

Sisäympäristöpalvelun ilmansuodatus- konsepti

Hannu Salmela, Niko Siilin, Kimmo
Heinonen, Ilpo Kulmala, VTT (TP7)

30/08/2022 VTT – beyond the obvious

Sisältö

- Tuloilmasuodatuksen luokitukset
- Mittaukset
- Suodattimen valinta - esimerkki
- Sisäympäristöpalvelun ilmansuodatuskonsepti
- Yhteenveto ja jatkokehittäminen



Luokitukset

- Ulkoilma
- Tuloilma
- Suodatusluokat

Ilman luokitus (SFS-EN 16798-3:2017)

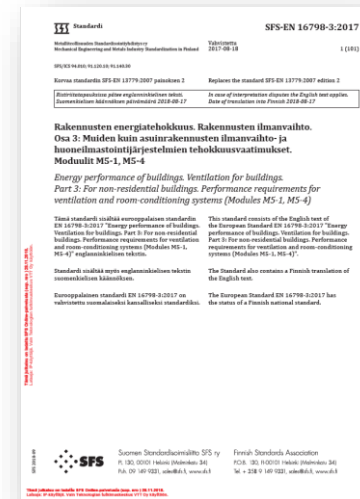
Ulkoilman luokitus (outdoor air ODA)

Luokka	Kuvaus
ODA 1	Ulkoilma, joka voi olla vain väliaikaisesti pölyistä (esim. siitepöly)
ODA 2	Ulkoilma, jossa on korkeita hiukkaspitoisuuksia tai kaasumaisia epäpuhtauksia
ODA 3	Ulkoilma, jossa on hyvin korkeita hiukkas- tai kaasupitoisuuksia

Tuloilman luokitus (supply air SUP)

Luokka	Kuvaus
SUP 1	Tuloilma, jossa on hyvin vähäinen hiukkaspitoisuus tai hyvin vähän kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 2	Tuloilma, jossa on pieni hiukkaspitoisuus tai vähän kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 3	Tuloilma, jossa on keskisuuria hiukkaspitoisuuksia tai keskisuuria kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 4	Tuloilma, jossa on korkeita hiukkaspitoisuuksia tai paljon kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 5	Tuloilma, jossa on hyvin korkeita hiukkaspitoisuuksia tai erittäin paljon kaasumaisia epäpuhtauksia

Vaikuttavia tekijöitä tuloilman hiukkassuodattimen valintaan ovat käyttökohde, sisäilman laadulle asetetut tavoitteet sekä ulkoilman laatu ($PM_{2,5}$, PM_{10})



CATEGORY	DESCRIPTION	TYPICAL ENVIRONMENT
ODA 1	OUTDOOR AIR, WHICH MAY BE ONLY TEMPORARILY DUSTY Applies where the World Health Organisation WHO (2021) guidelines are fulfilled (annual mean for $PM_{2.5} \leq 5 \mu g/m^3$ and $PM_{10} \leq 15 \mu g/m^3$).	
ODA 2	OUTDOOR AIR, WITH HIGH CONCENTRATIONS OF PARTICULATE MATTER Applies where PM concentrations exceed the WHO guidelines by a factor of up to 1.5 (annual mean for $PM_{2.5} \leq 7.5 \mu g/m^3$ and $PM_{10} \leq 22.5 \mu g/m^3$).	
ODA 3	OUTDOOR AIR WITH VERY HIGH CONCENTRATIONS OF PARTICULATE MATTER Applies where PM concentrations exceed the WHO guidelines by a factor of greater than 1.5 (annual mean for $PM_{2.5} > 7.5 \mu g/m^3$ and $PM_{10} > 22.5 \mu g/m^3$).	

Lähde: Eurovent 4/23 2021

CATEGORY	INDUSTRIAL VENTILATION	
SUP 1	APPLICATIONS WITH HIGH HYGIENIC DEMANDS Examples: Hospitals, pharmaceuticals, electronic and optical industry, supply air to clean rooms.	
CATEGORY	GENERAL VENTILATION	
SUP 1		
SUP 2	ROOMS FOR PERMANENT OCCUPATION Examples: Offices, kindergardens, hotels, residential buildings, meeting rooms, exhibition halls, conference halls, theaters, cinemas and concert halls.	
SUP 3	ROOMS WITH TEMPORARY OCCUPATION Examples: Shopping centers, storage, washing rooms, server rooms and copier rooms.	
SUP 4	ROOMS WITH SHORT-TERM OCCUPATION Examples: Restrooms, storage rooms and stairways.	
SUP 5	ROOMS WITHOUT OCCUPATION Examples: Data centers, garbage room and underground car parks.	

Lähde: Eurovent 4/23 2021

Suosittelut vähimmäissuodatusluokat tuloilmalle

OUTDOOR AIR			SUPPLY AIR				
			SUP 1*	SUP 2*	SUP 3**	SUP 4	SUP 5
			PM _{2.5} ≤ 1.25 PM ₁₀ ≤ 3.75	PM _{2.5} ≤ 2.5 PM ₁₀ ≤ 7.5	PM _{2.5} ≤ 3.75 PM ₁₀ ≤ 11.25	PM _{2.5} ≤ 5 PM ₁₀ ≤ 15	PM _{2.5} ≤ 7.5 PM ₁₀ ≤ 22.5
CATEGORY	PM _{2.5}	PM ₁₀	ePM ₁	ePM ₁	ePM _{2.5}	ePM ₁₀	ePM ₁₀
ODA 1	≤ 5	≤ 15	70%	50%	50%	50%	50%
ODA 2	≤ 7.5	≤ 22.5	80%	70%	70%	80%	50%
ODA 3	> 7.5	> 22.5	90%	80%	80%	90%	80%

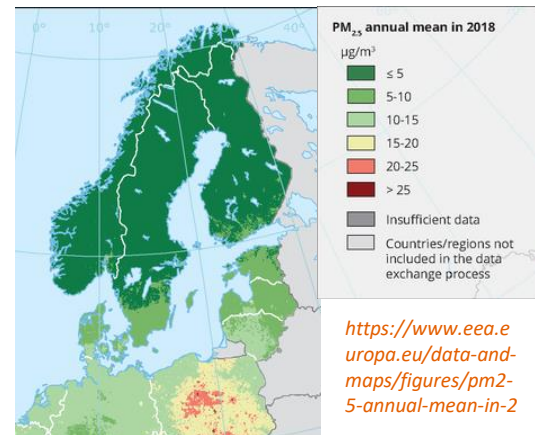
Table 3: Recommended min. ePM_x filtration efficiencies depending on ODA and SUP (annual mean PM_x values in µg/m³)

*Minimum filtration requirements ISO ePM₁ 50% refer to a final filter stage

**Minimum filtration requirements ISO ePM_{2.5} 50% refer to a final filter stage

Presented efficiency values concern both single filter and multi-stage filtration systems with a cumulated efficiency.

Lähde: Eurovent 4/23 2021



(suodatusluokka standardin EN 779 mukaan, huom. tässä ODA-luokitus v. 2017)

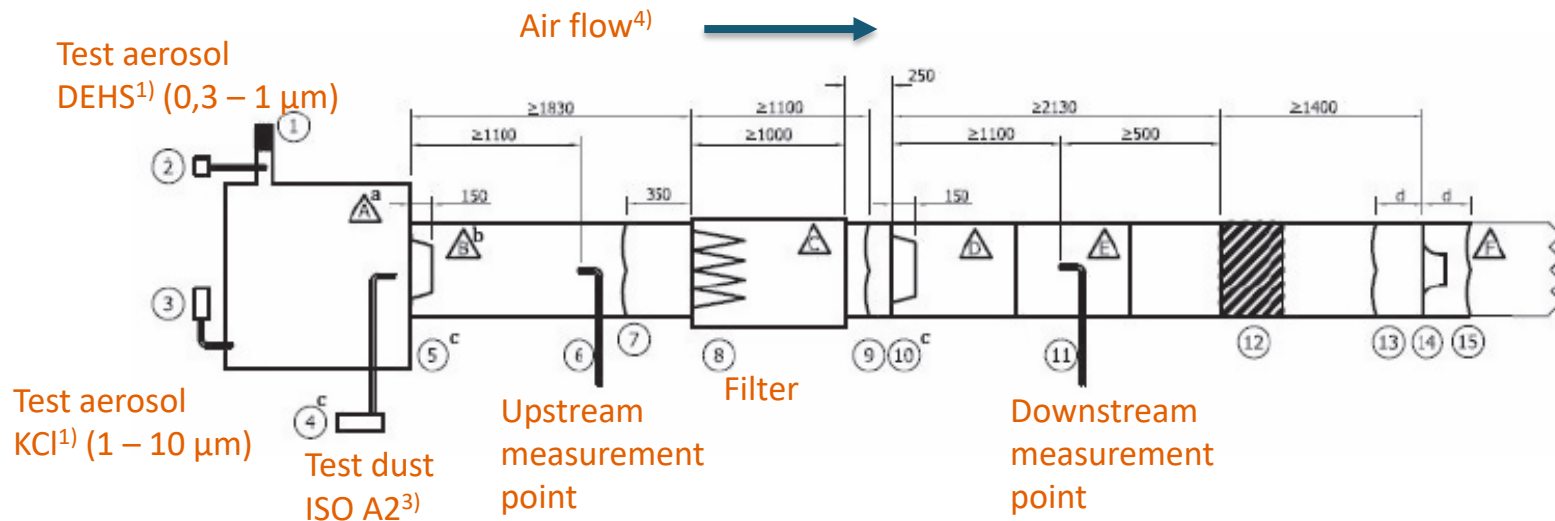
Ulkoilman laatu					
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA 1	M5+F7	F7	F7	F7	–
ODA 2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7	M5
ODA 3	F7 + F9	F7 + F7	M6 + F7	F7	F7

FS-konseptin
pääasiallinen
toiminta-alue

Mittaukset

- Laboratorio
- Kenttäkohteet

Testimenetelmä, SFS-EN ISO 16890-2



Myös läpäisevin hiukkaskoko (MPPS) mitattiin soveltaen standardia EN 1822/ISO 29463 korkean erotusasteen suodattimille (EPA, HEPA ja ULPA)

¹⁾ DiEthylHexylSebacate

²⁾ Potassium chloride

³⁾ Obligatory for ISO Coarse class, voluntary for classes ePM_x

⁴⁾ Air Flow 0,944 m³/s, air velocity 2,54 m/s or desired

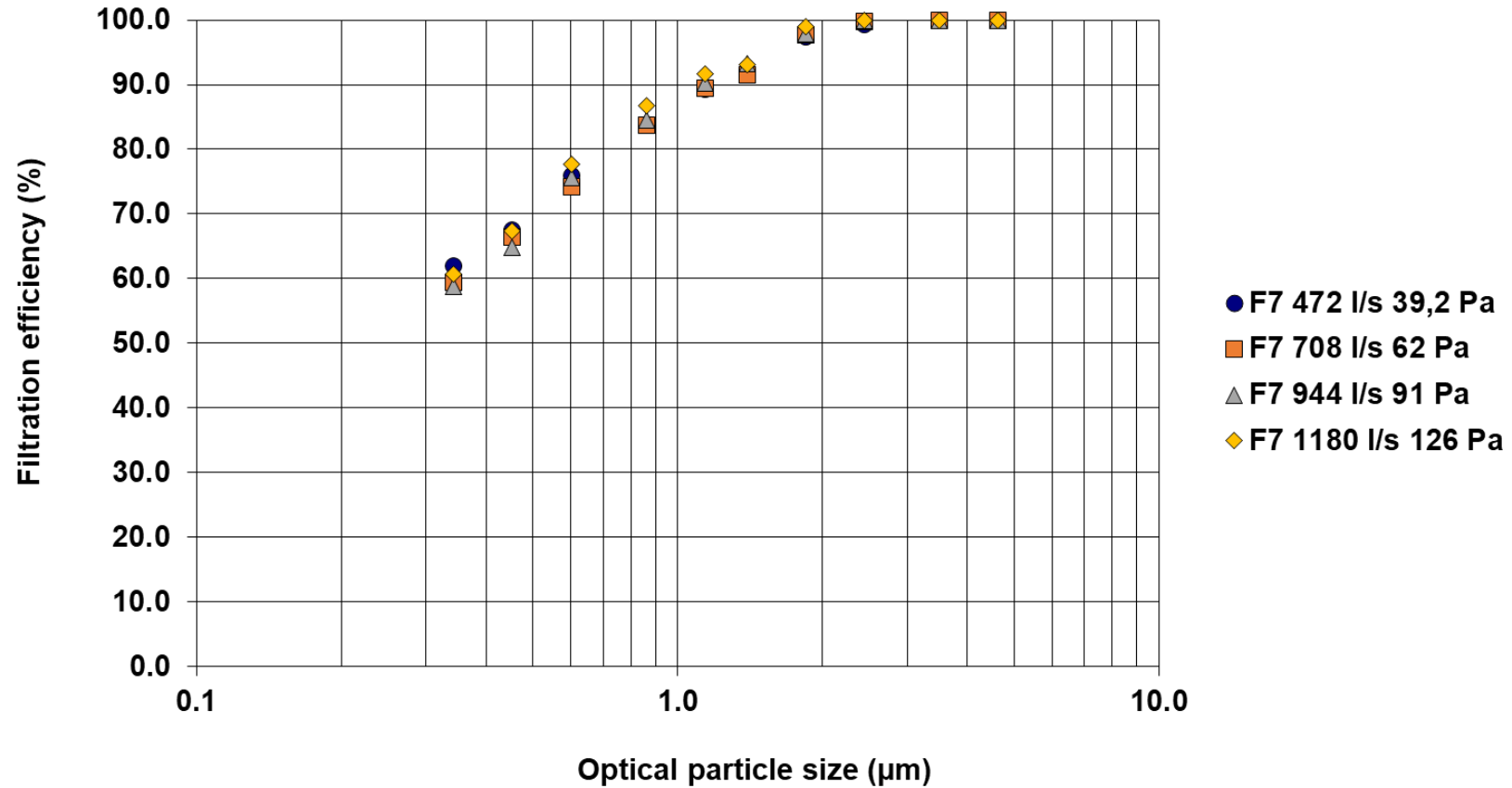
Näytteet

- Mekaaniset kuitusuodattimet
 - "M5": Camfil HFGX-M5-592/592/520-6-25 XLS
 - "F7": Camfil HFGX-F7-592/592/520-10-25 XLT
 - "F9": Camfil HFGX-F9-592/592/520-10-25 XLT
 - "E10": Camfil Absolute VGHF10-592X592X296-0P

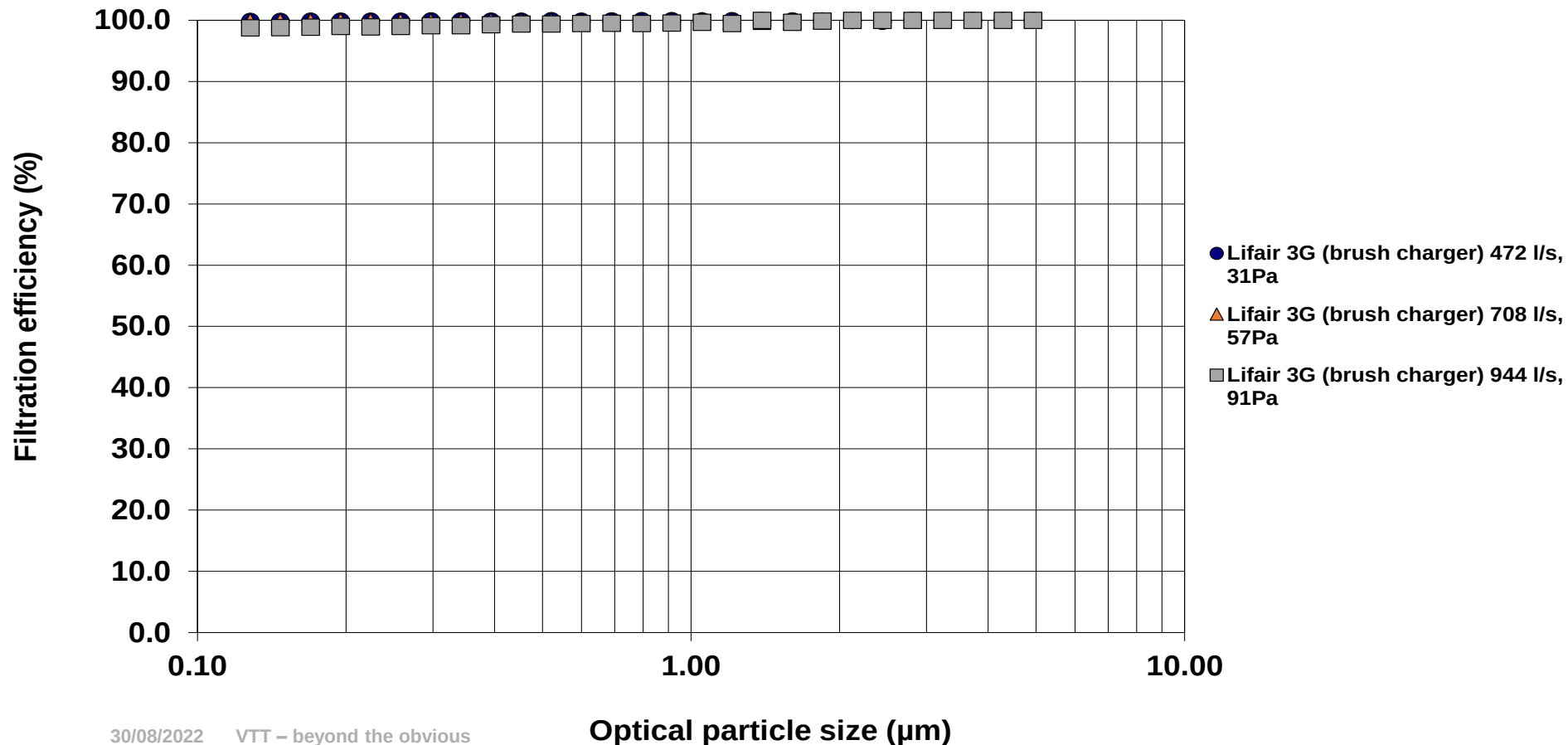
- Sähköavusteiset suodattimet
 - Lifa Air 3G: elektreetti ja aktiivihiili
 - Camfil F7 Citycarb: yhdistelmäsuodatin (aktiivihiili)

 - Jatkuvatoimiset hiukkasvaraajat suodattimien yhteydessä:
 - Lifa Air harjavaaraaja
 - ESP lankavaaraaja
 - Varaustaso samaa luokkaa, otsoniemiatio minimoitu

SFS-EN ISO 16890 F7



MPPS Lifair 3G (includes the brush charger)

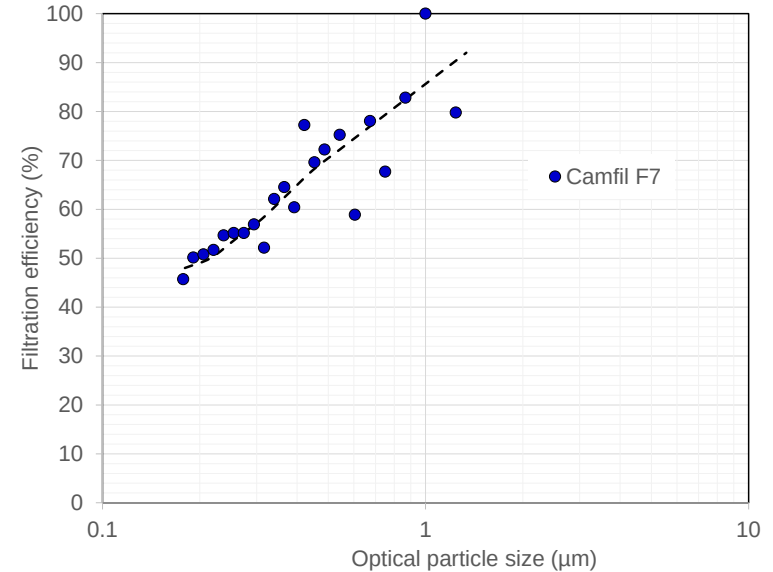
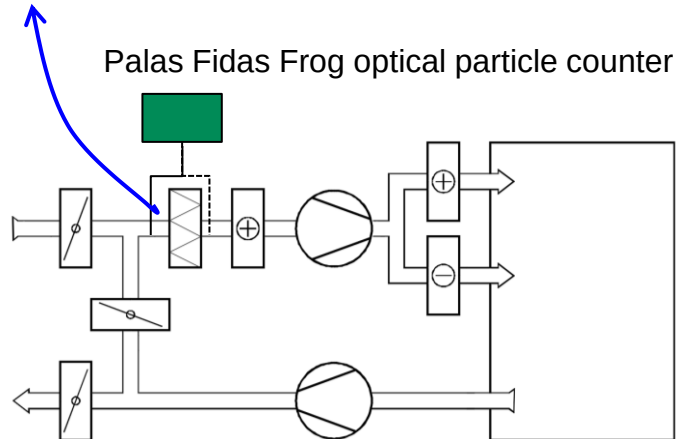


Yhteenvedo tuloksista

Ilmavirta 3400 m³/h (944 l/s)

Luokka	Suodatin	Painehäviö (Pa)	Erotusaste% koko 0,4µm	Erotusaste% koko 1µm	Erotusaste% koko 2,5µm
M5	Camfil F5 pussisuodatin	45	7	26	86
F7	Camfil F7 pussisuodatin	91	59	90	100
F7	Camfil F7 kompakti- kombisuodatin*	150	60	92	100
F7	Camfil F7 +varaaja kompaktikombisuodatin*	150	91	97	100
F9	Camfil F9 pussisuodatin	160	84	99	100
E10	Camfil E10 kompaktisuodatin	60	98	99	100
N.A.	Lifa 3G +varaaja kombipussisuodatin*	91	99	100	100
*) hiukkas- ja kaasusuodatin					

Suodattimen erotusasteen mittaus hankkeen koekohteessa





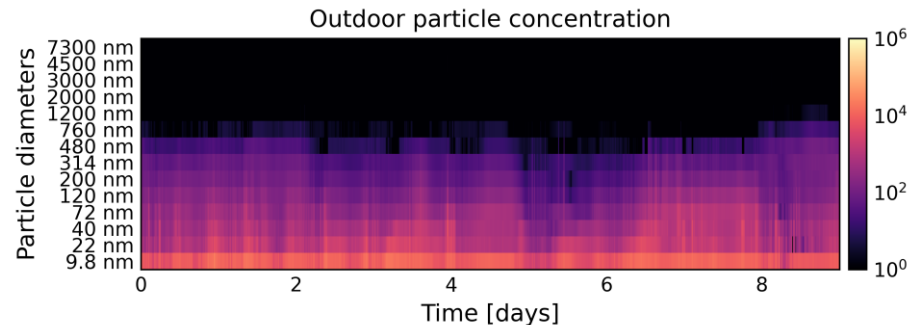
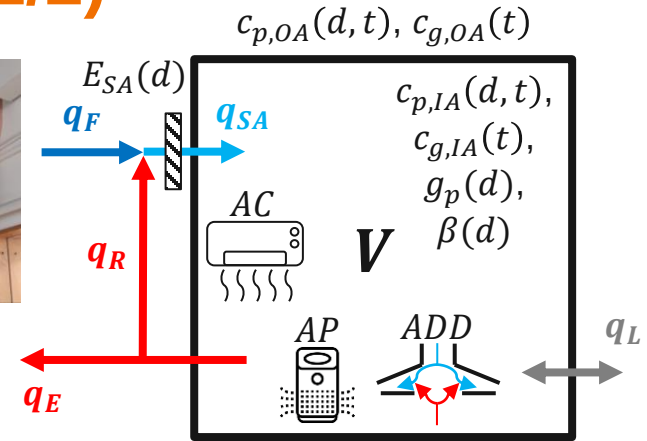
Suodattimen valinta & ilmansuodatus- konsepti

Esimerkki tuloilmasuodattimen valinnasta sisä/ulkosuhteen perusteella (1/2)

Laskentatyökalun hyödyntäminen (TP3, Niko Siilin)

Lähtötiedot / mittaukset (TP7):

- Tuloilmavirta: 338.4 m³/h
- Vuotoilmavirta: 19.0 m³/h
- Kiertoilmasuhde: 0.6
- Huoneen tilavuus: 66.0 m³
- Tuloilmansuodatusoptiot: G4, F7, F8, F9, E10 & HEPA
 - Suodattimien partikkelikoko-kohtaiset erotusasteet luetaan laskentaan taulukosta
- Ulkoilman hiukkaspitoisuusdata

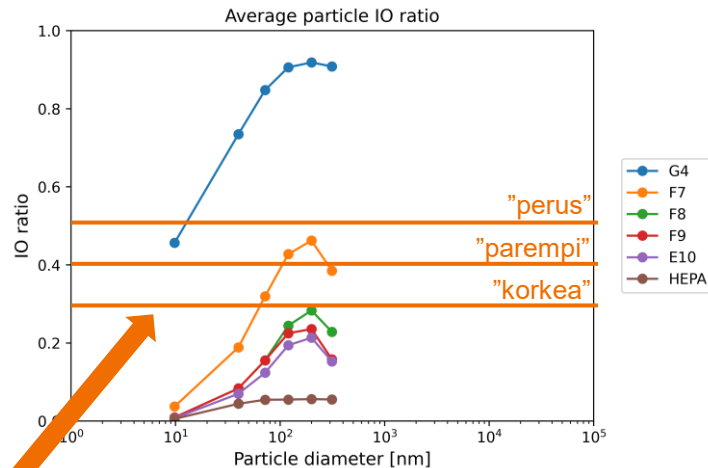


Esimerkki tuloilmasuodattimen valinnasta sisä-ulkosuhteen perusteella (2/2)

Keskimääräisten I/O-suhteiden vertailu eri tuloilmasuodatusoptioilla

Partikkelin halkaisija [nm]	IO-suhte					
	G4	F7	F8	F9	E10	HEPA
9.8	0.456	0.037	0.009	0.009	0.007	0.005
22.0	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf
40.0	0.735	0.189	0.083	0.083	0.070	0.044
72.0	0.848	0.319	0.155	0.155	0.124	0.054
120.0	0.906	0.427	0.244	0.225	0.194	0.055
200.0	0.918	0.462	0.283	0.235	0.213	0.056
314.0	0.908	0.385	0.228	0.158	0.152	0.055
> 480.0	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf

Laskettu tyypisillä erotusasteilla puhtaille suodattimille Kowalski and Bahnfleth (2014)



Palvelutaso läpäisevimmän hiukkaskoon perusteella:

- **"Perus"**: I/O = 0.5 => F7 / ePM1 50...65%
- **"Parempi"**: I/O = 0.4 => F8 / ePM1 65...90%
- **"Korkealuokkainen"**: I/O = 0.3 => F8/F9 / ePM1 80...90%

Sisäympäristöpalvelun ilmansuodatuskonsepti yleisellä tasolla

Lähtötiedot ja rajoitteet

- Käyttökohde
- Rakenteet
- Lämmitys/jäähdytys
- IV-järjestelmä
- Ulkoilman laatu
- Sisäilman laatu
- ...

Tavoitetason määrittäminen

- Sisäilman epäpuhtaudet
 - Hiukkaset
 - Kaasut
 - Mikrobit
- Sisäolosuhteet ja niiden pysyvyys
- Energiatohokkuus
 - Tarpeenmukaisuus

Epäpuhtauden

- I/O-suhde
 - pitoisuus huoneilmassa
- Muu tavoite (esim. hyötyyn sidottu)

Suunnittelu ja suorituskäytön arviointi

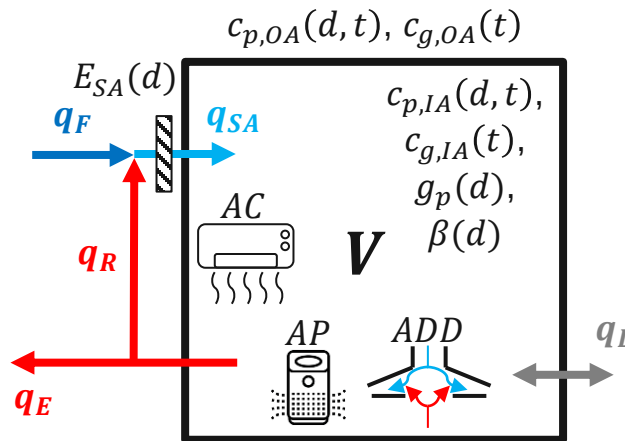
- Tuloilman suodatus
- Huoneilman suodatus
- Laskenta / mallinnus
- Mittaukset / kehittäminen
- Kustannukset
- Hyödyt

Ratkaisun valinta ja käyttöönotto

- Asennus
- Vastaanotto

Todentaminen ja seuranta

- Mittaukset
- Poikkeamat
- Huolto
- Viestintä, palaute



Yhteenveto ja jatkokehittäminen

- **Tuloilman hiukkassuodatuksen** keskittynyt konsepti
 - Painotus Future Spaces -kokonaispalvelun tarpeisiin ja kohdealueisiin
 - Siirtyminen mittauspainotteisuudesta pääosin laskentaan/mallinnukseen

- **Ominaisuuksien lisääminen** (vrt. TP3 laskentatyökalu)
 - Huoneilman suodatus/puhdistus (sisälähteet, terveysturvallisuus)
 - Tulo- ja huoneilman kaasumaisten epäpuhtauksien suodatus
 - Kustannus- ja hyötylaskennan kehittäminen (mm. energian käytön vuosikustannukset, terveys- ja tuottavuushyödyt)
 - Lisäkritterit: ultrapienet hiukkaset, keuhkocodepositioivat hiukkaset

bey⁰nd

the obvious

Hannu Salmela
Hannu.Salmela@vtt.fi
+358 40 760 0090

@VTTFinland
@your_account

www.vtt.fi