

Verze 1
24. 3. 2017

Zpráva z měření nano- a mikro- částic v pracovním ovzduší MŠ Paskov

Vyhotovila: Ing. Šárka Bernatíková, Ph.D.

Vedoucí pracoviště LabRisk: Ing. Pavel Dobeš, Ph.D.

Počet stran: 14

Výsledky měření ve zprávě se vztahují pouze k měřeným místům a době měření.

Výsledky měření v této zprávě nenahrazují měření akreditovanou laboratoří.

Bez písemného souhlasu VŠB – TUO zpráva nesmí být reprodukována jinak než celá.

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Použité zkratky a definice pojmů	3
3	Materiál a metody	4
3.1	Název a popis měřeného prostoru	4
3.2	Materiály.....	4
3.3	Metody – strategie a způsob odběru	5
3.4	Měření a odběr vzorků vč. přístrojového vybavení	6
3.5	SEM analýza.....	8
3.6	Statistické zpracování dat	8
4	Výsledky a diskuze	9
4.1	Hmotnostní koncentrace	9
4.2	Početní koncentrace	10
4.3	Rozdělení (distribuce) velikostí částic.....	11
4.4	SEM analýza.....	13
5	Závěr	14

1 ÚVOD

Na základě objednávky měření a analýzy prachových částic fy Nano4people s.r.o. byla provedena dne 24. 2. 2017 fyzická prohlídka vybraných prostor MŠ Paskov, a měření nano- a mikro- částic v ovzduší ve 2 místnostech MŠ dle požadavků objednatele. Cílem měření bylo zdokumentovat koncentraci prachových částic a jejich distribuční rozdělení pro možné stanovení expozice těmto částicím; a dále následnou analýzou odebraných vzorků ověřit možnost výskytu TiO_2 v aerosolu ovzduší na pracovišti.

2 POUŽITÉ ZKRATKY A DEFINICE POJMŮ

Použité zkratky jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1: Použité zkratky

Zkratka	Význam
A	Alveolární
CELK (TOTAL)	Celková (vdechovatelná) frakce aerosolu
NM	Nanomateriál
NV	Nařízení vlády
MNM	Vyráběný nanomateriál (z angl. manufactured nanomaterial)
MŠ	Mateřská škola
p	Barometrický tlak na pracovišti
PEL	Přípustný expoziční limit
PM 1	Suspendované částice velikostní frakce do 1 μm (submikronové)
PM 2,5	Suspendované částice velikostní frakce do 2,5 μm
PM 10	Suspendované částice velikostní frakce do 10 μm
PO	Pracovní operace
RESP	Respirabilní frakce aerosolu
RH	Relativní vlhkost na pracovišti
SE	Scénář expozice
SEM	Skenovací (rastrovací) elektronová mikroskopie
T	Teplota na pracovišti
TB	Tracheobronchiální
v	Rychlost proudění vzduchu

Definice pojmů, používaných v dalším textu, jsou uvedeny níže.

Nanomateriál: materiál s kterýmkoliv vnějším rozměrem v **nanostupnici** (tj. rozpětí velikosti přibližně od 1 nm do 100 nm) nebo s vnitřní strukturou či strukturou povrchu v nanostupnici (ISO, 2010).

Scénář expozice: soubor informací, který popisuje podmínky, za kterých mohou být kontrolována rizika spojená s určenými použitími dané látky. Zahrnuje provozní podmínky (například délku trvání a frekvenci používání nebo použité množství, provozní teplotu nebo pH) a nezbytná opatření pro řízení rizik (např. místní odvětrávání, nošení určitého typu rukavic, čištění odpadních vod a výfukových plynů) (ECHA, 2012a). SE pro NM nelze, s ohledem na neexistenci expozičních limitů pro většinu z nich, chápat jako evidenci o bezpečném používání. SE pro NM tak představuje soubor všech dostupných informací o expozici. Formát scénáře expozice pro NM vychází z formátu SE pro chemické látky (formát SE viz ECHA, 2012b).

Aerosol: poléťavé částice suspendované ve směsi plynu / par (ÚNMZ, 2013).

Hygienický limit: hygienickým limitem chemické látky se rozumí přípustný expoziční limit nebo nejvyšší přípustná koncentrace. Hygienickým limitem prachu se rozumí přípustný expoziční limit. (NV 361/2007 Sb)

Přípustný expoziční limit: celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí exponován zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. (NV 361/2007 Sb).

Dýchací zóna: prostor v okolí nosu a úst, ze kterého je ovzduší vdechováno. *Přesnější definice:* polokulovitý prostor (obecně o poloměru 0,3 m) vymezený rovinou tváře se středem v polovině spojnice obou uší. Dále je tento prostor vymezen vrcholem hlavy a krkem. (ÚNMZ, 2013)

Vdechovatelná (celková) frakce: frakce aerosolových částic, která je vdechnuta nosem a ústy (ÚNMZ, 1994).

Respirabilní (alveolární) frakce: frakce vdechovaných částic, které pronikají do dýchacích cest, kde není řasinkový epitel (ÚNMZ, 1994); frakce aerosolových částic, která se může dostat do oblasti výměny plynů dýchacího ústrojí člověka (ČAS, 2007)

3 MATERIÁL A METODY

3.1 Název a popis měřeného prostoru

Odběry ovzduší byly provedeny ve 2 prostorech 1. NP budovy MŠ Paskov. Jednalo se o prostor (třída+herna) bez ošetření nátěrem (dále označeno místnost 1), který byl měřený jako první a prostor (třída+herna), jehož strop byl ošetřený nátěrem s obsahem TiO₂ (dále označeno místnost 2), měřený v čase jako druhý.

Místnost 1: je tvořena třídou (8,3 x 5,9 x 3,0 m) propojenou s hernou (9,6 x 5,9 x 3,0 m) v jeden otevřený prostor. Větrání je přirozené, okny i dveřmi. Před měřením bylo okno ventilace uzavřeno, dveře na chodbu a do umývárny zůstaly otevřené (běžný režim).

Místnost 2: je řešena obdobně jako třída 1, jedná se tedy o spojený prostor třídy (8,3 x 5,9 x 3,0 m) a herny (9,6 x 5,9 x 3,0 m). Z důvodu aplikace antibakteriálního nátěru jsou tyto prostory vybaveny 2 (ve třídě) + 3 (v herně) UV zářivkami, umístěnými na stěně proti oknu, které byly po dobu měření zapnuty.

Místnosti jsou vybaveny standartním kancelářským nábytkem, ve třídách je na podlaze lino, v hernách koberec.

Provozní doba školky je 6:00 – 16:30 hod. V měřených třídách bývá průměrně 28 dětí + pedagogický dozor.

3.2 Materiály

Strop místnosti 2 (třída+herna) byl v roce 2012 ošetřen nátěrem Protectam FN firmy Advanced Materials-JTJ s.r.o. s obsahem TiO₂. Aplikace se provádí nástřikem ve třech vrstvách. Na 1. vrstvu se používá Protectem FN2 a na další dvě vrstvy se používá Protectam FN3. Jedná se o vodnou suspenzi povrchově neupraveného TiO₂, anorganických aditiv a

shlukovacích agregátů, které se od sebe liší váhovým obsahem TiO₂. Bližší charakteristika obou produktů je uvedena v Tabulce 2.

Tabulka 2: Charakteristika materiálů (Bezp.listy; Advanced Materials-JTJ s.r.o., Nano4people s.r.o)

Název výrobku:	Protectam FN2
Použití:	antibakteriální ochranná vrstva s ekologickou funkcí čištění vzduchu
Výrobce:	Advanced Materials-JTJ s.r.o. (273 01 Kamenné Žehrovice 23, Česká republika)
Složení:	vodná suspenze povrchově neupraveného TiO ₂ a anorganických aditiv
Chemická charakteristika:	vodná směs fotoaktivního TiO ₂
Váhový obsah TiO ₂ v sušině:	> 70 %
Skupenství (při 20 °C):	kapalné (vodná suspenze – jemně dispergované pevné látky v kapalině)
Barva:	mléčně zakalená
Zápach/vůně:	bez zápachu
pH (při 20 °C):	6-7
Hustota (při 20 °C):	< 1200 kg/m ³
Název výrobku:	Protectam FN3
Použití:	antibakteriální kompozitní funkční nátěr
Výrobce:	Advanced Materials-JTJ s.r.o. (273 01 Kamenné Žehrovice 23, Česká republika)
Složení:	vodná suspenze povrchově neupraveného TiO ₂ a shlukovacích agentů, 100-110 g pevných látek na 1 litr
Chemická charakteristika:	vodná směs fotoaktivního TiO ₂
Váhový obsah TiO ₂ v sušině:	> 99 %
Skupenství (při 20 °C):	kapalné (vodná suspenze – jemně dispergované pevné látky v kapalině)
Barva:	mléčně zakalená
Zápach/vůně:	bez zápachu
pH (při 20 °C):	6-7
Hustota (při 20 °C):	< 1200 kg/m ³

3.3 Metody – strategie a způsob odběru

Při volbě strategie odběru se vycházelo z následujících dokumentů: ČSN EN 481, ČSN EN 482, ČSN EN 689, Nařízení vlády č.361/2007 Sb. v platném znění, Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb; SOP nanoGEM (For assessing exposure to nanomaterials, following a tiered approach).

Měření emisí nano- a mikro-částic a odběr vzorků pro následnou SEM analýzu bylo provedeno při běžném provozu školky. Před zahájením měření bylo větráno okny, která byla před zahájením odběru uzavřena. Třídy byly zpočátku prázdné (děti byly na dopolední procházce venku), v té době probíhal úklid místnosti 1, (vysávání koberce v herně). Cca v 10:30 hod byly v prostoru herny přichystány postýlky na spaní; po 11:00 se děti vrátily


z vycházky na oběd, kdy polévka je jim servírovaná v polévkových mísách na stoly, a pro hlavní chod si docházejí ke stolečku s připraveným jídlem, které si sami nakládají.

3.4 Měření a odběr vzorků vč. přístrojového vybavení

Přehled měřených (odběrových) míst je uveden v Tabulce 3.

Tabulka 3: Přehled měřených (odběrových) míst

č.	Název lokality	Fotografie
1	Místnost 1 (bez aplikace nátěru Protectam FN)	
2	Místnost 2 (s aplikací nátěru Protectam FN po celé ploše stropu)	

3	Veněk - pozadí	
---	----------------	--

Měření nano- a mikro-částic bylo provedeno v pracovním ovzduší místnosti 1 bez aplikace nátěru a poté v místnosti 2 s aplikací nátěru. Měřeny byly následující charakteristiky pracovního ovzduší:

- Hmotnostní koncentrace – velikostní frakce PM1, PM2,5, respirabilní; PM10; celk.
- Početní koncentrace částic o velikosti 0,01 - 1 μm ;
- Rozdělení velikostí částic – velikostní rozsah 10 nm-10 μm ;
- Vzorování kaskádovým impaktorem na mikroskopická sklíčka a nylonové filtry.

Následně bylo provedeno proměření venkovního prostředí po dobu 10 min – tzv. **pozadí** (místo označeno v Tabulce 3 číslem 3).

Měření polétavého prachu v ovzduší na pracovišti byla doplněna měřením mikroklimatických podmínek (teplota, relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu) a tlaku.

Pro měření a odběr aerosolů bylo použito přístrojové vybavení specifikované v Tabulce 4.

Tabulka 4: Přístrojové vybavení

Název přístroje (výrobce)	Měřená veličina / výstup	Koncentrační / velikostní rozsah
CPC 3007 (TSI)	Početní koncentrace částic	1-10 ⁵ částic/cm ³ ; 0,01 - 1 μm
DustTrak DRX 8534 (TSI)	Hmotnostní koncentrace částic několika velikostních frakcí, distribuce hmotnosti částic	0,001-150 mg/m ³ ; 1-10 μm
NanoScan SMPS 3910 (TSI)	Početní koncentrace částic několika velikostních frakcí, distribuce velikosti částic	10 ⁶ částic/cm ³ ; 10-350 nm
OPS 3330 (TSI)	Hmotnostní a početní koncentrace částic několika velikostních frakcí, distribuce hmotnosti a velikosti částic	1-3 000 částic/cm ³ ; 0,3-10 μm

Název přístroje (výrobce)	Měřená veličina / výstup	Koncentrační / velikostní rozsah
NANO-ID Select 005 (Naneum)	Vzorek pro SEM analýzu	Sběrné stupně – kaskádový impaktor (35–0,25 μm) + difuzní cela (0,25–0,001 μm)
Hygro-/Thermo-/Barometer	Teplota, tlak a relativní vlhkost	Teplota: -25,0-70,0 $^{\circ}\text{C}$; Tlak: 10,0-1100,0 mbar; Rel. vlhkost: 0,0-100,0 %
Anemometr GREISINGER TA 88 N (GREISINGER)	Rychlost proudění vzduchu	Rozsah: 0,1-15 m/s; rozlišení 0,01 m/s
Dálkoměr laserový DISTO A2 (LEICA)	Laserový měřič vzdálenosti	Rozsah pro měření vzdálenosti: 0,05-60 m

Měřicí přístroje byly umístěny na pojízdný vozík, který byl při měření zájmových místností umístěn cca do středu místnosti (viz fotografie Tabulka 3). Odběr ovzduší byl prováděn ve výšce 90 cm, po dobu jedné hodiny.

3.5 SEM analýza

Vzorky, odebrané na mikroskopická sklička (0,25-35 μm) a nylonové sítky (0,001-0,25 μm), byly analyzovány metodou skenovací elektronové mikroskopie (SEM) a elektronovou mikroanalýzou (EMA).

Vzory prachu na skličkách byly naprášeny vrstvou zlata. Vzorky byly vkládány do komory mikroskopu a povrchová vrstva byla vodivě spojena se stolem mikroskopu samolepicí hliníkovou páskou. Ze vzorků sítěk byly vystřiženy segmenty vhodné pro nalepení na podložky pro vložení do mikroskopu a naprášeny vrstvou slitiny zlata. Byly prozkoumány vzorky prachu zachyceného na podložkách. Morfologie prachových částic byla zdokumentována v režimu zpětně odražených elektronů. Vybrané částice byly analyzovány se zaměřením na stanovení Ti.

SEM a EMA analýzy byly provedeny laboratoří Centra nanotechnologií, VŠB-TUO.

3.6 Statistické zpracování dat

Získaná data byla zpracována základní statistickou analýzou v softwarových programech k jednotlivým měřicím přístrojům NanoScan Manager Software, Aerosol Instrument Manager Software a TrakPro Software. Následné zpracování vč. grafů bylo provedeno v programu Microsoft Excel 2010.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

V grafech uvedených níže jsou místa měření (odběru), resp. vzorky, označena čísly 1-3 (viz Tabulka 5, souhlasí rovněž s Tabulkou 3 výše).

Tabulka 5: Význam popisu odebraných vzorků (označení v grafech)

Označení vzorku	Měřené (odběrové) místo
1	Místnost 1 (bez nátěru)
2	Místnost 2 (ošetřeno nátěrem Protectam)
3	Venek - pozadí

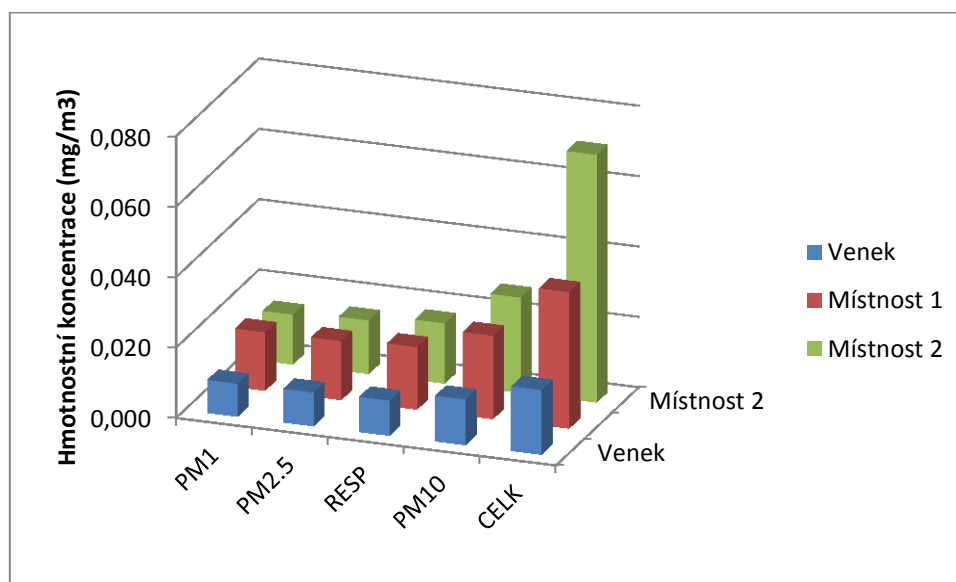
Na měřených místech byly zjištěny tyto mikroklimatické podmínky, uvedené v tabulce 6.

Tabulka 6 Mikroklimatické podmínky v místě měření, dne 24. 2. 2017

	T (°C)	RH (%)	v (m/s)	p (hPa)
Místnost 1	21,9	45	0,1	971
Místnost 2	22,8	33	0,1	972
Venek	13	45	0,3-0,7	973

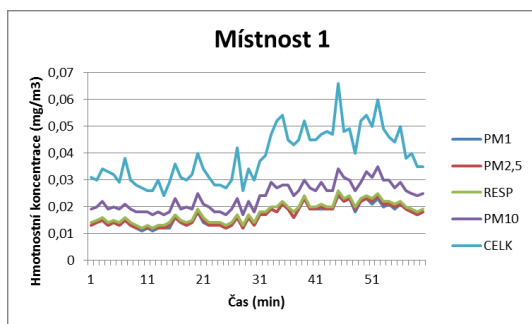
4.1 Hmotnostní koncentrace

Hmotnostní koncentrace částic byla měřena pro velikostní frakce PM1, PM2,5, respirabilní (RESP), PM10 a celková (CELK, TOTAL). V grafu 1 je přehled naměřených koncentrací všech velikostních frakcí pro jednotlivá odběrová místa.

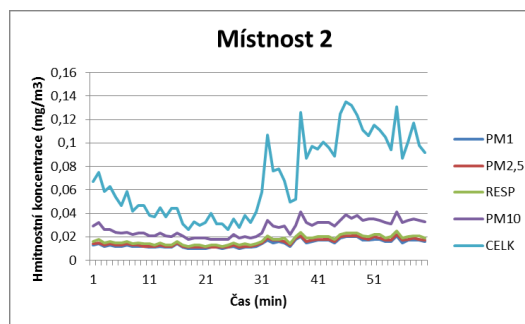


Graf 1 Průměrné hodnoty hmotnostních koncentrací

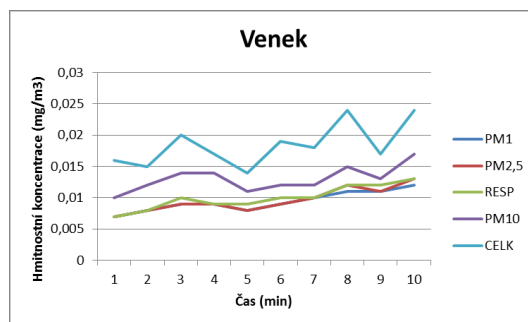
Z grafu 1 je patrné, že *přírůstky hmotnostních koncentrací jednotlivých velikostních frakcí* (tj. např. PM2,5-PM1) v měřených vzorcích jsou velmi nízké. Vyšších hodnot dosahuje až koncentrace celková. Průběh hmotnostních koncentrací jednotlivých velikostních frakcí v čase je znázorněn v grafu 2,3 a 4.



Graf 2 Místnost 1 - hmotnostní koncentrace



Graf 3 Místnost 2 - hmotnostní koncentrace



Graf 4 Venek - pozadí

V grafech 2 a 3 jsou viditelné nízké hmotnostní koncentrace jednotlivých frakcí po celou dobu měřeného intervalu. V druhé polovině grafu 3 (cca od 31. minuty) lze pozorovat mírné zvýšení celkové frakce, k čemuž mohlo pravděpodobně dojít v důsledku příchodu a přítomnosti dětí v obědovém čase. Koncentrace celkové frakce ve venkovním ovzduší byly v době měření 2 a 4 krát nižší než v měřených místnostech. Průměrné, minimální a maximální hodnoty hmotnostní koncentrace na jednotlivých měřených místech jsou uvedeny v tabulce 7. Zvýrazněny jsou hodnoty pro možné srovnání s limity danými vyhláškou č. 6/2003 Sb.

Tabulka 7: Průměrné hmotnostní koncentrace částic, min a max ve vzorcích

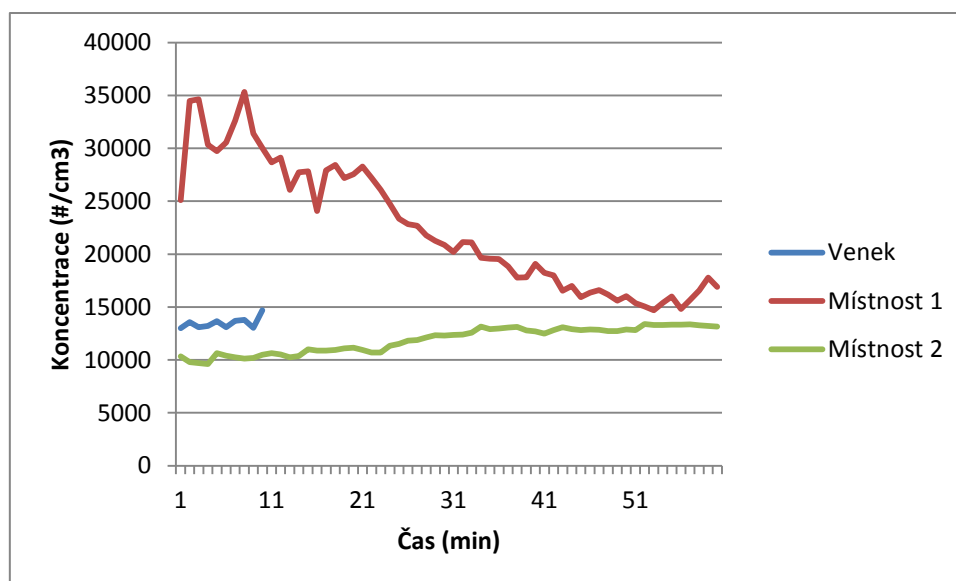
Vzorek	Místnost 1					Místnost 2					Venek				
Channel:	PM1	PM2.5	RESP	PM10	CELK	PM1	PM2.5	RESP	PM10	CELK	PM1	PM2.5	RESP	PM10	CELK
Units:	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Average:	0,017	0,017	0,018	0,024	0,039	0,014	0,015	0,017	0,027	0,070	0,009	0,010	0,010	0,013	0,018
Minimum:	0,011	0,012	0,012	0,017	0,024	0,010	0,011	0,012	0,018	0,026	0,007	0,007	0,007	0,010	0,014
Maximum:	0,024	0,025	0,026	0,035	0,066	0,021	0,022	0,025	0,041	0,135	0,012	0,013	0,013	0,017	0,024

Hygienické limity pro prach ve vnitřním prostředí pobytových místností některých staveb (Vyhláška č. 6/2003 Sb.):

- Frakce prachu PM10 150 µg (tj. 0,15 mg/m³)
- Frakce prachu PM2,5 80 µg (tj. 0,08 mg/m³)

4.2 Početní koncentrace

Naměřená početní koncentrace vyjadřuje celkový počet částic ve velikostním rozsahu 10 – 1000 nm na 1 cm³. Hodnoty početních koncentrací částic na jednotlivých měřených místech v čase jsou uvedeny v grafu 5.



Graf 5 Hodnoty početní koncentrace částic na všech měřených místech

V grafu 5 lze pozorovat výrazně vyšší početní koncentraci měřenou v místnosti 1. To může být způsobeno rozvířením díky vysávání koberce v herně, které časově probíhalo ještě v prvních minutách měření (výsledky měření to nenarušuje – jedná se o běžný provoz MŠ).

Hodnoty početní koncentrace pro všechna měřená místa jsou uvedeny v Tabulce 9.

Tabulka 8: Početní koncentrace částic ve všech měřených vzorcích

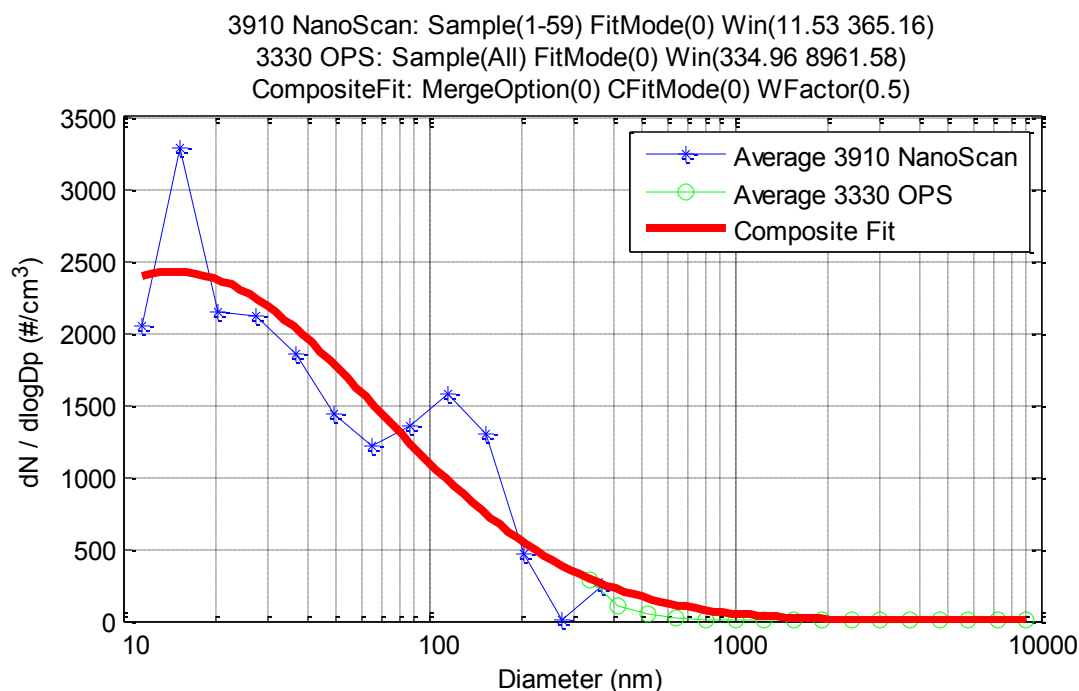
Vzorek	Místnost 1	Místnost 2	Venek
Units:	(#/cm ³)	(#/cm ³)	(#/cm ³)
Mean	22453	11891	13473
Min	14698	9615	13000
Max	35340	13379	14683
Std. Dev.	5960	1196	495

4.3 Rozdělení (distribuce) velikostí částic

Pro zjištění distribuce velikostí částic v ovzduší byla použita mobilní sestava přístrojů - spektrometr SMPS a optický spektrometr OPS. Velikost částic byla měřena ve 13 kanálech na SMPS a 16 kanálech na OPS s celkovým rozsahem od 10 nm do 10 μ m. Spojení všech 29 kanálů bylo provedeno v software Multi-instrument MAnager™ (MIM).

Rozdělení velikostí částic ve výrobě během PO je zobrazeno v grafu 7.

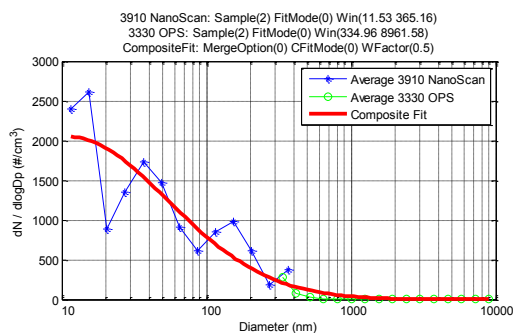
V následujících grafech je na svislé ose vynesena normalizovaná koncentrace $dN/d\log D_p$ (koncentrace je vážená šířkou intervalu kanálu; dN je počet částic, D_p je střední průměr intervalu), vztažená na jednotku objemu pracovního ovzduší (cm³). Na vodorovné ose je uveden (aerodynamický) průměr částice (v nm). Graf 6 a 9 znázorňuje distribuci během celého měření v místnosti 1, resp. 2; nejčastěji je zastoupená frakce o velikosti 15,4 nm, resp. 115.5 nm v místnosti 2.



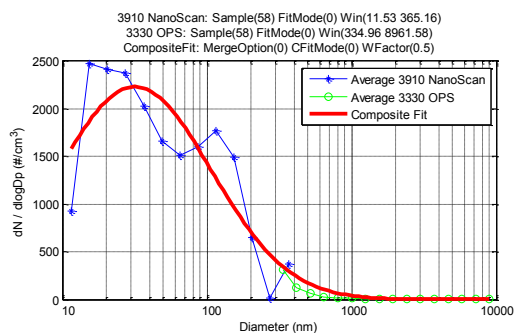
Graf 6: Distribuce velikostí částic v pracovním ovzduší v místnosti 1

V grafech 7 a 8 pro místnost 1 a dále 10, 11 pro místnost 2 je vynesena distribuce na začátku a na konci měření (ve 2. a 58. minutě). Na těchto grafech lze pozorovat v čase posun velikostní distribuce k větším částicím.

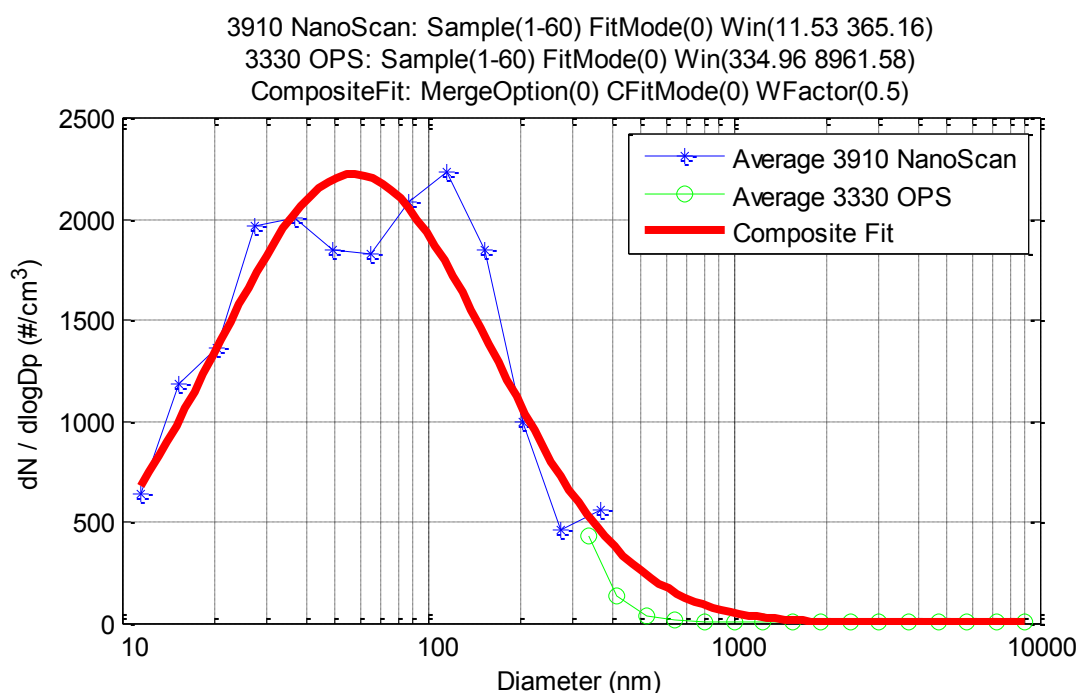
V místnosti 1 je patrné snížení počtu a zvětšení jejich průmětu v měřeném vzorku, což koresponduje s výsledky výše a teorií, že možným zdrojem malých částic v místnosti 1 byl vysavač.



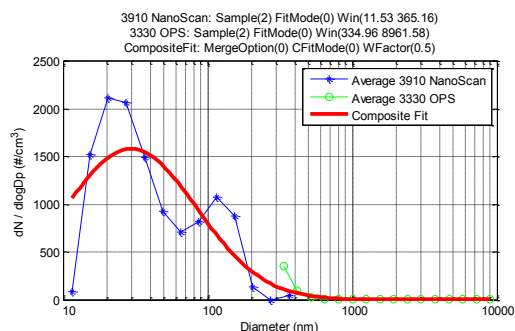
Graf 7 Distribuce ve 2. minutě měření (místnost 1)



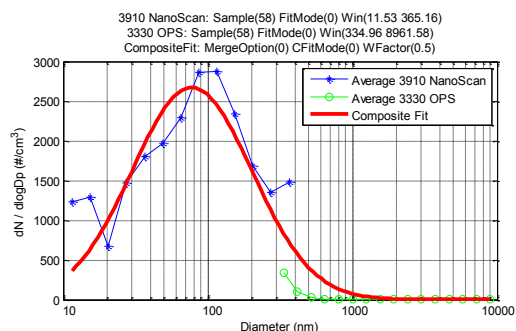
Graf 8 Distribuce v 58. minutě měření (místnost 1)



Graf 9 Distribuce velikostí částic v pracovním ovzduší v místnosti 1



Graf 10 Distribuce ve 2. minutě měření (místnost 2)



Graf 11 Distribuce v 58. minutě měření (místnost 2)

Taktéž v místnosti 2 dochází s časem k navýšení počtu částic a zvětšení jejich aerodynamického průměru (viz graf 10 a 11), což může být způsobeno vířením prachu pohybem dětí po prostotu v době obědové pauzy.

4.4 SEM analýza

Analýzy SEM/EMA byly provedeny pro 1 stupeň kaskádového impaktoru (průměr částic 20-35 μm) a 1 stupeň difuzní cely (průměr částic 60-250 nm). Výsledky jsou uvedeny v Protokolu o provedení zkoušek: 103/17, který je přílohou této zprávy z měření.

5 ZÁVĚR

Naměřené hmotností koncentrace prachu v prostorách MŠ Paskov nepřekračují limity dané vyhláškou pro prach ve vnitřním prostředí pobytových místností některých staveb.

Pro početní koncentraci částic o velikosti 10 – 1000 nm nejsou hygienické limity stanoveny. V naměřených výsledcích lze pozorovat zvýšenou hodnotu tohoto počtu v místnosti 1, pravděpodobně v důsledku prováděného úklidu (popis viz výše), čemuž nasvědčuje snižování této početní koncentrace v čase. Pro přesnější stanovení zdroje zvýšeného počtu částic by bylo třeba provést detailnější šetření.

Z výsledků následné analýzy zachyceného aerosolu vyplývá, že ve složení nebylo zjištěno významnější zastoupení Ti. Zjištěné koncentrace titanu (pokud byly detekovány) nepřevyšují požadované hodnoty, které se běžně vyskytují v aerosolu v ovzduší.

PŘÍLOHA:

Protokol o provedení zkoušek; číslo protokolu: 103/17.