAHs and (c) OCPs at the continental site, Košetice, Czech Republic. Error bars reflect relative discrepancy of two VEMPI samplers side-by-side.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Max Planck Society and by the Research Infrastructures ACTRIS-CZ (LM2023030) and RECETOX (LM2023069), financed by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports (MŠMT).

#### REFERENCES

Wania F., Shunthirasingham C., Passive air sampling for semi-volatile organic chemicals. *Environ. Sci. Proc. Impacts*, 22, 1925-2002 (2020)

# SIMULTANEOUS MEASUREMENTS OF CCN CONCENTRATIONS AT TWO LEVELS ABOVE THE GROUND WITH DUAL COLUMN CCNC

Pavel MORAVEC, Jaroslav SCHWARZ, Jakub ONDRÁČEK, Petr VODIČKA, Tomáš JINDRA, Radek LHOTKA, Vladimír ŽDÍMAL

Institute of Chemical Process Fundamentals, AS CR, Prague, Czech Republic,  
moravec@icpf.cas.cz

Keywords: Atmospheric aerosols, cloud condensation nuclei concentrations, dual column CCNC

## INTRODUCTION

Cloud condensation nuclei (CCN) are aerosol particles in the atmosphere that allow water vapor to condense and form cloud droplets. The concentration and properties of CCN may affect precipitation amount and intensity, heavy weather events and atmospheric dynamics, Andreae *et al.* (2004). Knowledge of the spatial and temporal distribution in the atmosphere is essential to incorporate the effects of CCN into meteorological models of all scales, Huang *et al.* (2007). Our laboratory performs measurements of CCN concentrations over the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK), a rural background site in the Czech Republic. The first results of these measurements were presented by Mishra *et al.* (2022). In this work, we have used the NAOK facility in the form of a 250 m tall tower and have started to measure CCN concentrations on the ground (4 m) and at 230m in parallel since the end of spring 2024. Comparison of the vertically measured CCN concentrations will then show the representativeness of the ground-based measurements (4 m) to higher layers (230 m) where cloud formation is already occurring. The first experience with these measurements is presented in this work.

## EXPERIMENTAL SETUP

For the CCN concentration measurements, we are using a Dual Column Cloud Condensation Nuclei Counter (CCN-200, Droplet Measurements Technologies, USA). A sampling line from the top of the tower to the ground container was constructed for sampling from a height of 230 m. The second sampling inlet was situated on the roof of the container at a height of 4 m. Flow rates in both sampling lines were 16.7 l per minute and were controlled by sucking pumps. The CCN concentrations with this setup are being measured almost continually for 5 supersaturations in the range from 0.1 to 1.0 % since 14.5.2024.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

Figure 1 provides an example of measured CCN concentrations during three hours of measurement. Sample from the height 4 m above the ground is analysed in the column A and sample from the tower in column B. We can see that there are intervals with the same CCN concentrations at both heights, a period with higher concentration at the tower and finally a period with much higher and highly fluctuating concentration at height 4 m above

the ground (local pollution). Generally, periods with the same concentrations at both heights and periods with higher concentration above the ground are more frequent than that with higher concentrations at 230 m above the ground. However, calculations of mean concentrations for individual supersaturations in the form suitable for EBAS submission (EBAS Data Submission Manual), and evaluation of the data for the whole measured period have yet to be done.

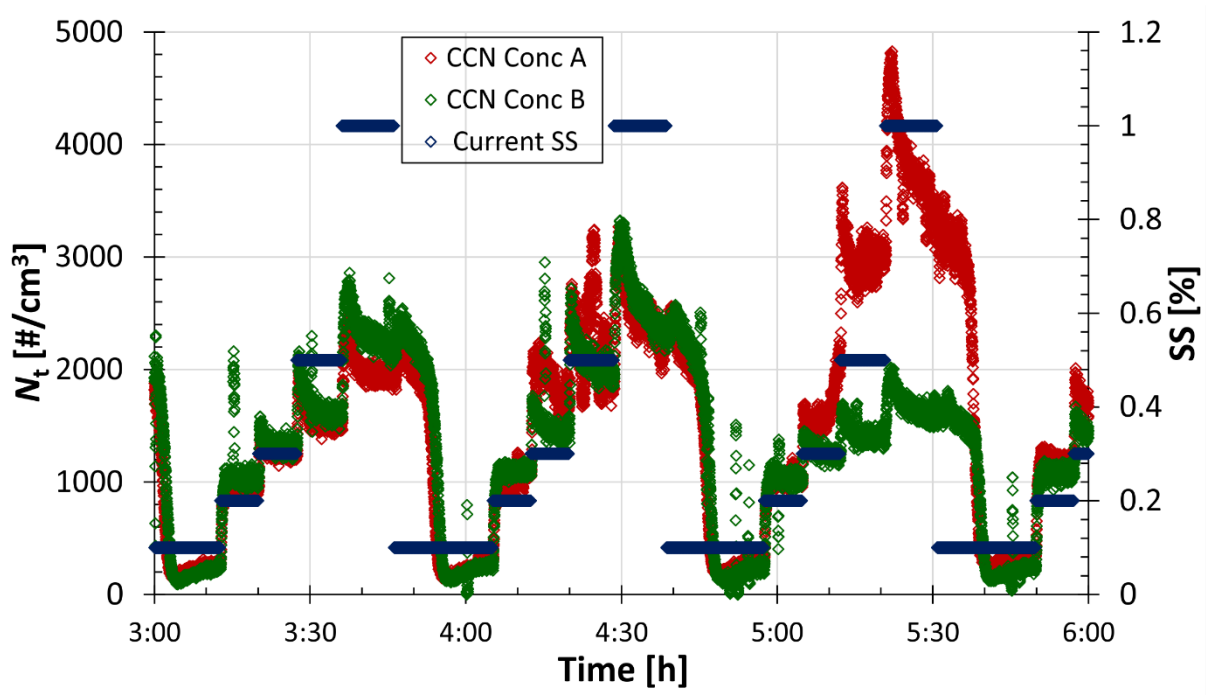


Fig. 1 Time dependencies of CCN concentrations and SSs during three hours of measurement, 4. 9. 2024.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the MEYS of the Czech Republic, within the project for support of the national research infrastructure ACTRIS-CZ (LM2023030).

#### REFERENCES

- EBAS Data Submission Manual: [https://ebas-submit.nilu.no/templates/Cloud-Condensation-Nucleus-Counter/ccnc-ss\\_lev0](https://ebas-submit.nilu.no/templates/Cloud-Condensation-Nucleus-Counter/ccnc-ss_lev0)
- Andreae M.O., Rosenfeld D., Artaxo P., Costa A.A., Frank G.P., Longo K.M., Silva-Dias M.A.F., Smoking rain clouds over the Amazon, *Science*, 303, 1337-1342 (2004).
- Huang Y., Chameides W.L., Dickinson R.E., Direct and indirect effects of anthropogenic aerosols on regional precipitation over east Asia, *J. Geophys. Res.* 112, D03212, doi:10.1029/2006JD007114 (2007).
- Mishra G., Moravec P., Ždímal V., First surface measurements of variation in Cloud Condensation Nuclei concentrations over a rural background site of the Czech Republic, IAC 2022, Athens, Greece, 4-9 September 2022.

# VERTICAL DISTRIBUTION OF CARBONACEOUS AEROSOLS EMITTED DURING THE TRADITIONAL BURNING OF THE WITCHES

Saliou MBENGUE<sup>1</sup>, Petr VODIČKA<sup>2</sup>, Kateřina KOMÍNKOVÁ<sup>1,6</sup>, Jaroslav SCHWARZ<sup>2</sup>, Naděžda ZÍKOVÁ<sup>2</sup>, Radek LHOTKA<sup>2,5</sup>, Laurence WINDELL<sup>2</sup>, Lenka SUCHÁNKOVÁ<sup>1,2,3</sup>, Vlastimil HANUŠ<sup>1</sup>, Gabriela VÍTKOVÁ<sup>1</sup>, Roman PROKEŠ<sup>1,3</sup>, Adéla Holubová ŠMEJKALOVÁ<sup>4</sup>, Petra POKORNÁ<sup>2</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>2</sup>, Ivan HOLOUBEK<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Brno, Czech Republic, [mbengue.s@czechglobe.cz](mailto:mbengue.s@czechglobe.cz)

<sup>2</sup> Institute of Chemical Process Fundamentals of the CAS, Prague, Czech Republic,

<sup>3</sup> RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University, Brno, Czech Republic,

<sup>4</sup> Czech Hydrometeorological Institute, Košetice Observatory, Košetice, Czech Republic

<sup>5</sup> Institute for Environmental Studies, Faculty of Science, Charles University, Prague, Czech Republic

<sup>6</sup> Department of Geography, Faculty of Sciences, Masaryk University, Brno, Czech Republic

Keywords: Biomass burning, Vertical gradient, Atmospheric transport, Mixing layer.

## INTRODUCTION

Biomass burning from wildfires, prescribed burns, agricultural fires, and domestic heating emits large amounts of carbonaceous matter, having adverse effects on air quality, human health, and climate change (Chen et al., 2017). In the Czech Republic and neighboring states (i.e., Germany), the traditional Burning of the Witches (BoW) is celebrated during the night from 30<sup>th</sup> April to 1<sup>st</sup> May by lighting bonfires made of biomass material (woodpile, dry grass, etc.). According to the Czech Fire Department, around 8,000 fire spots were reported in 2023 (Czech Fire Rescue Service, 2024), making this event the largest non-heating open-air biomass burning experiment in Central Europe. In this study, the vertical distribution of carbonaceous aerosol was investigated during the BoW, combining measurements at the foot and on the top of a 250 m tall tower.

## EXPERIMENTAL SETUP

The measurements were conducted 5 days before (pre-) and after (post-) the BoW in 2023 at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK; 49°35'N, 15°05'E), Czech Republic. Particulate elemental (EC) and organic carbon (OC) in PM<sub>2.5</sub> were measured at 4 m a.g.l at 4-hour time resolution using a semi-continuous OCEC analyser (Sunset Laboratory Inc., USA). Equivalent black carbon (eBC) in PM<sub>10</sub> was also measured simultaneously every 1 min at 4 m a.g.l and at 230 m a.g.l of the tower using a multi-wavelength aethalometer (AE33, Magee Scientific, Berkeley, CA, USA). Mass concentration of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and other collocated measurement data of aerosol chemical (size-resolved NR-PM<sub>1</sub>, elemental composition) and physical (light absorption and scattering) properties were also evaluated.



## RESULTS AND CONCLUSIONS

The concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> measured at the ground level and their carbonaceous content (OC, EC, and eBC) were significantly higher during the BoW compared to pre-BoW and post-BoW (Figure 1). This due to the combustion of biomass material (eBC<sub>BB</sub>) which contributed up to > 90% of eBC measured at 4 m a.g.l. during the BoW in comparison to pre- and post-BoW (< 50%). K and Cl are biomass burning tracers, and their concentrations strongly increased during the BoW. Similar results were also observed for the NR-PM<sub>1</sub> species, with the highest increase being found for the organic fraction, the main contributor (73% of the total mass). The enrichment of the smoke in brown carbon (BrC) led to enhanced light absorption and scattering observed during this event.

There were lower concentrations of eBC and eBC<sub>BB</sub> on top of the tower compared to the ground, and the vertical distribution was exacerbated by open biomass burning (OBB) aerosols emitted during the BoW. eBC<sub>BB</sub> at 4 m is more influenced by local OBB smoke plumes confined within the mixing layer (ML), while at 230 m, it was most likely influenced by plumes transported over longer distances.

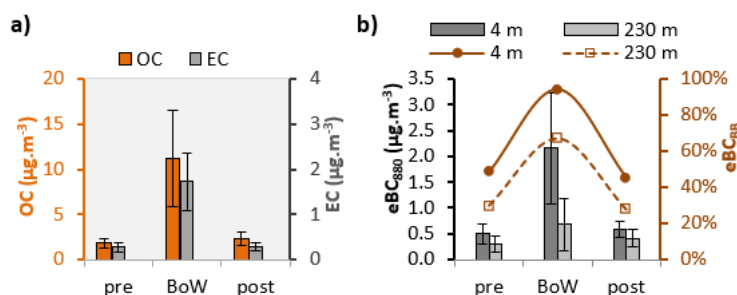


Figure 1: Mean ( $\pm$  std) concentrations of carbonaceous aerosols measured during the BoW in comparison to pre-, BoW and post-BoW: a) OC and EC at 4 m a.g.l., and b) eBC and eBC<sub>BB</sub> at 4 m and 230 m a.g.l.

## ACKNOWLEDGEMENT

The research leading to these results was supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic within the Large Research Infrastructure Support Project - ACTRIS Participation of the Czech Republic (ACTRIS-CZ LM2023030), within the CzeCOS program, grant number LM2023048, and through the Czech Science Foundation grant 24-10768S.

## REFERENCES

- Chen, J., Li, C., Ristovski, Z., Milic, A., Gu, Y., Islam, M.S., et al., A review of biomass burning: emissions and impacts on air quality, health and climate in China. *Sci. Total Environ.* 579, 1000–1034 (2017).
- Czech Fire Rescue Service, 2024. Hasiči v Česku vyjžděli k dvacítce požárů, které souvisely s pálením čarodějnic. Tisková zpráva GŘ HZS, středa 1. května 2024. <https://www.dh.cz/index.php/aktuality/2426-hasici-v-cesku-vyjizdeli-k-dvacitce-pozaru-ktere-souvisely-s-palenim-carodejnic>.

# MIXING LAYER HEIGHT: MODELS VS. GROUND-BASED MEASUREMENTS INTERCOMPARISON

Naděžda ZÍKOVÁ<sup>1</sup>, Kajal JULAHA<sup>1,2</sup>, Adéla HOLUBOVÁ ŠMEJKALOVÁ<sup>3</sup>, Kateřina KOMÍNKOVÁ<sup>4,5</sup>, Vladimír ŽDÍMAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Chemical Process Fundamentals, AS CR, Prague, Czechia, zikova@icpf.cas.cz

<sup>2</sup> Department of Atmospheric Physics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czechia

<sup>3</sup> Air Quality Department, Košetice Observatory, Czech Hydrometeorological Institute, Košetice, Czechia

<sup>4</sup> Global Change Research Institute, AS CR, Brno, Czechia

<sup>5</sup> Department of Geography, Faculty of Sciences, Masaryk University, Brno, Czechia

Keywords: Boundary layer, Mixing Layer, Ceilometer, Reanalysis, ERA5, HYSPLIT

## INTRODUCTION

The planetary boundary layer (PBL) is the lowest part of the troposphere, directly influenced by surface processes. It plays a crucial role in air pollution modeling by constraining pollutants near the surface due to limited vertical mixing. The mixing layer (ML), a turbulent region within the PBL and, in this study, also the stable layer during the night (Fig. 1), affects pollutant dispersion and is essential for air quality monitoring. Various methods, including ground-based instruments like ceilometers and reanalysis models, are used to estimate PBL and ML heights, though each has limitations in accuracy and reliability.

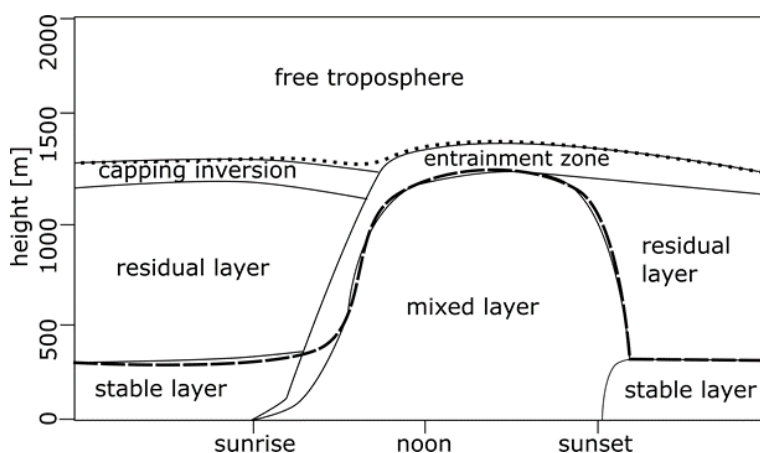


Fig. 1: Idealized boundary layer evolution diurnal cycle (altered from (Stull, 1988)), with PBLH highlighted with a dotted line and ML highlighted with a dashed line.

## EXPERIMENTAL SETUP

For the study, a Vaisala CL51 ceilometer determined measured the PBL height (PBLH) from January 2020 to December 2022 at the National Atmospheric Observatory Košetice (NAOK, 49°35'N, 15°05'E; 534 m a.s.l.). The data were processed to estimate both the mixing layer (ML) and boundary layer (BL) heights based on the Lotteraner and Piringer (2016) method. The method was validated using radiosonde data from Prague-Libuš (50°01'N, 14°27'E, 304 m a.s.l.), located 66 km NE of the NAOK.

The ceilometer data were compared with multiple reanalysis models: ERA5 (5<sup>th</sup> generation ECMWF (European Centre for Medium Weather Forecasting) reanalysis model), Global Forecast System (GFS) data, Global Data Assimilation System (GDAS) data, and National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) Reanalysis data to assess their ability to replicate observed PBLH and MLH.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

All reanalysis models show a systematic underestimation of ML height (MLH) during summer and an overestimation in winter, with NCEP/NCAR Reanalysis particularly underperforming due to its coarser resolution (Fig. 2), making it less suitable for detailed studies where PBL dynamics are crucial. While GDAS and GFS produce comparable MLH results, the significant disparity in data size (600 MB vs. 17 GB for a week of data) highlights the efficiency of GDAS in providing comparable-quality data with significantly lower file size. The influence of meteorological variables, synoptic conditions, and atmospheric stability on these discrepancies is thoroughly examined, revealing significant differences in model performance based on weather patterns and seasons.

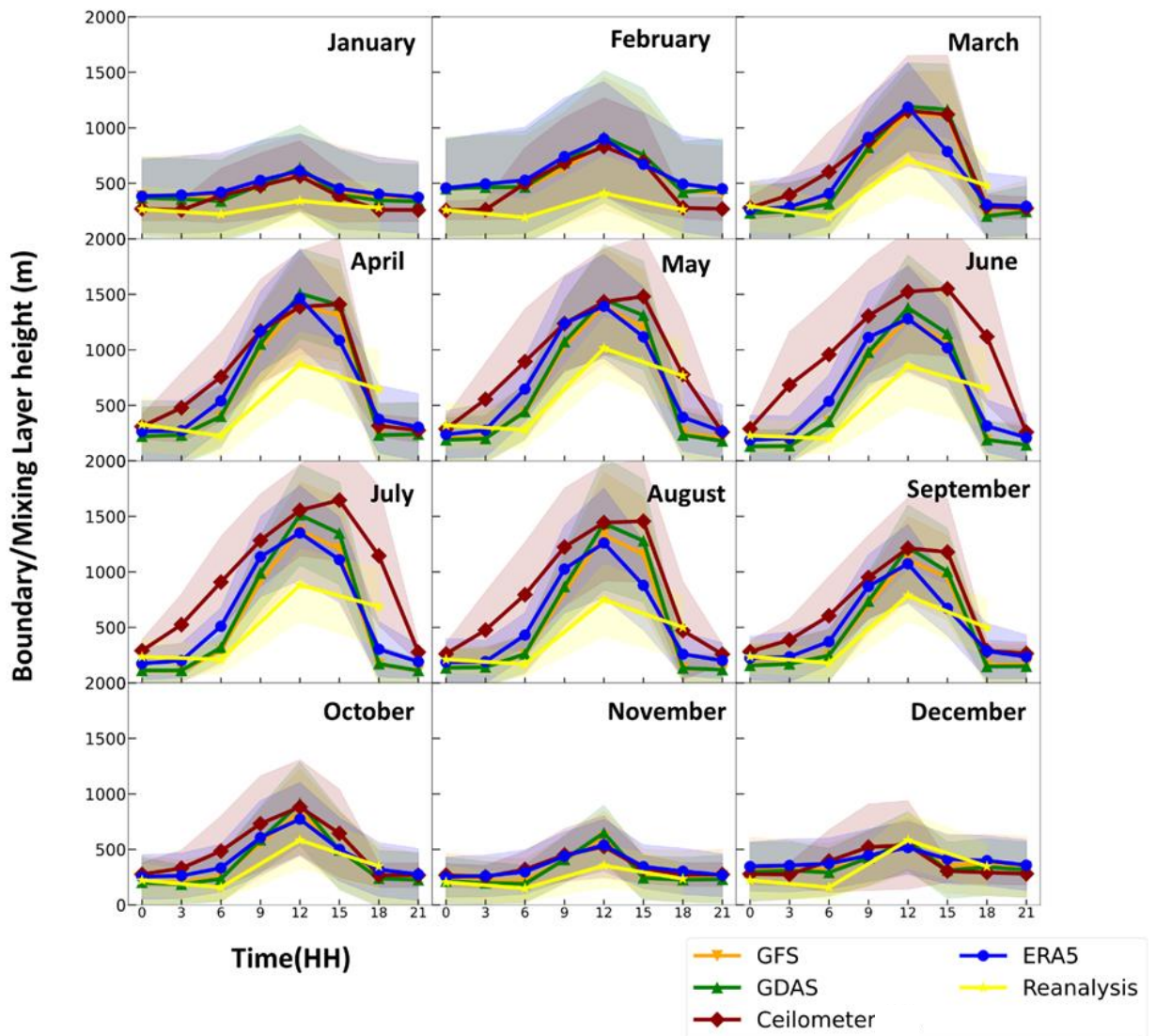


Fig. 2: Mean monthly diurnal MLH from GFS, GDAS, Ceilometer, ERA5, and Reanalysis (lines),  $\pm$  st. dev. (shaded area). Altered from (Julaha et al., 2024).

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the research grants GACR 24-10768S and GAUK 98124 and by MEYS of the Czech Republic under grant ACTRIS-CZ LM2023030.

## REFERENCES

- Julaha, K., Zdimal, V., Holubova Smejkalova, A., Kominkova, K., Zikova, N., 2024. Boundary Layer and Mixing Layer Height : Models vs. Ground-Based Measurements. *Atmos. Res.* under review.
- Lotteraner, C., Piringer, M., 2016. Mixing-Height Time Series from Operational Ceilometer Aerosol-Layer Heights. *Boundary-Layer Meteorol.* 161, 265–287.
- Stull, R.B., 1988. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Springer Netherlands, Dordrecht.

## **OBSERVATORY MILEŠOVKA AND ACTIVITIES RELATED TO RESEARCH INFRASTRUCTURE ACTRIS**

Pavel SEDLÁK<sup>1</sup>, Petr PEŠICE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Atmospheric Physics of the CAS, Prague, Czech Republic, sedlak@ufa.cas.cz

Keywords: Low-level clouds, Atmospheric aerosols, In-situ measurements, Observatory Milešovka, ACTRIS

### **INTRODUCTION**

Milešovka (837 m a.s.l) is the highest top of a conical shape in the uplands České středohoří. Milešovka observatory was built in 1904, and meteorological observations and measurements started in 1905 so that we have nearly 120 years of continuous records. The observatory is operated by the Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences. At present, an automatic meteorological station is running but in addition, professional observers do their weather observations non-stop. A variety of special measurements, long-term or short-term, are also performed at Milešovka.

Low-level clouds, recorded as fog at the station, occur at Milešovka in more than 50 % of days per year. In the period 1998-2007, Jaroslav Fišák carried out fog water sampling at Milešovka with the subsequent chemical analysis of samples. He also measured the liquid water content and the effective radius of cloud droplets by the Particulate Volume Monitor PVM-100 (Gerber Scientific, USA). In 2018-2020 Naděžda Zíková from the Institute of Chemical Process Fundamentals (ICPF) organized measurement campaigns at the observatory in ICPF-IAP collaboration. The campaigns focused on the activation of atmospheric aerosol in low-level clouds (see the recent proceedings of the annual conferences of the Czech Aerosol Society).

### **MILEŠOVKA IS JOINING ACTRIS**

With respect to the facts mentioned above, in 2020 IAP was invited to join European ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace gases Research InfraStructure) and to include Milešovka in the new topical section Cloud In Situ (CIS) Measurements. Since 2023, IAP is the fifth member of the ACTRIS-CZ consortium. Currently we use the MEYS financial support primarily for adaptations at Milešovka and for necessary preparatory works before launching the new long-term measurement programme.

We participated with our PVM-100 in the intercomparison measurement campaigns that were organized in the late autumn 2022 and in summer 2024 by the CIS Topical Centre at the Sonnblick Observatory (3106 m a.s.l.) in the Austrian Alps. In collaboration with our ACTRIS colleagues from the Finnish Meteorological Institute and ICPF, we plan a short-term joint measurement in low-level clouds at Milešovka. Except for our PVM-100, which measures integral variables, two instruments measuring the cloud droplet size distribution will be installed there in October 2024, namely the Cloud Droplet Analyzer (Palas, Germany) and the Fog Monitor FM-120 (DMT, USA).



Fig. 1: Our instrument PVM-100 at the Milešovka observatory. Photo by Marek Franc.

## OUTLOOK

Main objective of our participation in ACTRIS is establishment and long-term operation of a CIS Observational Platform at Milešovka, which will be able to pass an evaluation process and then obtain a label that it meets the ACTRIS standards. To be able to measure the variables required for a CIS station, we are going to purchase an automatic instrument for measurement of the ice nucleating particles and a cloud droplet monitor for measurement of the droplet concentration and size distribution.

Aerosol – cloud interaction is currently a topical research focus worldwide. That is why we will extend the scientific collaboration with our colleagues from ICPF, who plan to install their aerosol instruments at Milešovka.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the MEYS of the Czech Republic (project ACTRIS-CZ, code LM2023030).



# DIRECT REAL-TIME ESTIMATION OF VOLATILE AND SEMI-VOLATILE PARTICLE FRACTION FROM AMBIENT AEROSOL

Oskari VAINIO<sup>1</sup>, Peter LAMBAERTS<sup>1</sup>, Erkki LAMMINEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dekati Ltd., Kangasala, Finland, oskari.vainio@dekati.fi

Keywords: Volatility, air quality, ambient air measurement, real-time measurement, particle size distribution, electrical low pressure impactor, particulate mass

## INTRODUCTION

Reference methods for ambient particulate mass (PM) measurement are typically based on humidity controlled increase of sampling filter weight at ambient temperature. On the other hand, reference stationary source emission PM measurements, while also based on filter mass increase, are carried out at flue gas temperature. There is a disconnect between these two methods due to sampling temperature and due to subsequent photochemical reactions of the flue gas in atmosphere. Past studies have shown that volatile and semi-volatile aerosol contribute significantly to total ambient aerosol mass. These aerosols can be divided into primary organic aerosols (POA) emitted from biosphere and industrial sources and secondary organic aerosols (SOA) from precursor gases forming in atmosphere through photochemical processes over time. In this work, we will present a real-time method to directly estimate the fraction of volatile and semi-volatile material in number or mass weighed ambient aerosol concentration. In addition, we will present the effect of volatiles on the aerosol size distributions. The presented method is suggested as a tool to bridge the gap between emission source primary measurements and total ambient PM measurements.

## EXPERIMENTAL SETUP

The presented measurement method is based on the Electrical Low Pressure Impactor+ (ELPI+) and High Temperature Electrical Low Pressure Impactor+ (HT-ELPI+) instruments (see fig. 1).

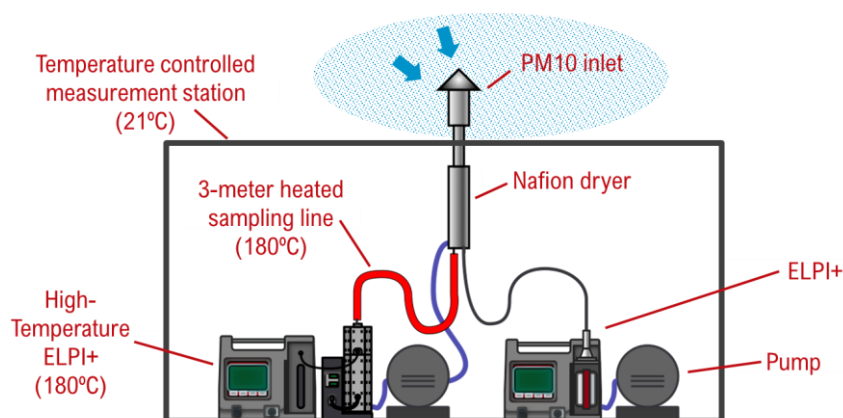


Fig 1. Ambient aerosol measurement setup with ELPI+ and HT-ELPI+

The operation principle of both instruments is based on particle charging, inertial classification with a low pressure cascade impactor and electrical detection with sensitive electrometers. This combination of techniques allows number and mass concentration and size distribution measurement from 6nm to 10µm in real time. The calibration and characterization of the instrument have been published by Järvinen et al. (2014). The HT-ELPI+ is an instrument for measurement of high temperature gases. The HT-ELPI+ measurement column, comprising of the charger and impactor, can be heated up to 180 °C.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

In the presented method, the amount of volatile and semi-volatile particles in the ambient aerosol is estimated using a parallel measurement with ELPI+ and HT-ELPI+ instruments. The ELPI+ sample is conditioned with a nafion dryer to eliminate the effect of particle-bound water, while the HT-ELPI+ draws the sample through a vertical heated line, which ensures evaporation of volatile and semi-volatile species. The difference in the measured results is dependent on the evaporation of particulate matter at the specific HT-ELPI+ temperature level. Different HT-ELPI+ temperature levels can be used to evaluate the evaporation temperature of the volatile fractions. Consequently, the effect of temperature driven evaporation on ambient number and mass size distributions and concentrations can be analyzed. As such, the presented method will facilitate more accurate assessments of the relative contribution of primary emissions and secondary organic aerosols on total ambient PM levels. In turn, such assessments can be used to evaluate the net effect of various environmental emission reduction efforts.

## ACKNOWLEDGEMENT

Facilities of the measurement site were provided by city of Tampere.

## REFERENCES

Järvinen, A., Aitomaa, M., Rostedt, A., Keskinen, J., & Yli-Ojanperä, J. (2014). Calibration of the new electrical low pressure impactor (ELPI+). *Journal of Aerosol Science*, 69, 150-159.