

**Měření kvality vnitřního ovzduší**  
**8. 1. až 12. 1. 2018**  
**Základní škola Antonína Čermáka, třída 1. C,**



**Antonína Čermáka 6, Praha 6**

**Projekt INTERREG**  
**InAirQ**

## Úvod

Základní škola Antonína Čermáka v Praze 6 byla, jako jedna z dvanácti škol v České republice, vybrána pro projekt EU INTERREG InAirQ.

Zaměření celého projektu vychází ze skutečnosti, že děti jsou citlivá populační skupina, která často ve škole tráví podstatnou část dne. Prostředí ve škole ovlivňuje jejich pohodu, podmínky pro učení a může mít vliv na jejich zdraví. Cílem je identifikovat problémy a navrhnout opatření k případnému zlepšení stavu.

V rámci projektu bylo v každé z vybraných škol provedeno měření kvality vnitřního ovzduší, které bylo doplněno o dotazníkové šetření, které se týkalo zdravotního stavu dětí, jejich denního časového rozvrhu a popisu domácího prostředí.

V každé škole byla změřena vždy 1 třída prvního stupně (kmenová), kde děti tráví převážnou část dne. Souběžně s měřením vnitřního ovzduší bylo měřeno i venkovní ovzduší v okolí školy.

ZŠ Antonína Čermáka v Praze 6 je umístěna v severozápadním kvadrantu centra Prahy. Měření proběhlo ve dnech 8. - 12. 1. 2018, spíše v počasí podzimního charakteru, kdy se venkovní teplota pohybovala od 4,3 do 12 °C.



Sledovány byly tyto parametry kvality vnitřního prostředí: fyzikální (teplota, vlhkost), chemické (těkavé organické látky včetně formaldehydu, oxidy dusíku, oxid uhličitý jako indikátor správné výměny vzduchu, suspendované částice frakce PM<sub>1,0</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>), radon a distribuce částic velikostního rozmezí 250 nm až 32 µm. Ve venkovním ovzduší byly navíc sledovány hmotnostní koncentrace oxidu siřičitého, ozónu a oxidu uhelnatého. Zároveň byly odebrány vzorky prachu frakce PM<sub>2,5</sub> z ovzduší pro stanovení vybraných kovů.

## Měřené prostory a jejich popis

Škola je cihlového typu a byla postavena v roce 1960, má 4 podlaží. Nachází se v oblasti, kde se prolínají vícepatrové bytové domy, vilová čtvrť a parková úprava. Jako celek byla škola kompletně rekonstruována v letech 2010 - 2011. V některých částech budovy je nainstalován mechanický větrací systém a klimatizace.

Dopravní intenzita na nejbližších komunikacích dosahuje středních, nárazově (ranní špička) zvýšených hodnot. Ovzduší ovlivňuje i dopravně silně zatížená, 200 metrů vzdálená čtyřproudá komunikace Jugoslávských partyzánů.

Pro měření byla vybrána třída 1. C v přízemí. Třída má plochu cca 59 m<sup>2</sup>, výška stropu je 3,4 m a obvykle v ní bývá 26 dětí (vychází zde tedy 7,7 m<sup>3</sup>/na žáka). Podlahovou krytinu tvoří přírodní podlahová krytina Marmoleum, stěny jsou vymalovány ve vodě rozpustnou barvou, okna o ploše 13,8 m<sup>2</sup> jsou plastová, vybavená kovovými žaluziemi a jsou orientována na jih směrem do ulice. Nábytek a vybavení (laminát nebo kompozit) je starší 5ti let, ve třídě je klasická dřevěná černá tabule s křídou a interaktivní tabule.

Třída byla při měření větrána okny (v průběhu vyučování byly otevřeny dvě až tři spodní ventilačky), o přestávkách bylo používáno průvanové větrání (otevřené dveře na chodbu).



## Základní popis naměřených hodnot

V níže uvedené tabulce jsou prezentovány základní naměřené hodnoty sledovaných fyzikálních a chemických parametrů. Pro srovnání jsou zde uvedeny limitní hodnoty stanovené přílohou č. 2 Vyhlášky MZ ČR č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb a Vyhláškou MMR č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby, Vyhláškou č. 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a přílohou č. 1. Zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.

Státní zdravotní ústav
Centrum zdraví a životního prostředí
Laboratoř ovzduší
ZŠ Antonína Čermáka, třída 1. C, Antonína Čermáka 6, Praha 6
Ve třídě měřeno od 8.1. 2018 7:10 do 12. 1. 2018 11:25

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 1. C(*****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí(*)	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
Teplota (*)	°C	21,1 / <u>23,1</u> / 25,4	22 ± 2 °C	4,3 / <u>7,1</u> / 12,0	-
R. vlhkost (*)	%	31,5 / <u>34,8</u> / 38,6	> 30 %	55 / <u>76</u> / 93	-
Tlak	hPa	990 / <u>996</u> / 1 005	-	981 / <u>992</u> / 1001	-
Rychl. větru	m/s	nesleduje se	-	porucha	-
CO <sub>2</sub> (*)	ppm	645 / <u>897</u> / 1 367	1 500 ppm	nesleduje se	-
NO	µg/m <sup>3</sup>	0,1 / <u>45,4</u> / 177,9	-	0,9 / <u>26,5</u> / 147,9	-
NO <sub>2</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>	15,7 / <u>27,9</u> / 45,1	100 µg/m <sup>3</sup> /hod	12,5 / <u>29,8</u> / 49,5	40 µg/m <sup>3</sup> /rok; 200 µg/m <sup>3</sup> /hod
NO <sub>x</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Jako orientační lze vzít hodnoty z venkovního ovzduší, kdy ve třídě je vždy méně než venku. (ve třídě nejsou zdroje)	-	13,5 / <u>70,7</u> / 277,9	-
CO (*)	µg/m <sup>3</sup>		5 000 µg/m <sup>3</sup> /hod	186 / <u>316</u> / 650	10 000 µg/m <sup>3</sup> /8hod
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>		-	4,5 / <u>7,2</u> / 13,0	350 µg/m <sup>3</sup> /hod; 125 µg/m <sup>3</sup> /den
O <sub>3</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>		100 µg/m <sup>3</sup> /hod	0,6 / <u>13,2</u> / 39,0	120 µg/m <sup>3</sup> /8hod
PM <sub>1,0</sub>	µg/m <sup>3</sup>	16 / <u>23</u> / 31	-	14 / <u>28</u> / 54	-
PM <sub>2,5</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>	27 / <u>32</u> / 48	80 µg/m <sup>3</sup> /hod	15 / <u>30</u> / 58	25 µg/m <sup>3</sup> /rok

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 1. C(****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí(*)	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
PM <sub>10</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>	44 / <u>141</u> / 214	150 µg/m <sup>3</sup> /hod	15 / <u>33</u> / 67	40 µg/m <sup>3</sup> /rok; 50 µg/m <sup>3</sup> /den
benzen (*)	µg/m <sup>3</sup>	5,1	7 µg/m <sup>3</sup> /hod	4,0	5 µg/m <sup>3</sup> /rok
formaldehyd (*)	µg/m <sup>3</sup>	6,4	60 µg/m <sup>3</sup> /hod	3,1	-
toluen (*)	µg/m <sup>3</sup>	19,8	300 µg/m <sup>3</sup> /hod	13,9	-
suma xylenů (*)	µg/m <sup>3</sup>	4,1	200 µg/m <sup>3</sup> /hod	3,8	-
ethylbenzen (*)	µg/m <sup>3</sup>	1,5	200 µg/m <sup>3</sup> /hod	1,4	-
trichlorethylen (*)	µg/m <sup>3</sup>	0,1	150 µg/m <sup>3</sup> /hod	LDL	-
tetrachlorethylen (*)	µg/m <sup>3</sup>	0,6	150 µg/m <sup>3</sup> /hod	0,7	-
α-pinene (***)	µg/m <sup>3</sup>	7,4	450 µg/m <sup>3</sup>	1,6	-
limonen (***)	µg/m <sup>3</sup>	73,5	450 µg/m <sup>3</sup>	20,5	-
2-ethylhexanol (***)	µg/m <sup>3</sup>	LDL	70 µg/m <sup>3</sup> /rok	0,1	-
styren (*)	µg/m <sup>3</sup>	0,5	40 µg/m <sup>3</sup> /hod	0,6	-
acetaldehyd (***)	µg/m <sup>3</sup>	3,7	200 µg/m <sup>3</sup>	1,9	-
propionaldehyd	µg/m <sup>3</sup>	0,8	-	0,9	-
benzaldehyd	µg/m <sup>3</sup>	0,3	-	0,1	-
hexanal	µg/m <sup>3</sup>	11,3	-	8,3	-
As	ng/m <sup>3</sup>	1,40	-	0,81	6 ng/m <sup>3</sup> /rok
Cd	ng/m <sup>3</sup>	0,22	-	0,20	5 ng/m <sup>3</sup> /rok
Cr	ng/m <sup>3</sup>	3,58	-	0,69	-
Mn (***)	ng/m <sup>3</sup>	7,94	-	3,84	150 ng/m <sup>3</sup> /rok
Ni	ng/m <sup>3</sup>	1,56	-	0,78	20 ng/m <sup>3</sup> /rok
Pb	ng/m <sup>3</sup>	7,28	-	10,01	500 ng/m <sup>3</sup> /rok
Ti	ng/m <sup>3</sup>	30,39	-	4,53	-
Radon (****)	Bq/m <sup>3</sup>	114	400 Bq/m <sup>3</sup>	nesleduje se	-

Pozn: LDL = pod mezí detekce

(\*) - podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky na hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v obytných místnostech některých staveb a Vyhlášky č. 20/2012 Sb., kterou se mění Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

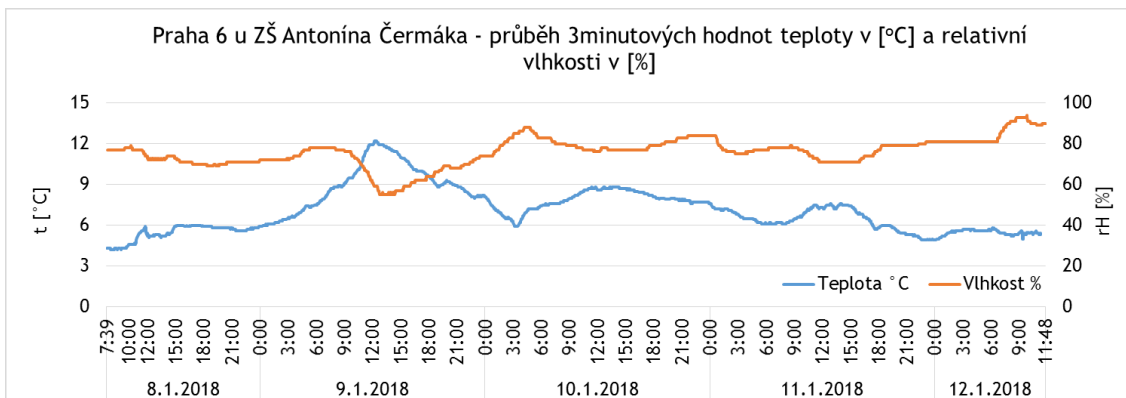
(\*\*) - podle přílohy č. 1. Zákona č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší

(\*\*\*) - podle INDEX project - Final report JRC\_2005, WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010 a podle referenčních koncentrací SZÚ (viz :[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty\\_zdravi/ref\\_konc\\_2003.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/ref_konc_2003.pdf))

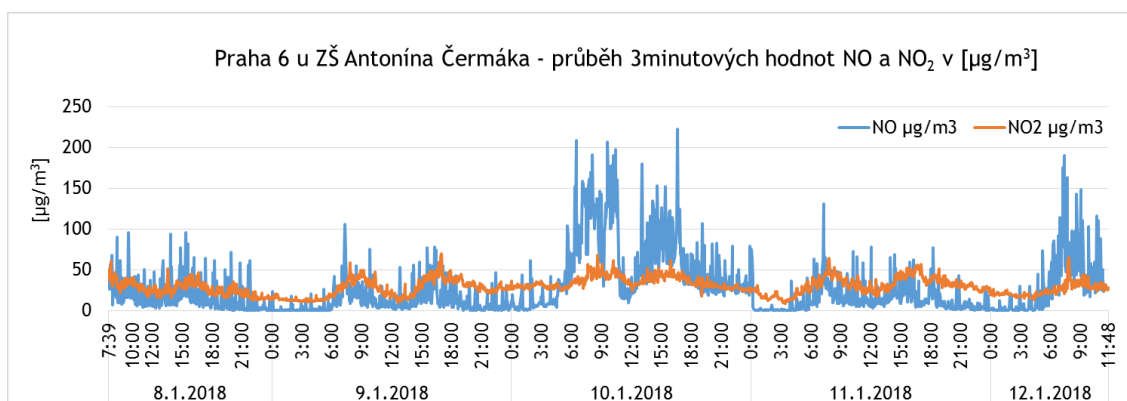
(\*\*\*\*) - Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění Vyhlášky č. 499/2005 Sb. stanoví tzv. směrné hodnoty pro obsah radonu - v obytném prostoru stávajících budov kde by neměla být průměrná hodnota objemové aktivity radonu vyšší než 400 Bq/m<sup>3</sup>.

(\*\*\*\*\*) - ve třídě 1. C. je hodnoceno vždy pouze období vyučování, tj. za přítomnosti dětí. Jako maximum je zde uvedena hodnota maximálního hodinového průměru - která může být porovnávána s limitem stanoveným Vyhláškou č. 6/2003 Sb.

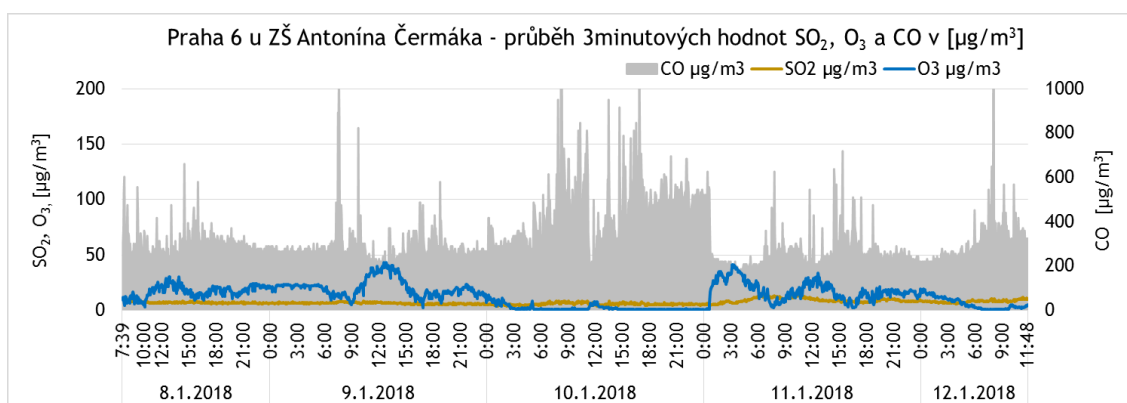
V dále uvedených grafických zpracováních jsou prezentovány průběhy měřených hodnot sledovaných znečišťujících látek a základních mikroklimatických parametrů kvality prostředí ve třídě 1. C. a ve venkovním ovzduší.



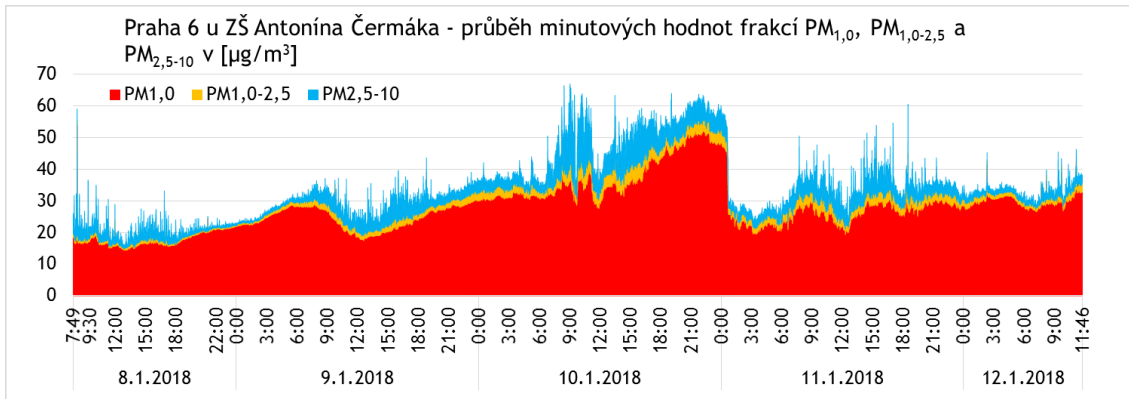
Graf. č. 1. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot teploty a vlhkosti



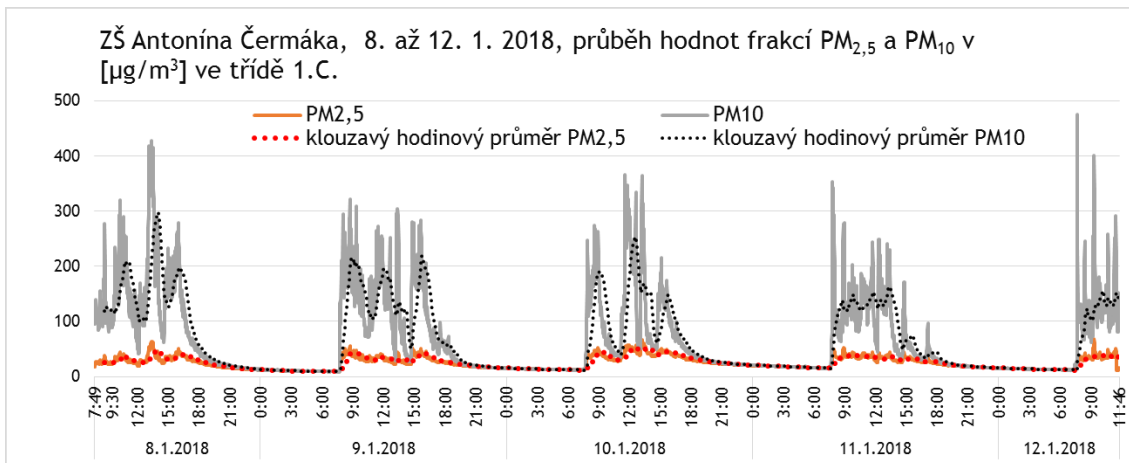
Graf. č. 2. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidů dusíku



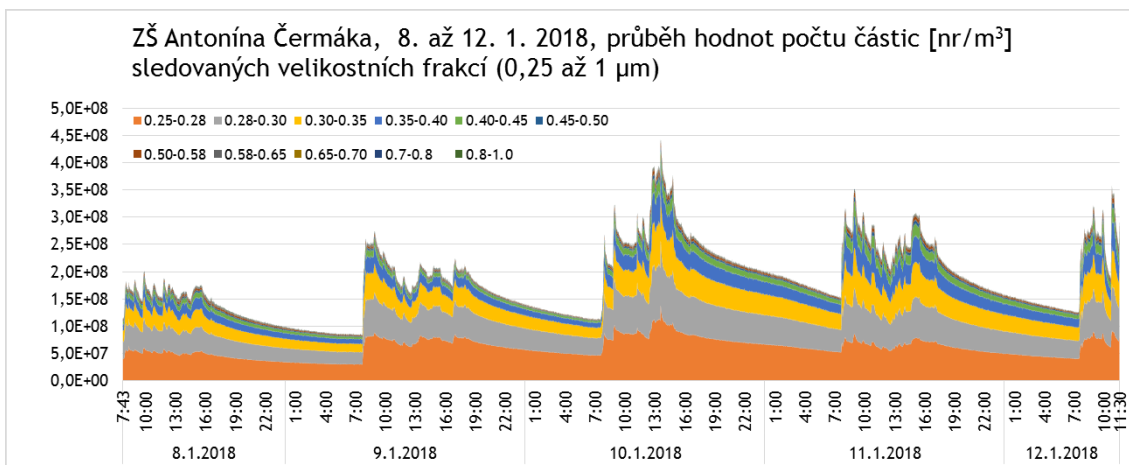
Graf. č. 3. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého a ozónu



Graf. č. 4. : Venkovní ovzduší - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce  $PM_{1,0}$ ,  $PM_{1,0-2,5}$  a  $PM_{2,5-10}$

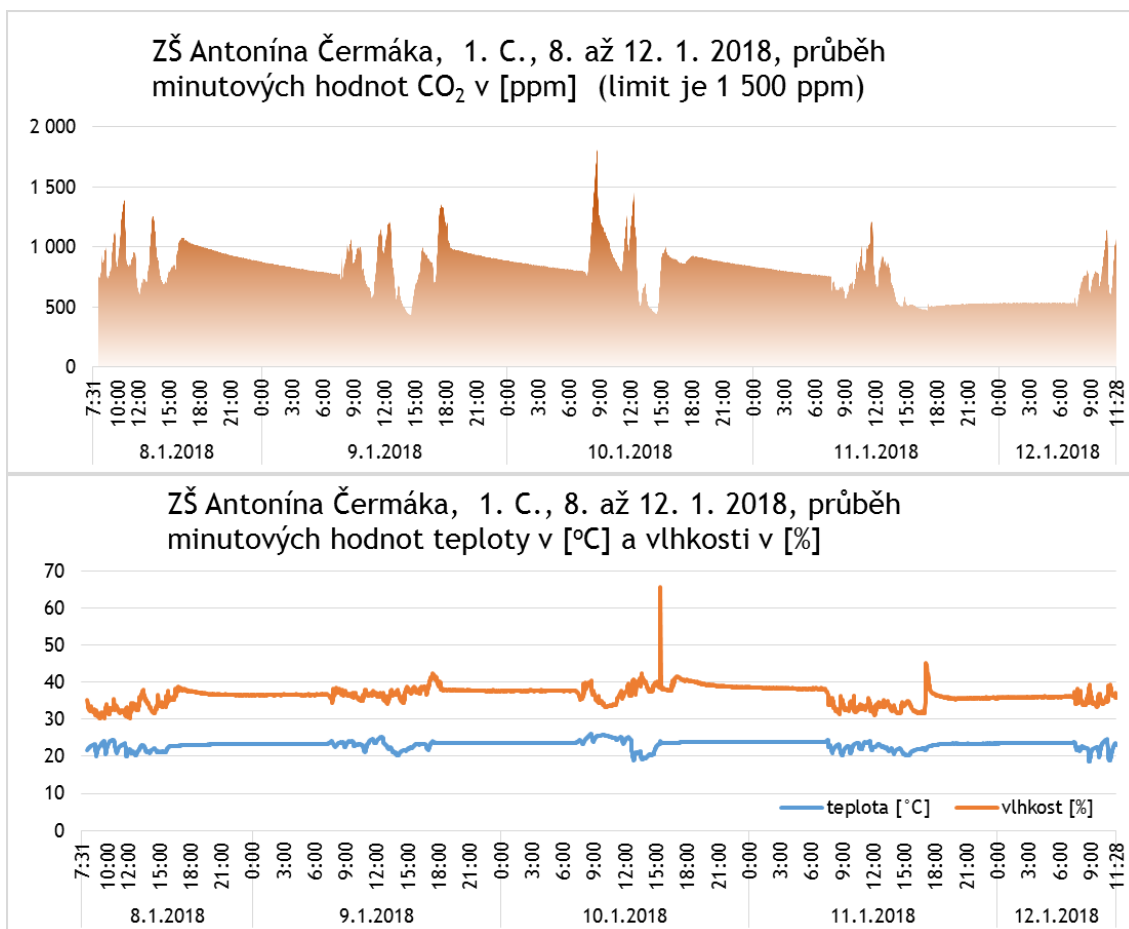


Graf. č. 5. : 1. C - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$



Graf. č. 6. : 1. C - Průběh hodnot počtu částic sledovaných velikostních frakcí (0,25 až 1 µm)

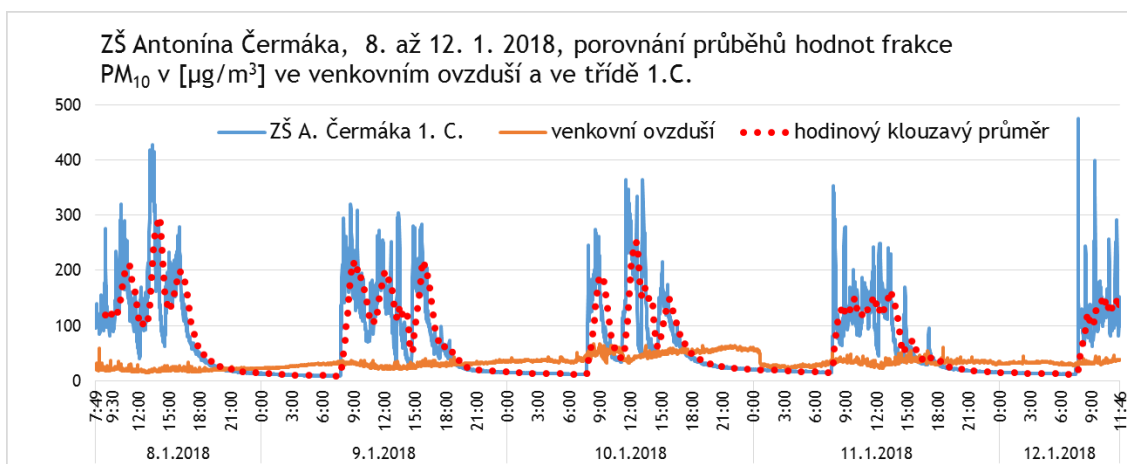




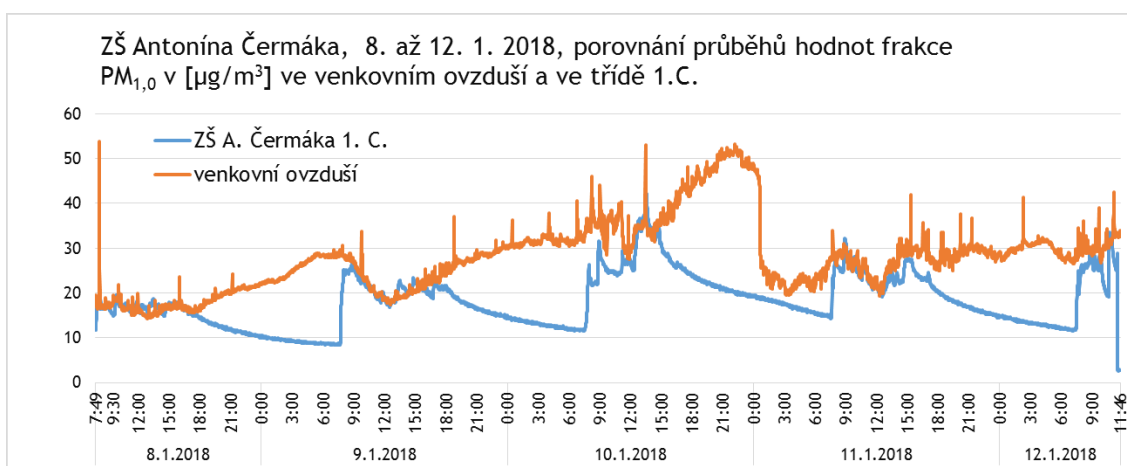
Graf. č. 7. : 1. C - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>)



Graf. č. 8. : Průběh hodnot oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) ve venkovním ovzduší a v 1. C.



Graf. č. 9. : Průběh hodnot frakce PM<sub>10</sub> ve venkovním ovzduší a v 1. C.



Graf. č. 10. : Srovnání průběhu hodnot frakce PM<sub>1,0</sub> ve venkovním ovzduší a v 1. C.

### Závěr/shrnutí

V Základní škole Antonína Čermáka, Antonína Čermáka 6 v Praze 6 byly ve dnech 8. - 12. 1. 2018 ve třídě 1. C. změřeny vybrané parametry kvality vnitřního prostředí. Na základě hodnot naměřených ve třídě a výsledků získaných v rámci souběžného měření kvality venkovního ovzduší lze konstatovat, že:

- koncentrace látek, jejichž zdroj je pouze ve venkovním ovzduší (SO<sub>2</sub>, NO, CO, O<sub>3</sub>) při měření u základní školy odpovídaly aktuální meteorologické situaci, sezóně a režimu okolních zdrojů a typu majoritní okolní zátěže v době měření. Koncentrace NO<sub>2</sub> ve venkovním ovzduší nepřekročila během měření limitní hodnotu 200 µg/m<sup>3</sup>/hod.;
- ve třídě 1. C nebyly naměřeny zvýšené/zdravotně významné hodnoty NO<sub>2</sub>. Jejich průběh koreloval s průběhem hodnot ve venkovním ovzduší;
- měřené hodinové koncentrace suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> na rozdíl od frakce PM<sub>2,5</sub>, ve třídě 1. C v době vyučování v daném období celkem pravidelně překračovaly

stanovený limit ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{hod}$ ). Průběh minutových hodnot a hodnot hodinových klouzavých průměrů je znázorněn v grafu č. 5. Srovnání s hodnotami souběžně měřenými ve venkovním ovzduší (grafy č. 9 a 10) potvrdilo, že vyšší hmotnostní koncentrace částic hrubé frakce ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ) ve třídě 1. C. souvisí s aktivitami uživatelů (dětí), naopak, že jemná submikronová frakce ( $< 1 \mu\text{m}$ ) je většinou transportována z venkovního ovzduší;

- zjištěné koncentrace těkavých organických látek (toluen, etylbenzen, styren, xyleny, tetrachloreten, trichloreten) byly nízké a u žádné ze stanovených látek nebylo naměřeno překročení limitu uvedeného ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb., měřené hodnoty byly až řádově nižší. Koncentrace benzenu ve třídě ( $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sice splňuje limit, ale je vyšší, než se běžně nachází ve vnitřním prostředí. Zvýšená hodnota ( $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) byla změřena i ve venkovním ovzduší, které bylo pravděpodobně v době měření za inverzního počasí zdrojem této látky i ve třídě;
- koncentrace další skupiny těkavých organických látek (formaldehyd, acetaldehyd, aceton) byly nízké. Vyhláška č. 6/2003 Sb. stanoví limitní hodnotu pouze pro formaldehyd, tato hodnota nebyla v měřené třídě překročena - pohybovala se na úrovni 11 % limitu;
- naměřená koncentrace  $\alpha$ -pinenu byla na úrovni, která se běžně ve vnitřním prostředí nalézá. Naměřená koncentrace terpenů limonen ( $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je vyšší než se běžně ve vnitřním prostředí nalézá. Tato látka je součástí čistících přípravků a ve vysokých koncentracích může způsobovat alergie;
- **v rámci měřeného spektra látek nebyly ve vnitřním prostředí ZŠ identifikovány těkavé organické látky v koncentracích, které by mohly mít negativní vliv na zdraví;**
- hodinové koncentrace oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) se během měření pohybovaly v rozmezí 645 - 1 367 ppm (s průměrem za dobu vyučování na úrovni 897 ppm), maximální minutové koncentrace pouze v jednom případě překročily limit 1 500 ppm, viz graf č. 7. **Výměnu vzduchu v učebně v době měření tak lze, na základě porovnání s limitem stanoveným Vyhláškou č. 20/2016 Sb., považovat za téměř dostatečnou;**
- teplota ve třídě byla během vyučování víceméně vyhovující - střední hodnota v době vyučování byla  $23,1 \text{ }^\circ\text{C}$  a rozmezí  $21 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$  - tedy pouze krátkodobě v průběhu měření nebyly splněny požadavky Vyhlášky č. 6/2003 Sb. Relativní vlhkost se pohybovala v rozmezí 32 - 39 % a požadavkům vyhlášky vyhověla;
- měření prokázalo, že v průběhu měření kvalitu ovzduší ve třídě ovlivňovaly okolní zdroje zejména doprava na blízkých frekventovaných komunikacích. Koncentrace aerosolových částic  $< 1 \mu\text{m}$  ve třídě vykazovaly v měřeném období silnou vazbu na kvalitu venkovního ovzduší - viz graf č. 10;
- hodnoty měřeného spektra vybraných kovů v suspendovaných částicích frakce  $\text{PM}_{2,5}$  (As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb a Ti) lze rozdělit na dvě skupiny - velmi nízké, zdravotně zcela nevýznamné hodnoty byly měřeny v případě Cd, Cr, Mn, Ni a Pb. Sezónně velmi mírně zvýšené - ale opět zdravotně nevýznamné byly hodnoty As. Hodnoty Ti jsou mírně zvýšené, ale odpovídají běžně měřené zátěži městského prostředí;
- hodnoty radonu vyhovují požadavkům vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. a jsou na úrovni 25 % stanoveného limitu.

Doporučení pro odstranění/minimalizaci vlivu indikovaných problémů.

V průběhu měření bylo ve třídě 1.C indikováno opakované zvýšení zátěže vnitřního prostředí prachem (hrubá frakce tj.  $> 1 \mu\text{m}$ ) jehož zdrojem jsou především aktivity ve třídě a částečně i vybavení třídy. Měření potvrdilo jednoznačnou vazbu měřených hodnot jemné frakce prachu ( $< 1 \mu\text{m}$ ) na venkovní ovzduší způsobenou infiltrací. Výsledky měření koncentrace  $\text{CO}_2$  naznačují nutnost zintenzivnit výměnu vzduchu ve třídě, protože sice nebyly dosaženy takové hodnoty, které by mohly mít negativní dopad na zdraví, ale hodnota stanoveného limitu byla minimálně jednou v průběhu měření překročena. Za hraniční lze považovat i měřené hodnoty teploty. Měření potvrdilo vliv okolních extenzivně zatížených dopravních komunikací (Jugoslávských partyzánů, Terronská) na kvalitu ovzduší ve třídě 1. C.

- Hodnoty koncentrací **suspendovaných částic** lze do určité míry ovlivnit typem podlahové krytiny, bezprašnými nátěry stěn, dodržováním pravidel pro přezouvání dětí a režimem úklidu místnosti, případně zvýšením frekvence hloubkového úklidu.
- Zajištění vyhovující/optimální hodnoty **výměny vzduchu** v učebnách reprezentované koncentrací oxidu uhličitého je možné:
  - odpovídajícím okenním větráním nejlépe průvanovým v kombinaci s otevřenými dveřmi - ostatní používané postupy (například pouze otevřené dveře do chodby) nemusí být dostatečné. Doporučujeme zavést systém autokontroly úrovně výměny vzduchu ve třídách např. přenosným sensorovým systémem. V kombinaci s režimem vytápění má větrání zásadní význam při optimalizaci teplotně-vlhkostního mikroklimatu v učebnách včetně vyhovujícího stavu proudění vzduchu.
  - technologicky - instalací řízené výměny vzduchu (vzduchotechnika, rekuperace,..)
- Ke zlepšení teplotně-vlhkostního mikroklimatu by přispělo snížení **teploty** ve třídách.
- Omezení vlivu **dopravy** na kvalitu vnitřního ovzduší je možné dosáhnout pouze úpravou režimu větrání. Tedy v období zhoršených rozptylových podmínek a/nebo v období ranní či odpolední dopravní špičky větrání omezit nebo větrat spíše do vnitrobloku objektu.

Zpracovala: Ing. M. Mikešová, Bc. L. Kuklová, redigoval RNDr. B. Kotlík, Ph.D.

Schválila: MUDr. H. Kazmarová, garant projektu

V Praze 18. 6. 2018

Další informace o projektu InAirQ lze dohledat na:

webových stránkách SZÚ - viz: <http://www.szu.cz/inairq-1>), kde jsou i odkazy na další informace včetně již vydaných Newsletterů projektu.

Facebooku - viz: <https://www.facebook.com/InAirQCeska/>