

Měření kvality vnitřního ovzduší
5. 3. až 9. 3. 2018
Základní škola Hanspaulka, třída 5. C,



Sušická 29, Praha 6

Projekt INTERREG
InAirQ

Úvod

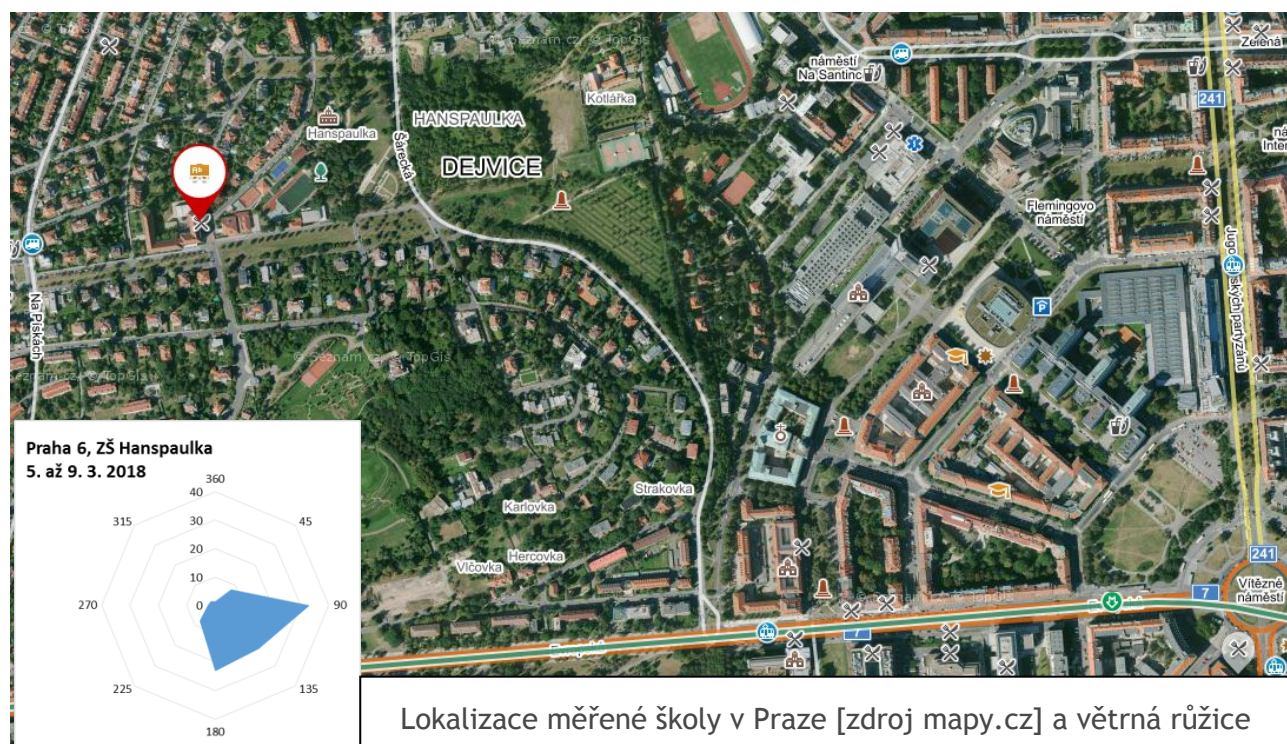
Základní škola Hanspaulka v Praze 6 byla, jako jedna z dvanácti škol v České republice, vybrána pro projekt EU INTERREG InAirQ.

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 Hanspaulka v Praze 6 je umístěna v severozápadním kvadrantu Prahy v oblasti s vilovou zástavbou; reprezentuje městskou pozadovou lokalitu. Měření proběhlo ve dnech 5. - 9. 3. 2018, kdy v oblasti přecházela inverzní situace v mírný jihovýchodní vítr a teplota se pohybovala od 0 do 10 °C.



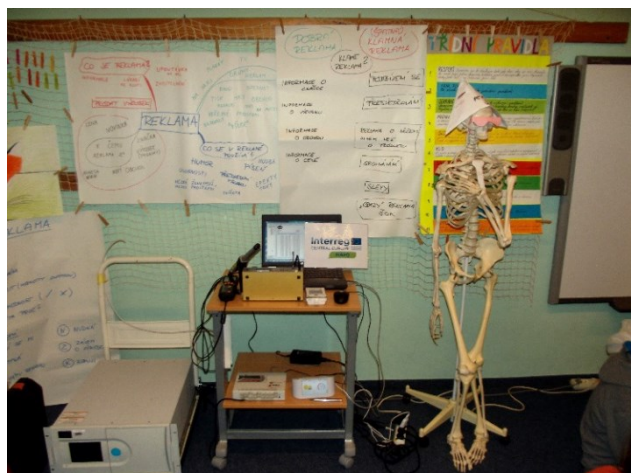
Sledovány byly tyto parametry kvality vnitřního prostředí: fyzikální (teplota, vlhkost), chemické (těkavé organické látky včetně formaldehydu, oxidy dusíku, oxid uhličitý jako indikátor správné výměny vzduchu, suspendované částice frakce $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ a PM_{10} a distribuce částic velikostního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

Měřené prostory a jejich popis

Škola je cihlového typu, byla postavena v roce 1932, přístavba 1952, půdní vestavba 1994. Škola má tři podlaží, v roce 2005 byla rekonstruována. V přímé blízkosti školy je komunikace s nízkou, nárazově střední dopravní intenzitou, v nejbližším okolí je parková úprava a školní hřiště. Budova školy nemá mechanický větrací systém.

Pro měření byla vybrána třída 5.C ve třetím patře (v půdní vestavbě). Třída má plochu cca 80 m², je zde zkosený strop (max. výška stropu je 3,2 m, min. u oken je 1,6 m). Ve třídě bývá 22 dětí (vychází zde tedy 10,6 m³/na žáka). Podlahovou krytinu tvoří lino, v zadní části třídy je koberec o ploše 14 m². Stěny jsou vymalovány ve vodě rozpustnou barvou, okna o ploše 12,2 m² jsou dřevěná, vybavená žaluziemi a jsou orientována na jih - směrem do ulice. Nábytek a vybavení (laminát nebo kompozit) je z roku 2016, ve třídě je bílá tabule s lihovými fixy.

Třída byla při měření větrána okny (v průběhu vyučování byly otevřeny jedna nebo dvě spodní ventilačky), o přestávkách bylo používáno průvanové větrání (otevřené dveře a spodní ventilačky).



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 pobytových místností některých staveb a Vyhláškou MMR č. 323/2017 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 Hanspaulka, třída 5. C, Sušická 29, Praha 6
Ve třídě měřeno od 5.3. 2018 7:31 do 9. 3. 2018 12:30

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 5. C (*****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí(*)	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
Teplota (*)	°C	23,2 / <u>24,0</u> / 25,4	22 ± 2 °C	-0,2 / <u>3,8</u> / 9,7	-
R. vlhkost (*)	%	24 / <u>30</u> / 34	> 30 %	36 / <u>74</u> / 100	-
Tlak	hPa	957 / <u>966</u> / 975	-	958 / <u>965</u> / 974	-
Rychl. větru	m/s	nesleduje se	-	0,1 / <u>0,7</u> / 1,8	-
CO ₂ (*)	ppm	912 / <u>1 304</u> / 1 770	1 500 ppm	nesleduje se	-
NO	µg/m ³	0,3 / <u>7,7</u> / 51,1	-	0,5 / <u>6,9</u> / 98,1	-
NO ₂ (*)	µg/m ³	6,1 / <u>14,1</u> / 26,7	100 µg/m ³ /hod	3,9 / <u>32,6</u> / 88,7	40 µg/m ³ /rok; 200 µg/m ³ /hod
NO _x	µg/m ³	Jako orientační lze vzít hodnoty z venkovního ovzduší, kdy ve třídě je vždy méně než venku. (ve třídě nejsou zdroje)	-	3,7 / <u>42,5</u> / 215,7	-
CO (*)	µg/m ³		5 000 µg/m ³ /hod	104 / <u>369</u> / 789	10 000 µg/m ³ /8hod
SO ₂	µg/m ³		-	0,8 / <u>5,6</u> / 11,2	350 µg/m ³ /hod; 125 µg/m ³ /den
O ₃ (*)	µg/m ³		100 µg/m ³ /hod	1,0 / <u>46,8</u> / 87,4	120 µg/m ³ /8hod
PM _{1,0}	µg/m ³	4 / <u>26</u> / 53	-	1 / <u>38</u> / 82	-
PM _{2,5} (*)	µg/m ³	11 / <u>34</u> / 61	80 µg/m ³ /hod	1 / <u>39</u> / 84	25 µg/m ³ /rok

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 5. C (*****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí(*)	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
PM ₁₀ (*)	µg/m ³	33 / <u>98</u> / 153	150 µg/m ³ /hod	1 / <u>40</u> / 86	40 µg/m ³ /rok; 50 µg/m ³ /den
benzen (*)	µg/m ³	4,0	7 µg/m ³ /hod	4,6	5 µg/m ³ /rok
formaldehyd (*)	µg/m ³	7,5	60 µg/m ³ /hod	2,2	-
toluen (*)	µg/m ³	11,7	300 µg/m ³ /hod	3,8	-
suma xylenů (*)	µg/m ³	0,6	200 µg/m ³ /hod	1,8	-
ethylbenzen (*)	µg/m ³	0,6	200 µg/m ³ /hod	0,6	-
trichlorethylen (*)	µg/m ³	0,1	150 µg/m ³ /hod	0,1	-
tetrachlorethylen (*)	µg/m ³	0,3	150 µg/m ³ /hod	0,3	-
α-pinene (***)	µg/m ³	0,6	450 µg/m ³	1,0	-
limonen (***)	µg/m ³	7,9	450 µg/m ³	3,4	-
2-ethylhexanol (***)	µg/m ³	LDL	70 µg/m ³ /rok	LDL	-
styren (*)	µg/m ³	0,2	40 µg/m ³ /hod	0,3	-
acetaldehyd (***)	µg/m ³	7,5	200 µg/m ³	3,3	-
propionaldehyd	µg/m ³	1,3	-	0,6	-
benzaldehyd	µg/m ³	0,1	-	0,2	-
hexanal	µg/m ³	6,4	-	4,4	-
As	ng/m ³	LDL	-	0,49	6 ng/m ³ /rok
Cd	ng/m ³	0,13	-	0,30	5 ng/m ³ /rok
Cr	ng/m ³	LDL	-	1,31	-
Mn (***)	ng/m ³	1,14	-	3,80	150 ng/m ³ /rok
Ni	ng/m ³	0,67	-	0,38	20 ng/m ³ /rok
Pb	ng/m ³	1,32	-	9,36	500 ng/m ³ /rok
Ti	ng/m ³	7,25	-	2,63	-
Radon (****)	Bq/m ³	79	400 Bq/m ³	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 pobytových místnostech některých staveb a Vyhlášky č. 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby v platném znění Vyhlášky č. 323/2017 Sb.

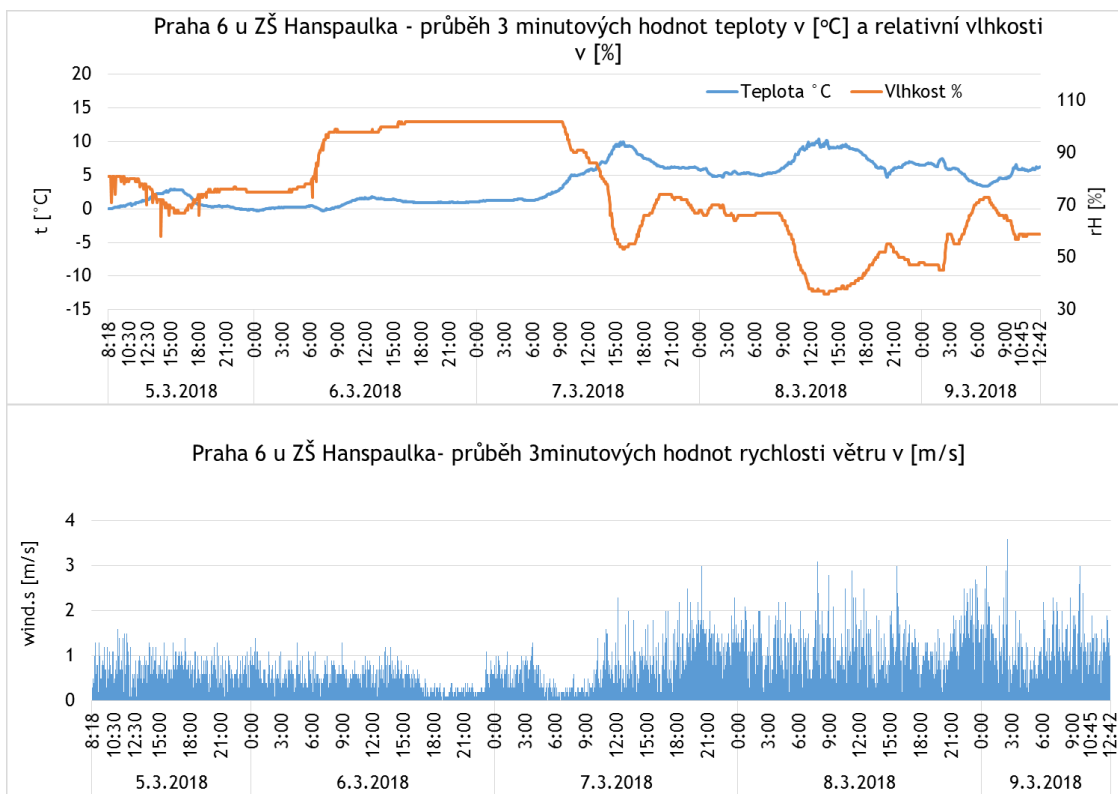
(**) - podle přílohy č. 1. Zákona č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší

(***) - 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)

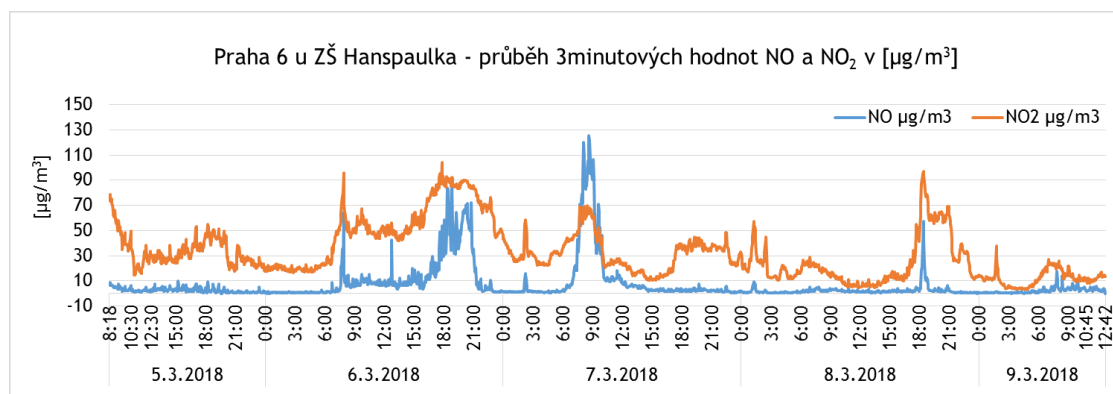
(****) - Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění Vyhlášky č. 499/2005 Sb. stanoví tzv. směrné hodnoty pro obsah radonu - v obytném prostoru stávajících budov kde by neměla být průměrná hodnota objemové aktivity radonu vyšší než 400 Bq/m³

(*****) - ve třídě 5. 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.

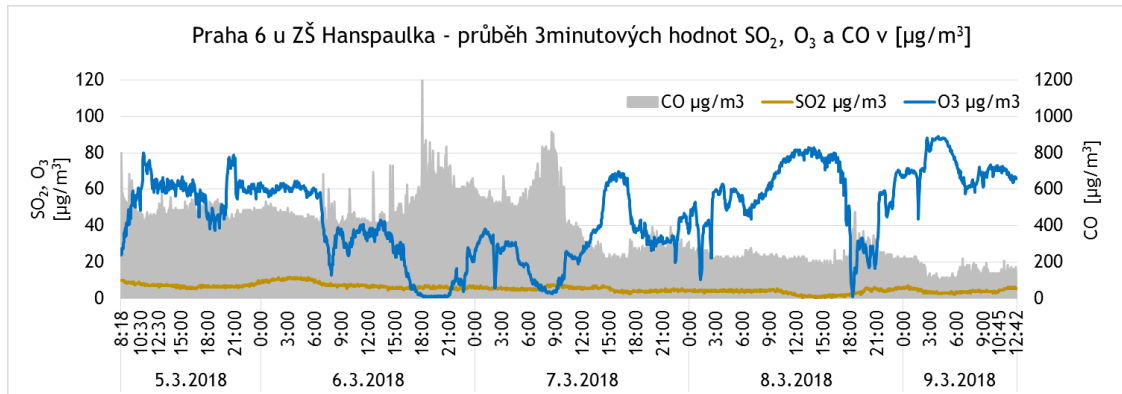
V dále uvedených grafických zpracováních jsou prezentovány průběhy měřených hodnot sledovaných znečišťujících látek a základních mikroklimatických parametrů kvality prostředí ve třídě 5. C a ve venkovním ovzduší.



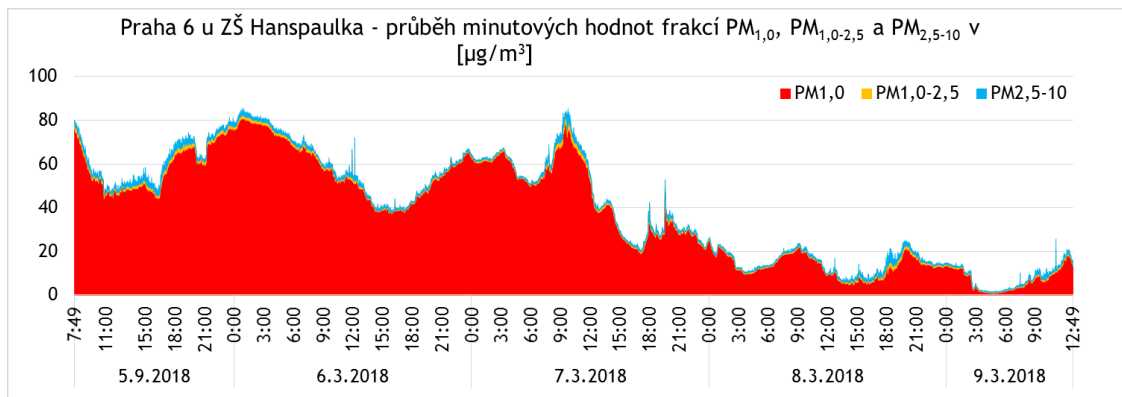
Graf. č. 1. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a rychlosti větru



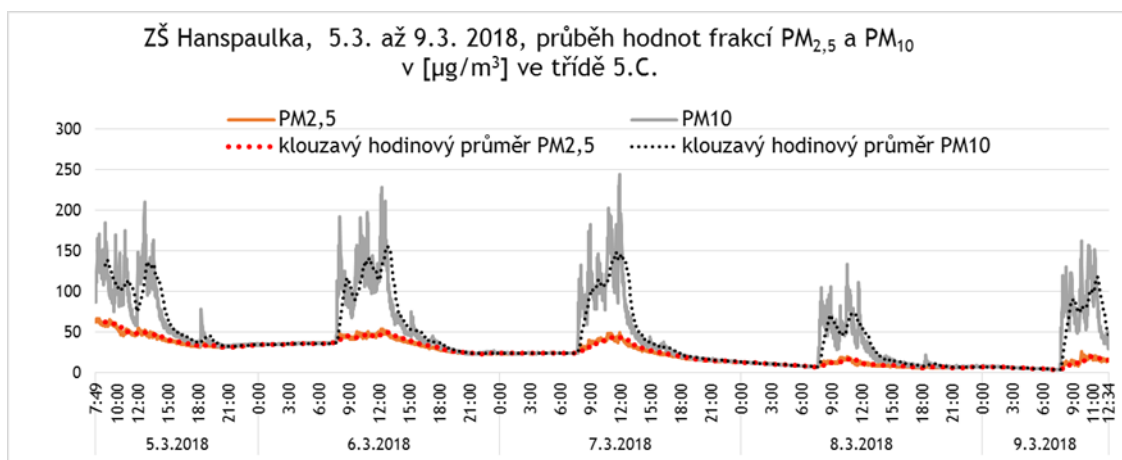
Graf. č. 2. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidů dusíku



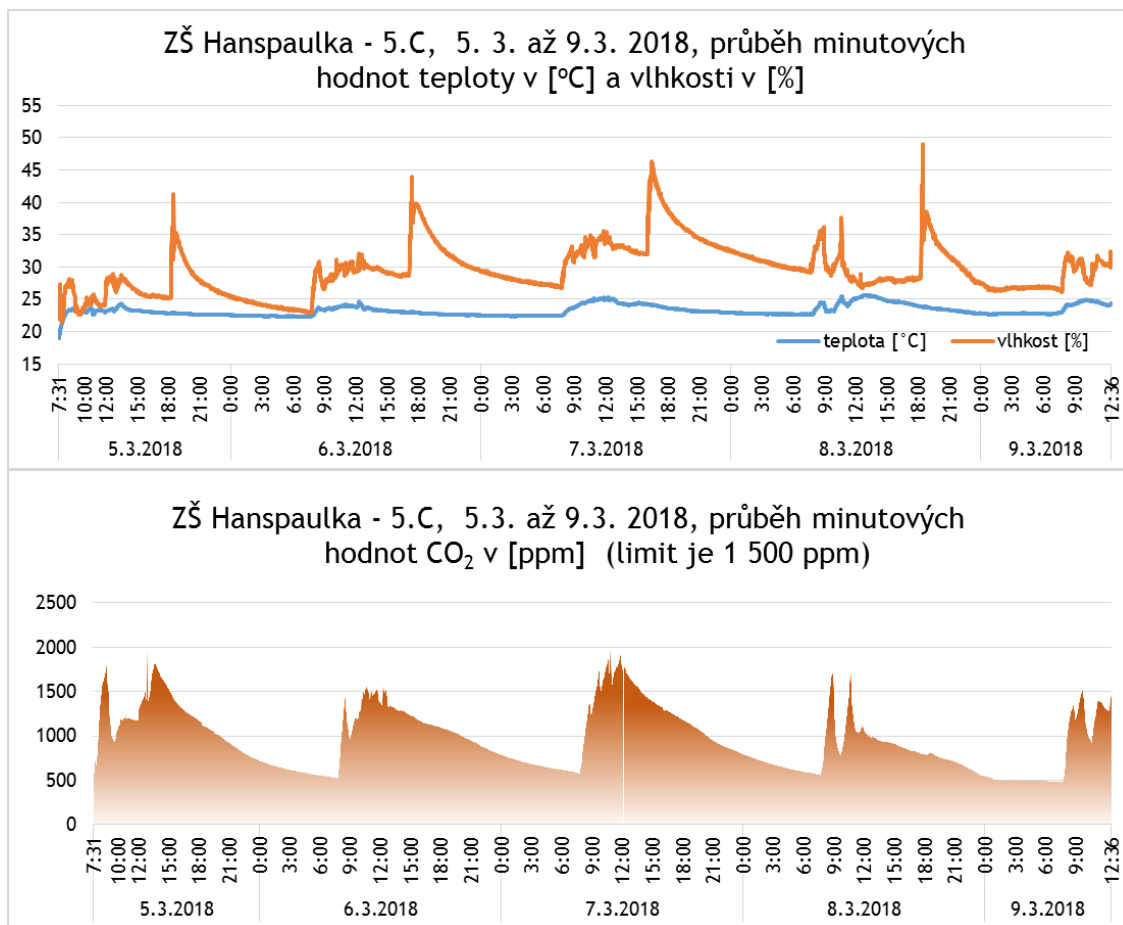
Graf. č. 3. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého a ozónu



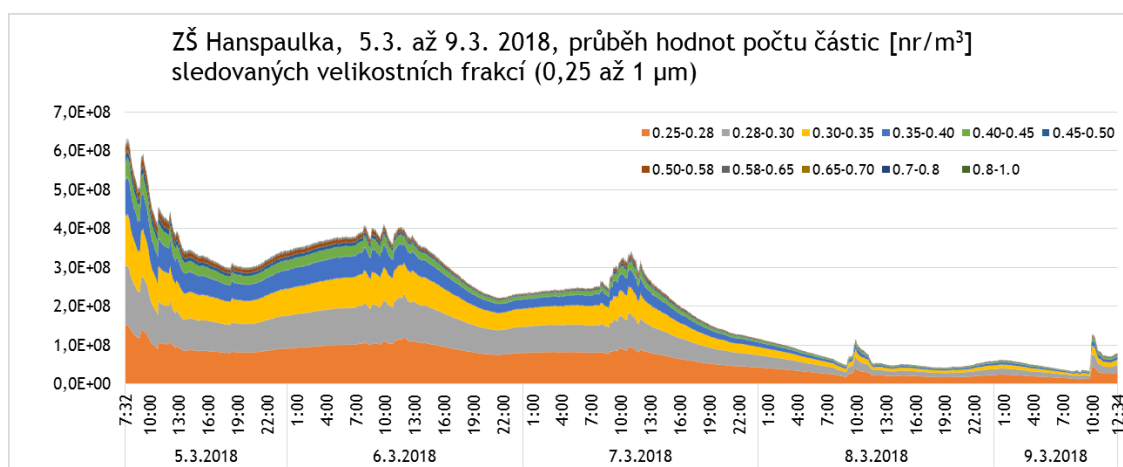
Graf. č. 4. : Venkovní ovzduší - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{1,0}, PM_{1,0-2,5} a PM_{2,5-10}



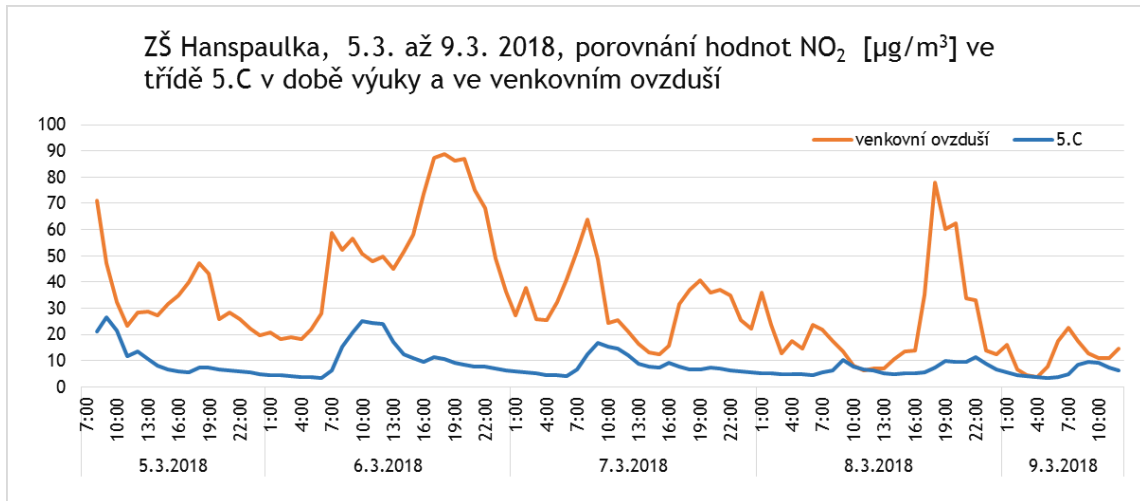
Graf. č. 5. : 5. C - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{2,5} a PM₁₀



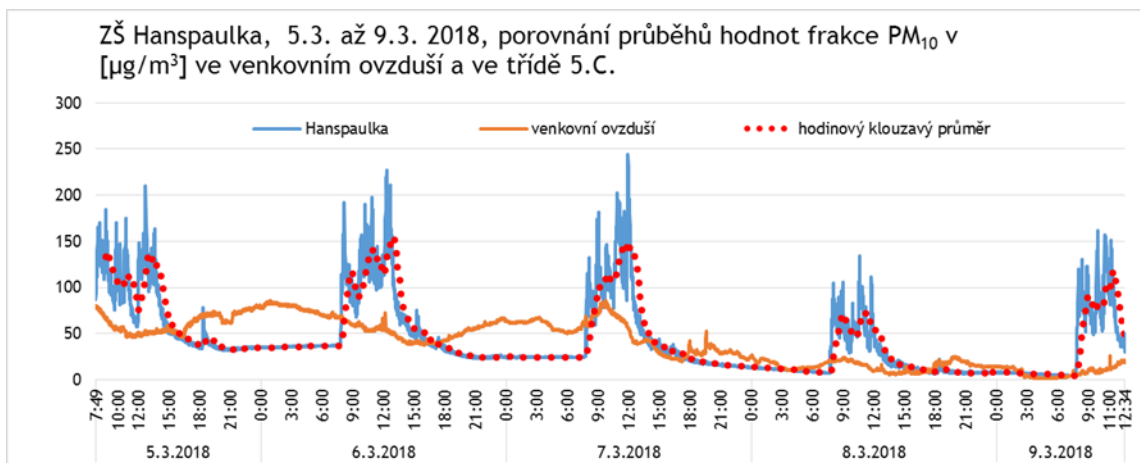
Graf. č. 6. : 5. C - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a koncentrace oxidu uhličitého (CO₂)



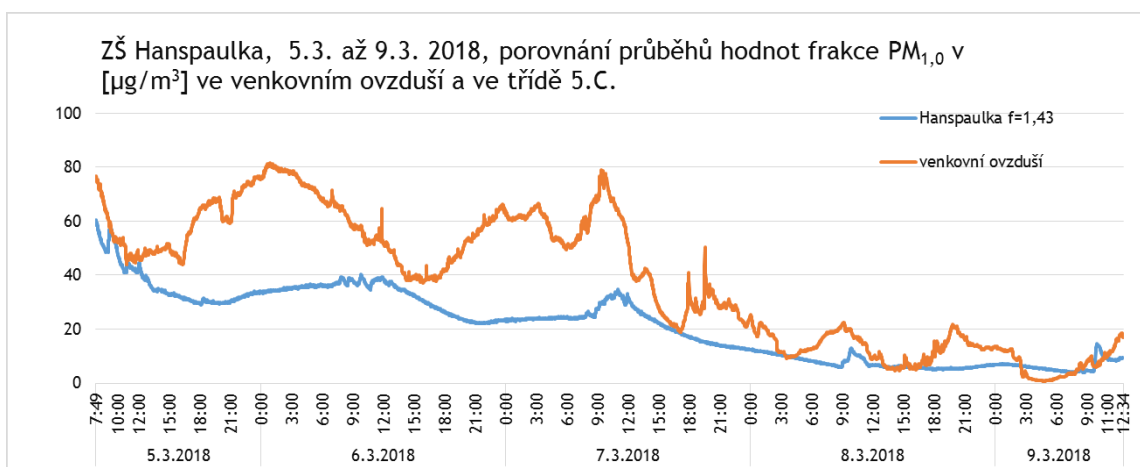
Graf. č. 7. : 5. C - Průběh hodnot počtu částic sledovaných velikostních frakcí (0,25 až 1 µm)



Graf. č. 8. : Průběh hodnot oxidu dusičitého (NO₂) ve venkovním ovzduší a v 5. C.



Graf. č. 9. : Průběh hodnot frakce PM₁₀ ve venkovním ovzduší a v 5. C.



Graf. č. 10. : Srovnání průběhu hodnot frakce PM₁₀ ve venkovním ovzduší a v 5. C.

Závěr/shrnutí

V Základní škole Hanspaulka, Sušická 29 v Praze 6 byly ve dnech 5. - 9. 3. 2018 ve třídě 5. C. změřeny vybrané parametry kvality vnitřního prostředí. Na základě hodnot naměřených ve třídě a výsledků získaných v rámci souběžného měření kvality venkovního ovzduší je možné konstatovat, že:

- koncentrace látek, jejichž zdroj je pouze ve venkovním ovzduší (SO_2 , NO, CO, O_3) při měření u základní školy odpovídaly aktuální meteorologické situaci (topné sezóně a typu majoritní okolní zátěže v době měření - lokální topeniště). Koncentrace NO_2 ve venkovním ovzduší nepřekročila během měření limitní hodnotu $200 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{hod}$.
- ve třídě 5. C. nebyly naměřeny zvýšené/zdravotně významné hodnoty NO_2 , maximální hodnoty souběžně měřené ve venkovním ovzduší byly až 3krát vyšší, (při porovnání průměrů byly hodnoty ve třídě přibližně poloviční proti venkovnímu ovzduší), rozdíl mezi průběhem minutových koncentrací ve třídě a ve venkovním ovzduší viz graf č. 8;
- teplota ve třídě byla během vyučování v rozmezí $23 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$, relativní vlhkost se pohybovala v rozmezí $24 - 34 \%$. Zjištěné mikroklimatické parametry v době vyučování tak často (nižší relativní vlhkost) nebo nárazově (zvýšená teplota) nesplňovaly požadavky Vyhlášky č. 6/2003 Sb.;
- hodinové koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) se během měření pohybovaly v rozmezí $912 - 1\,770 \text{ ppm}$ (průměr za dobu vyučování na úrovni $1\,304 \text{ ppm}$), maximální minutové koncentrace pak dosáhly nárazově až hodnoty $2\,000 \text{ ppm}$, viz graf č. 6. Limit stanovený Vyhláškou č. 20/2002 Sb. o technických požadavcích na stavby, tak byl během vyučování překračován, přesto by ale tyto krátkodobé zvýšené hodnoty neměly mít negativní vliv na lidské zdraví, může se jednat pouze o krátkodobý pocit diskomfortu. Výměnu vzduchu v učebně v době měření tak lze, v porovnání s limitem stanoveným Vyhláškou č. 20/2002 Sb., považovat za ne zcela dostatečnou;
- hodinová koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{10} ve třídě 5. C. v daném období pouze výjimečně překročila limitní hodnotu uvedenou ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb., u frakce $\text{PM}_{2,5}$ k překročení nedošlo. Průběh minutových hodnot a hodnot hodinových klouzavých průměrů je znázorněn v grafu č. 5. Měření potvrdilo, že vyšší hmotnostní koncentrace částic hrubé frakce ($> 1 \mu\text{m}$) ve třídě 5. C. souvisí primárně s aktivitami uživatelů (dětí) a naopak, že jemná submikronová frakce ($< 1 \mu\text{m}$) je většinou transportována z venkovního ovzduší (graf č. 9 a 10);
- 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 ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sice splňuje limit, ale je vyšší, než se běžně nachází ve vnitřním prostředí. Srovnatelná hodnota ($4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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) byly nízké. Vyhláška č. 6/2003 Sb. stanoví limitní hodnotu pouze pro formaldehyd, jeho naměřená koncentrace ve třídě se pohybovala na úrovni 13% limitu;
- naměřené koncentrace terpenů (α -pinen, limonen) byly nízké a pohybovaly se téměř na úrovni, kterou bychom chtěli standardně ve vnitřním prostředí měřit;

- v rámci měřeného spektra látek nebyly ve vnitřním prostředí ZŠ identifikovány těžké organické látky v koncentracích, které by mohly mít negativní vliv na zdraví;
- koncentrace vybraných kovů v suspendovaných částicích frakce PM_{2,5} (As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb a Ti) byly nízké a zdravotně nevýznamné;
- hodnoty radonu vyhovují požadavkům vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. a jsou na úrovni 20 % stanoveného limitu.

Doporučení pro odstranění/minimalizaci vlivu indikovaných problémů.

V průběhu měření bylo ve třídě 5. C. indikováno opakované zvýšení zátěže vnitřního prostředí prachem (hrubá frakce tj. > 1 μm), jehož zdrojem jsou především aktivity ve třídě a částečně i vybavení třídy (koberec), a jednoznačná vazba měřených hodnot jemné frakce prachu (< 1 μm) na venkovní ovzduší způsobená infiltrací.

Hodnoty koncentrací suspendovaných částic lze do určité míry ovlivnit typem podlahové krytiny, bezprašnými nátěry stěn, četnějšími mokřými stěry, dodržováním pravidel pro přezouvání dětí a režimem úklidu včetně častějšího hloubkového úklidu.

Výsledky měření koncentrace CO₂ prokazují nižší, nárazově nedostatečnou výměnu vzduchu ve třídě, kdy sice nebyly dosaženy takové hodnoty, které by mohly mít negativní dopad na zdraví, ale již se mohou objevovat známky diskomfortu a byla už překročena hodnota stanoveného limitu.

Zajištění optimální hodnoty výměny vzduchu v učebnách reprezentované koncentrací oxidu uhličitého je možné:

- okenním větráním, ostatní používané postupy (například otevřené dveře do chodby, ventilačky v oknech), pokud se nejedná o průvanové větrání, nemusí být dostačující; Doporučujeme zavést systém autokontroly úrovně výměny vzduchu ve třídách např. přenosným senzorovým systémem.
- technologicky - instalací řízené výměny vzduchu s rekuperací tepla.

V kombinaci s režimem vytápění má větrání zásadní význam při optimalizaci teplotně-vlhkostního mikroklimatu v učebnách včetně vyhovujícího stavu proudění vzduchu.

Zpracovala: Ing. V. Vrbíková, Bc. L. Kuklová, redigoval: RNDr. B. Kotlík, Ph.D.

Schválila: MUDr. H. Kazmarová, garant projektu

V Praze 8. 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/>