

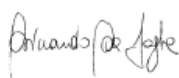
CFD analýzy filtračních zařízení pro vnitřní použití: čistička HYLA EST

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50,
50134 Firenze (FI)

Tel/Fax (+39) 055 5391855



Dokument číslo ***** VYDÁNÍ: 01			
Datum: 21.červen 2021			
Název: CFD analýzy filtračních zařízení pro vnitřní použití: Čistička HYLA EST			
Klíčová slova:			
<u>Autor:</u> Lorenzo Mazzei 			
Souhrn Účelem této práce je analýza proměnlivého chování jemných částic prachu ve vzduchu při použití komerční čističky ve vnitřním prostředí pomocí CFD simulací. Scénář je reprezentativní pro obývací pokoj s čističkou a bez čističky, kde jsou částice s průměrem mezi PM10 a PM0.1 rovnoměrně rozložené v objemu na začátku simulace. Studie analyzuje trajektorie částic a dobu jejich setrvání v místnosti, aby bylo možné charakterizovat výkon zařízení v závislosti na třídě velikosti částic.			
Kontroloval:	Odsouhlasil:	Podpis:	Datum:
Riccardo Da Soghe	Riccardo Da Soghe		21.červen 2021

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

CFD analýza filtračního zařízení pro vnitřní použití: Čistička HYLA EST

Úvod	3
Přístroj.....	4
Scénář simulace.....	5
Použitá numerická metodologie.....	7
Výsledek.....	8
Závěr	11

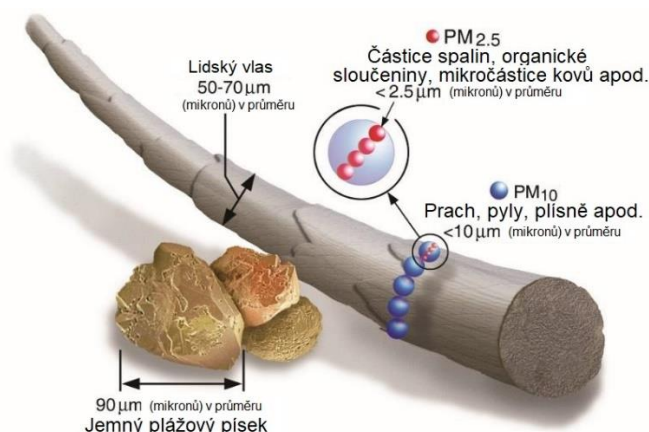
Úvod

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

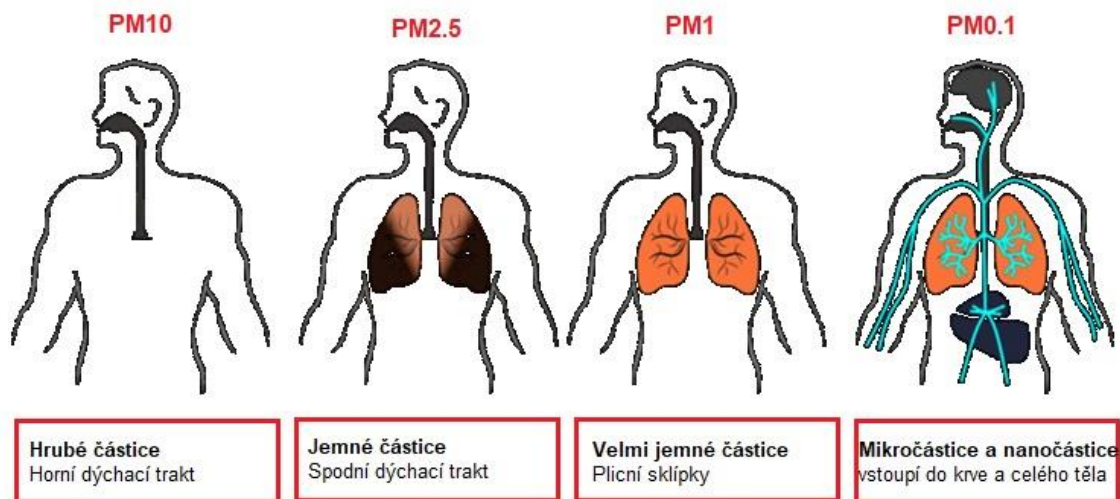
Particulate Matter (PM) označuje směs pevných a kapalných částic nacházejících se ve vzduchu. Takové částice se mohou skládat z prachu, nečistot, sazí nebo kouře a mohou být dostatečně velké, aby je bylo možné vidět i pouhým okem.

Jiné jsou menší a lze je detekovat pouze pomocí mikroskopu (viz obrázek 1). **PM₁₀ představuje hrubé částice o velikosti 10 mikronů nebo menší**, ale vědci se v posledních desetiletích zaměřují na ultrajemné částice, jako je PM 0.1, s průměrem 0,1 mikronů nebo menším.



Obrázek 1: Porovnání velikostí částic PM

Je dobře známo, že **čím menší je průměr, tím škodlivější je účinek na lidské tělo**. PM_{0.1} částečně proniká do těla přes alveolárně-kapilární membránu, která odděluje vzduch z krevního řečiště. Předpokládá se však, že takové nanočástice mohou pronikat přes jiné cesty, jako jsou trávicí a dermální cesty (pokožkou).



Obrázek 2: hloubka průniku PM částic do lidského těla v závislosti na velikosti částic

Přístroj

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)

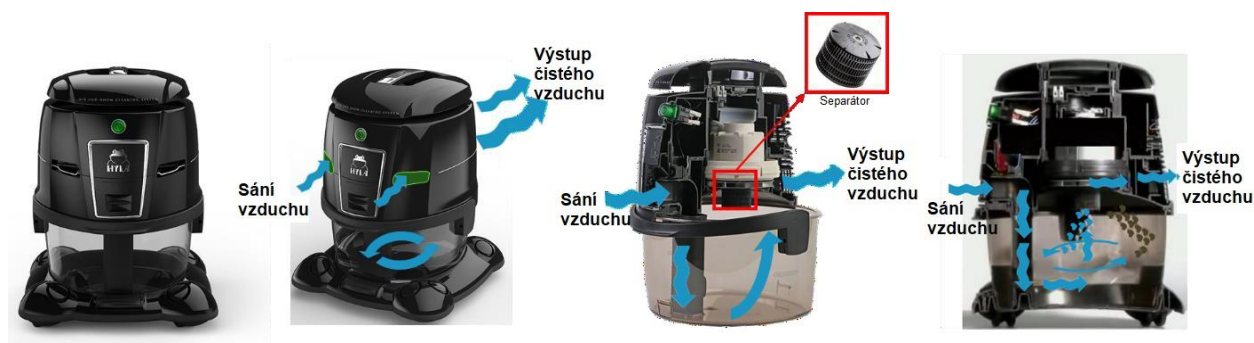
 Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

Předmětem studie je čistička HYLA EST [3], zařízení určené pro domácí užívání od společnosti HYLA. Na obrázku 3 si všimněte některých detailů přístroje.

Filtrační systém je založen na čištění vodou. Vzduch je v režimu praní vzduchu nasáván otvory na horní části motorové hlavy. Směřuje dolů do spodní části průhledné nádoby, kde je vysokou rychlostí protlačený vodou. Zde pomocí "gejzírového efektu" mísí vzduch (a prach) s vodou, čímž zachycuje částice.

V horní části je rotační samočistící separátor, který pomocí odstředivé síly odděluje vodu se zachyceným prachem od vyčištěného vzduchu. Čistý vzduch odchází přes mřížku na zadní části přístroje.

Co se týče průtoku vzduchu, přístroj v režimu čištění vzduchu pracuje s průtokem **15,9l/s**.



Obrázek 3: Přístroj HYLA EST

Scénáře

V této studii se pracuje se dvěma scénáři:

1. se zapnutou čističkou (nazvané HYLA ON)
2. čistička není vůbec v místnosti (HYLA OFF).

Prostředí, ve kterém bylo zařízení testováno, představuje obývací pokoj 4m x 4m x 2,5m, což odpovídá 16m² a 40m³ (viz obrázek 4).

V místnosti se nachází maminka na pohovce, hrající dítěte na podlaze a několik dalších kusů nábytku jako je televizní stěna a malý konferenční stůl.

Nejdůležitějším objektem pro rozsah studie je však čistička, která je umístěna v rohu místnosti, blízko dveří.

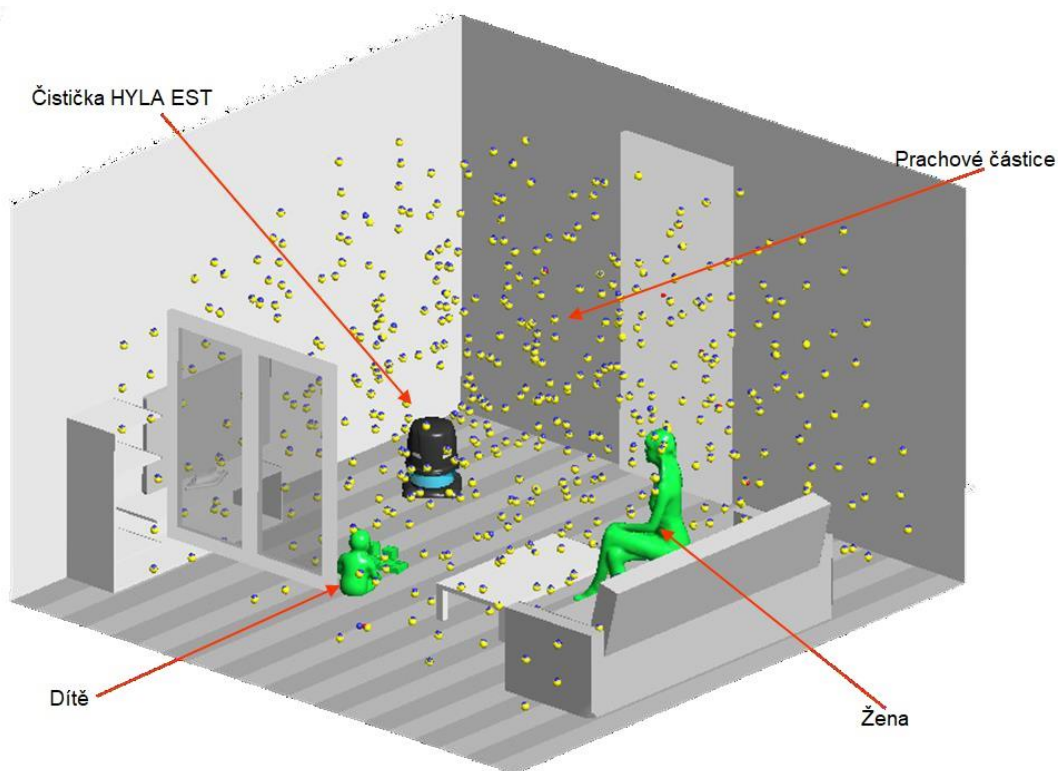
Teplota v místnosti se rovná 25°C, zatímco lidé a předměty v místnosti mají teploty různé tak, aby se napodobilo přirozené proudění vzduchu pocházející z efektu ohřevu vzduchu na různých předmětech a jeho stoupání, a to i když není čistička v místnosti. Konkrétně okno je dána teplota 25°C, TV má 40°C, maminka a dítě 35°C.

Pozorovány byly tři různé průměry částic pronikajících do okna: PM10, PM2,5 a PM0,1. Částice jsou viditelné na stejném obrázku hned po několika sekundách od začátku simulace.

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

Vzhledem k nedostatku dalších údajů o filtrační účinnosti systému, se předpokládá ideální výkon, což znamená, že veškerý prach zachycený čističkou je odstraněn a žádné částice se znovu nevracejí do místnosti přes zadní část zařízení. Jak již bylo zmíněno, studie pracuje se dvěma scénáři: přístroj pracující v čisticím režimu (HYLA ON) a nepřítomnost čističky (HYLA OFF).



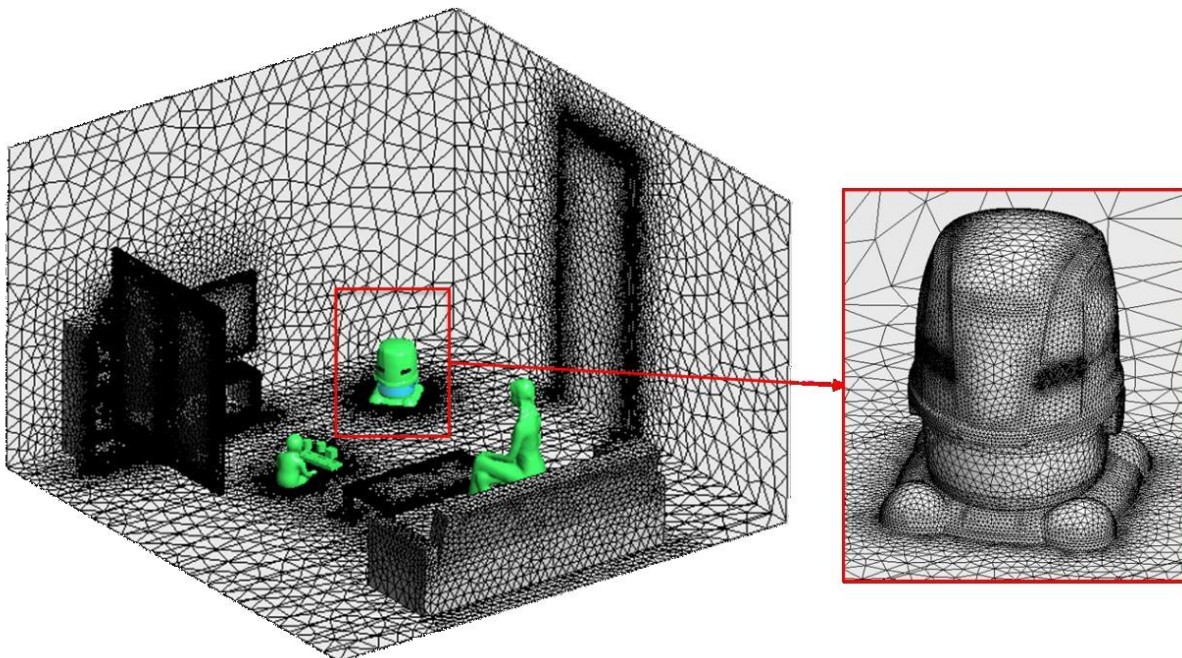
Obrázek 4: Zkoumané prostředí

Použitá numerická metodologie

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

Nástroje používané při této činnosti patří do sady komerčního softwaru společnosti ANSYS. Výpočetní mřížka (obrázek č.5) byla vygenerována pomocí **ANSYS Meshing**, což umožnilo vytvořit čtyřstěnnou síť s 2,4 miliony prvků a asi 0,4 miliony uzlů.



Obrázek 5: Výpočetní mřížka

(Ansys Meshing je program vhodný pro vytváření hybridních výpočetních sítí pro 2D a 3D geometrie. Pro CFD simulace jsou v programu vytvářeny výpočetní sítě průtočných objemů a případných pevných částí)

- Zpřesňující zóny byly přidány v blízkosti čističky, aby se přesněji charakterizoval rychlostní gradient v dané oblasti.
- Simulace byly provedeny pomocí Fluent Release 2019 R3 [4]. Bylo zvoleno numerické nastavení na základě současného stavu literatury a předchozích zkušeností autorů [5].
- Vzduch byl považován za ideální plyn, přičemž jeho vlastnosti jsou vzhledem k nízké teplotě považovány za konstanty
- Gravitační efekty byly zahrnuty. Pokud jde o eulerovskou fázi, v souladu s předchozími zkušenostmi byly účinky turbulence na proudové pole zahrnuty pomocí k- ϵ RNG model [6–8]. Sekce výstupu vzduchu čističky byla uvažována jako vstup s hmotnostním průtokem sekce sání vzduchu byla uvažována jako výstup s hmotnostním průtokem.
- Použitý hmotnostní průtok je stejný na obou otvorech, aby byla zajištěna rovnováha hmoty.
- Všechny stěny jsou uvažovány jako protiskluzové, hladké a rozměrově neměnné, kromě lidí, televizoru a okna, na které byla aplikována pevná teplota.
- Pohyb částic byl vyřešen pomocí Lagrangian Particle Tracking. Dodržovaný přístup zahrnuje jednocestnou vazbu, s eulerovským proudovým polem ovlivňujícím

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

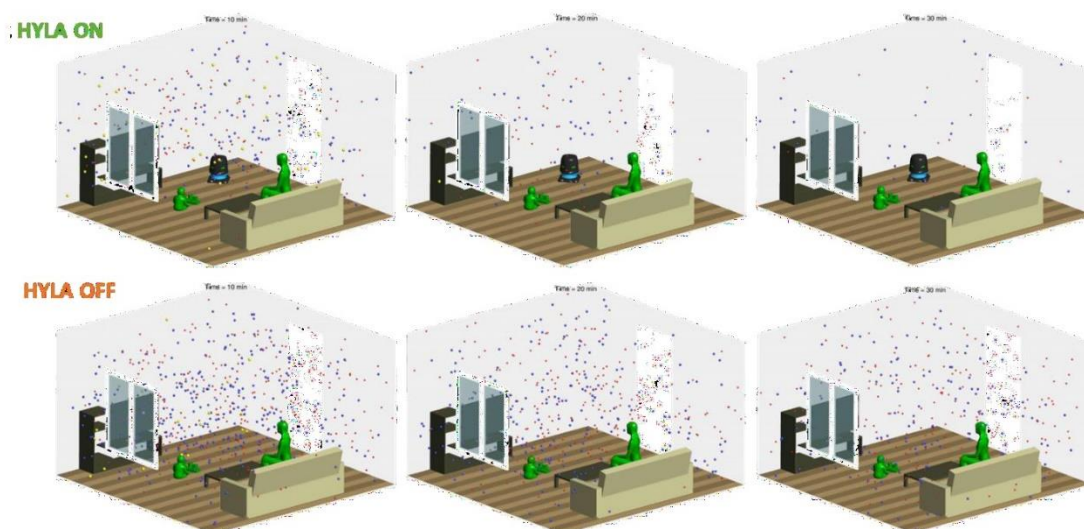
Lagrangeův transport, ale bez jakéhokoli vlivu přítomnosti částic na prvně jmenované (kvůli jejich malé velikosti).

- Stochastické sledování bylo součástí modelování pomocí modelu Discrete Random Walk.
- Částice jsou inicializovány jako rovnoměrně rozložené v objemu a s nulovou rychlostí.
- Bylo zvažováno obyvatelstvo monodisperzní (tj. průměr s konstantní hodnotou) a rozděleny do 3 tříd PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{0,1}.
- Částice byly kalkulovány jako kulové a s tím, že se zachytí na všech površích (tj. částice je odstraněna ze vzduchu, když dosáhne povrchu), kromě stěn a stropu, které jsou považovány za odrazivé.

Výsledek

Časový vývoj částic po vstupu do místnosti je kvalitativně znázorněn na obrázku 6. Obrázek uvádí snímky trojrozměrné polohy částic s ohledem na tři různé časové body s 10minutovým intervalem (zleva doprava) a dvěma provozními podmínkami (shora dolů). Částice se zobrazují v různé barvě a velikosti, aby se zvýraznil rozdíl v průměru: PM₁₀ (velké žluté), PM_{2,5} (střední, modré), PM_{0,1} (malé, červené).

Scénáře začínají ze stejného výchozího bodu (stav i doba), ale později se rozcházejí, s jasným snížením množství částic ve vzduchu, když je čistička zapnutá.



Obrázek 6: snímky trojrozměrné polohy částic s ohledem na tři různé časové body s 10minutovým intervalem (zleva doprava) a dvěma provozními podmínkami (shora dolů). Částice se zobrazují v různé barvě a velikosti, aby se zvýraznil rozdíl v průměru

Abychom lépe porozuměli vlivu provozního režimu a průměru částic, je možné se odkázat na grafy na obrázku č. 7, které udávají kumulativní trend setrvání částic uvnitř místnosti.

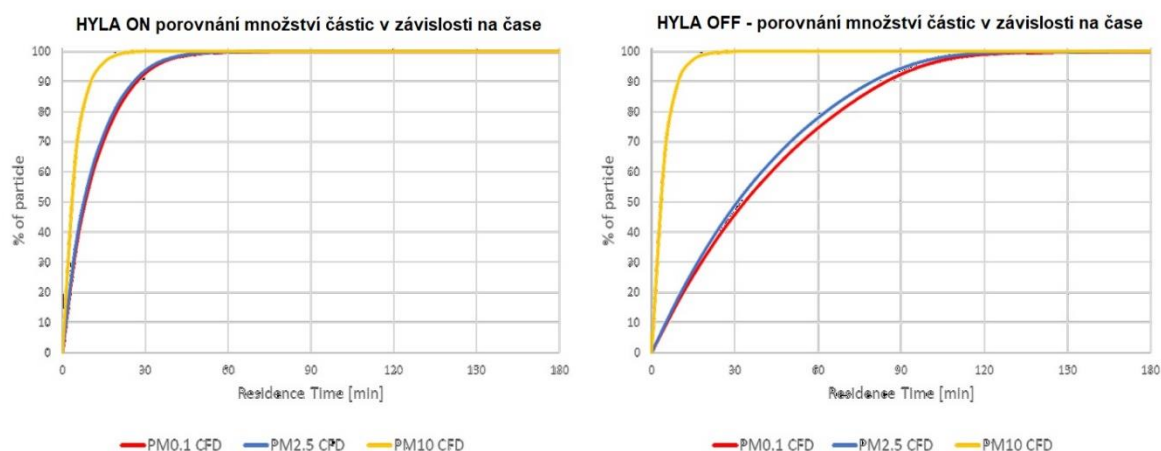
Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485

Je důležité poukázat na to, že vliv průměru částic zahrnuje odchylku v uspořádání velikosti v době setrvání. Tento efekt potvrzuje, že částice o menším průměru mají tendenci zůstat ve vzduchu podstatně delší dobu.

Kromě toho je možné zaznamenat, jak provozní režim čističky ovlivňuje především čas setrvání nejmenších částic (PM_{2,5} a PM_{0,1}), zatímco u těch největších (PM₁₀) je pouze minimální odchylka mezi křivkami. Tento efekt je odůvodněn vlastnostmi částic, které díky své větší hmotnosti mají tendenci se usadit dříve, aniž by byly zachyceny, pokud jsou dostatečně daleko od přístroje.

Jak se očekávalo, tento trend je také obecně asymptotický, doba setrvání se exponenciálně prodlužuje, aby se odstranilo zbývajících 10% zbylých částic uvnitř v místnosti.

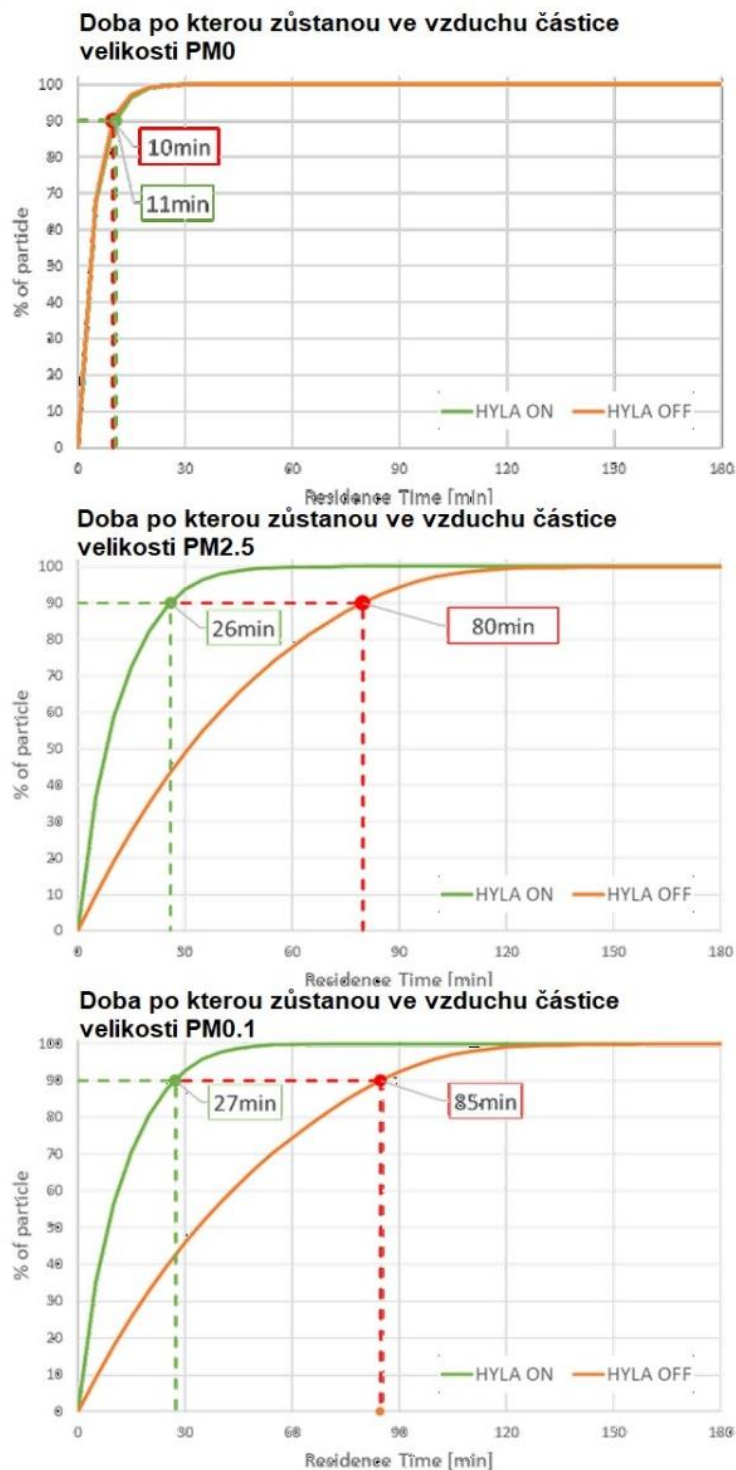


Obrázek 6: grafy setrvání množství částic ve vzduchu v závislosti na čase

Kumulativní distribuce byla překreslena na obr. 8 aby se lépe zvýraznil vliv čističky na každou kategorii průměru.

Částice PM₁₀ opět vykazují malý vliv provozního režimu a malou dobu setrvání kvůli rychlému usazování. Čistička je schopna zachytit část částic, ale její přítomnost také do jisté míry narušuje proudění v místnosti. Vzduch, který se z čističky vrací do místnosti může ve skutečnosti zpomalit přirozený proces usazování větších částic PM₁₀.

Obsah částic o velikosti PM_{2,5} a PM_{0,1} je naopak velmi ovlivněn čističkou, s velkým snížením množství při zapnutí čističky. Dále byl zjištěn čas, za jakou dobu se odstraní 90% částic. Jak je možné vidět z obrázku, PM₁₀ se usadí za 10-11 minut bez významné role čističky. **Částice malé velikosti však čistička odstraní za méně než 30 minut (ve srovnání s 80-85 minut bez něj).**

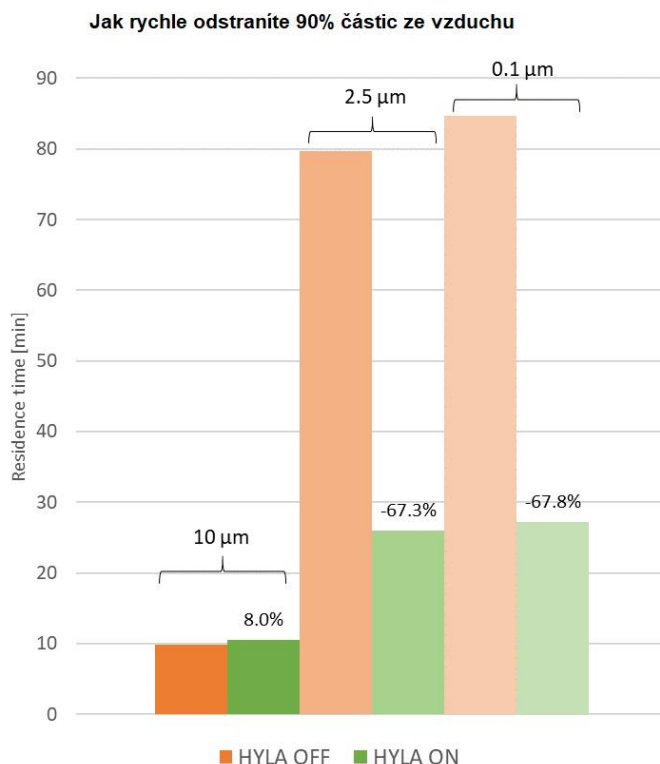


Obrázek 8

Aby bylo možné lépe určit dopad provozního režimu na základě průměru částic, data uvedená na obrázku 8 byly dále rozpracovány pro odvození snížení maximální doby setrvání potřebné k odstranění 90% částic v místnosti.

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
 Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485



Obrázek 9

Výsledky zvýrazněné pomocí grafu na obrázku 9 ukazují, že obecně čím menší průměr částic, tím delší je doba, kdy zůstanou ve vzduchu. Zapnutí čističky (HYLA ON) má malý vliv na PM₁₀, ale významný na PM_{2,5} (-67,3%) a PM_{0,1} (-67,8%).

Závěry

Tato zpráva shrnuje hlavní výsledky CFD analýz provedených za účelem charakterizace domácí čističky HYL A EST.

Virtuální testy byly provedeny v obývacím pokoji, ve kterém částice začínají rovnoměrně rozloženy a následně se pohybují přirozeným tepelným prouděním v místnosti. Studie tedy poskytuje reprezentativní odhad vlivu přístroje na osud a dobu setrvání částic.

Výkon byl charakterizován s ohledem na dva scénáře, a to nepřítomnost/přítomnost čističky a tři třídy průměru částic, konkrétně PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{0,1}. Přestože jsou výsledky ovlivněny některými náhodnými volbami, včetně uspořádání místnosti a pozice čističky, použitá výpočetní technika je silná a založená na modelech a datech odvozených z literatury a předchozích zkušenostech autorů. Nakonec lze hlavní výsledky shrnout takto:

- Pohyb částic je velmi ovlivněn průměrem.
- Nejtěžší částice mají tendenci se usazovat rychleji kvůli větší hmotnosti a čistička je obtížně zachytí, zvláště pokud jsou od ní daleko.
- Nejlehčí částice (PM_{2,5} a PM_{0,1}) setrvávají ve vzduchu déle, ale díky tomu se vzduchem pohybují a čistička je tak zachytí snadněji.

Ergon Research s.r.l.

- Při absenci jakéhokoliv čistícího zařízení se doba setrvání ve vzduchu u 90% částic pohybuje okolo asi 10minut (PM10) a 80-85minut (PM2,5 a PM0,1).
- Když je čistička vzduchu v chodu, doba setrvání 90% nejmenších částic (PM2,5 a PM0,1) ve vzduchu se sníží až o 67%.

Na základě údajů získaných při tomto numerickém šetření je tedy možné konstatovat, že v kontextu použití v souladu s předpoklady stanovenými ve studii, **je přístroj zvláště účinné při odstraňování částic o velikosti PM2,5 a PM0,1.**

Tento typ částic je zvláště významný pro lidské zdraví, protože na rozdíl od těžších částic mají tendenci zůstat suspendované ve vzduchu bez usazování a proniknout při vdechnutí hluboko do plicních alveol. Ve srovnání se stavem, kdy je čistička vypnutá/nepřítomná, **vede činnost čističky HYL A EST ke snížení doby setrvání částic v místnosti o 67%.**

Ergon Research s.r.l.

Via Giuseppe Campani 50, 50134 Fireze (FI)
Tel/Fax (+39) 055-5391855 – P.IVA-C.F. 05877940485