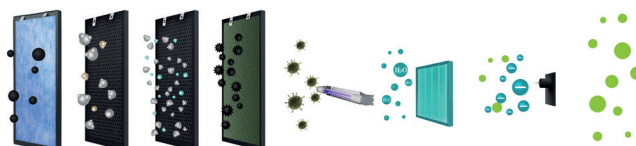




Testrapport fra Teknologisk institut Xsystems Pure Air Max UV art. no. 70701





Test af luftrensere

Rapport 925060 – version 2



TEKNOLOGISK
INSTITUT



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Test af luftrensere

Rapport 925060 – version 2



Udarbejdet for:

X Systems APS
Holmbladsvej 15
8600 Silkeborg

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

Maj 2020

Forfatter:

Stig Koust Hansen
Konsulent, Ph.d.

stko@teknologisk.dk +45 7220 1151

Kvalitetssikring:

Thomas Nørregaard Jensen
Konsulent, Ph.d.

tnje@teknologisk.dk +45 7220 3246.



Indholdsfortegnelse

1. Opgaven	4
2. Konklusion.....	4
3. Måleprotokol	5
4. Analysemetoder.....	7
4.1. Partikelantalskoncentration.....	7
4.2. Partikelmassekoncentration.....	7
4.3. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC).....	7
4.4. Ozon.....	7
4.5. Temperatur og relativ luftfugtighed.....	7
5. Resultater	7
5.1. Partikelantalskoncentration.....	7
5.2. Beregning af anbefalet rumstørrelse	8
5.3. Partikelmassekoncentration.....	8
5.4. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC).....	8
5.5. Ozon.....	8
5.6. Temperatur og relativ luftfugtighed.....	8
5.7. Strømforbrug	8
6. Anneks	9



1. Opgaven

Formålet med opgaven er at dokumentere effektiviteten af en luftrenser overfor partikler og flygtige organiske forbindelser (VOC). Målingerne udføres i et lukket, ikke-ventileret testkammer på 20 m³. Der måles på cigaretrøg via kontrolleret frigivelse af røg fra en rygerobot. Cigaretrøg er en god kilde til både partikler og VOC. Der foretages målinger ved højeste (niveau 4) og laveste hastighedstrin (niveau 1) på luftrenseren og hertil kommer en referencemåling på tilrøget testkammer med slukket luftrenser.

Luftrenserens effektivitet udtrykkes som *Clean Air Delivery Rate* (CADR), hvilket beregnes som beskrevet i metoden ANSI/AHAM AC-1-2015. CADR er et udtryk for den mængde ren luft, som luftrenseren kan levere i timen. For eksempel betyder en CADR-værdi på 100, at luftrenseren på en time leverer 100 m³ ren luft fri for den pågældende forureningskilde i det undersøgte måleområde. Der beregnes en CADR-værdi for hvert af de undersøgte hastighedstrin og forureningsparametre (partikelantal (PN), partikelmasse (PM) og VOC). Foruden effektivitetsmåling testes det, hvorvidt luftrenseren giver anledning til opbygning af ozon ved at måle ozonkoncentrationen i testkammeret i 24 timer med tændt luftrenser.

2. Konklusion

Luftrenserens effektivitet er undersøgt ved to forskellige hastighedstrin i et lukket testkammer på 20 m³ og i forhold til koncentration af partikelantal, partikelmasse og Total VOC. Effektiviteten ved hver indstilling er udtrykt i en CADR-værdi for hver forureningsparameter, se Tabel 1 nedenfor. Målingerne viser, at partikelreduktionen er 3-4 gange så effektiv på niveau 4 sammenlignet med niveau 1, og reduktionen af total VOC er ca. 50 % mere effektiv.

På baggrund af partikelantalsmålingen er den anbefalede rumstørrelse for luftrenseren beregnet til at være 8 m² for niveau 1 og 31 m² for niveau 4.

Ved ozontestens start blev der målt en baggrunds-ozonkoncentration på 35 ppb, hvilket er et typisk ozonniveau i udendørsluft.¹ Ved ozontestens afslutning, efter at luftrenseren havde været tændt i 24 timer, blev der målt en ozonkoncentration på 10 ppb. Dermed vurderes det, at luftrenseren ikke giver anledning til opbygning af ozon.

Tabel 1: Samlet overblik for resultaterne fra effektivitets-test

Luftrenser – indstilling	CADR (m ³ /time)			Anbefalet rum- størrelse ² i m ²
	Partikelantal	Partikelmasse	Total VOC	
Niveau 1	96	126	13	8
Niveau 4	376	380	19	31

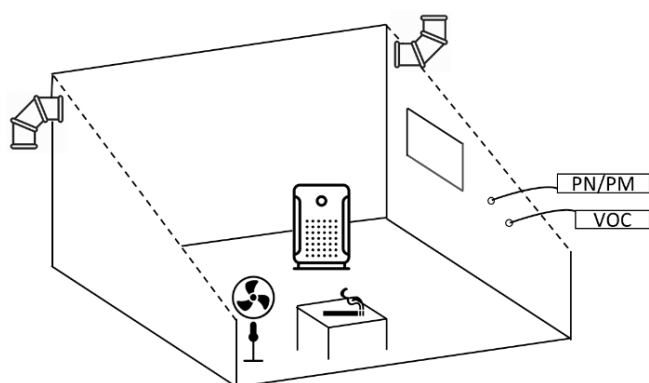
¹ Aarhus Universitet – Luftkvalitetsmålinger i Århus. <https://envs2.au.dk/Luftdata/Presentation/Graph/Aarhus>

² Antaget loftshøjde på 2,5 m.



3. Måleprotokol

Alle testene blev gennemført i et tillukket, ikke-ventileret 20 m³ testkammer. Væggene er dækket med teflon for at minimere adsorption af partikler og gasser på kammervæggene. Testkammeret er lufttæt og derfor egnet til test af luftrensereffektivitet (se Figur 1).



Figur 1. Skematisk oversigt over testopstilling, samt billede af opstilling taget inde fra testkammeret.

Testen af luftrenseren foregår efter følgende protokol (se desuden oversigt i Figur 2):

- Testkammeret rengøres og ventileres grundigt.
- Ventilationen i rummet stoppes og måleinstrumenter tilkobles kammeret.
- I testkammeret opstilles luftrenseren (slukket), gulventilator og rygerobot. Enhederne fjernstyres (tænd/sluk) udenfor testkammeret.
- Gulventilator tændes (laveste niveau og drejende frem og tilbage). Denne sikrer en homogen opblanding af partikler i testkammeret.
- Baggrundsniveau måles i minimum 10 minutter.
- Rygefasen faciliteres af en rygerobot, som kontrolleret ryger en cigaret (rød Marlboro) over periode på cirka 7 minutter.
- Efter rygefasen opblandes luften i testkammeret i yderligere 5-10 minutter for at sikre stabilt og ensartet udgangspunkt for hver test.
- Når passende koncentration af partikler og gasser opnås, starter renseperioden.
- Renseperioden startes ved at luftrenseren tændes og koncentrationen af PN, PM og TVOC logges fortsat kontinuert. Renseperioden har en varighed på 30 minutter.
- Herefter ventileres testkammeret grundigt, inden forsøget gentages ved en anden indstilling på luftrenseren.



Referencemåling:

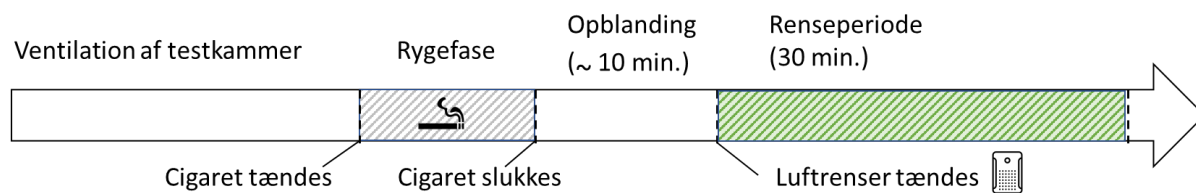
For at karakterisere det naturlige henfald af partikler og gasser i testkammeret foretages en test magen til beskrivelsen ovenfor, med den undtagelse at luftrenseren ikke er tændt under renseperioden. Koncentrationen af partikelantal, partikelmasse og VOC måles kontinuert under hele testen.

Beregning af CADR-værdi³:

Der udregnes en separat CADR-værdi for hver forureningsparameter, for hver af de undersøgte indstillinger på luftrenseren. Det giver således i alt 6 CADR-værdier (se Tabel 1). Denne fremgangsmåde giver et godt indblik i luftrenserens samlede ydeevne, da luftrenseren kan have forskellig effektivitet overfor forskellige forureningsparametre. CADR-værdien beregnes ud fra koncentrationsprofilerne over tid i renseperioden med udgangspunkt i de respektive eksponentielle henfaldskonstanter.

Beregning af anbefalet rumstørrelse⁴:

Den anbefalede rumstørrelse for luftrenseren beregnes for hvert hastighedstrin baseret på CADR-værdien for partikelantal. Der regnes med en loftshøjde på 2,5 m.



Figur 2: Oversigt over protokol for test af luftrenser

³ Beregning ifølge "ANSI/AHAM AC-1-2015", afsnit 8.2 – 8.4.

⁴ Beregning ifølge "ANSI/AHAM AC-1-2015", Annex E: derivation of effective room size.



4. Analysemetoder

4.1. Partikelantalskoncentration

Partikelantalskoncentration blev målt kontinuerligt med en "Condensation Particle Counter" CPC (model 3007, TSI Inc). Instrumentet tæller partikler i størrelsesintervallet 10-1000 nm (0.01-1 μm) med en tidsopløsning på 10 sekunder.

4.2. Partikelmassekoncentration

Partikelmassekoncentration blev målt kontinuerligt med en DustTrak DRX (model 8533, TSI Inc.). Instrumentet måler partikelmasse i størrelsesområdet ~ 0.1 -15 μm og i koncentrationsområdet 0.001-150 mg/m^3 . Apparatet måler i størrelsesfraktionerne PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_4 , PM_{10} og PM_{total} med en tidsopløsning på 10 sekunder. Massebestemmelsen er baseret på laserdiffraktion.

4.3. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC)

Målinger af den totale koncentration af flygtige organiske forbindelser (Total VOC) blev udført med en Tiger VOC Detector fra ION Science. Instrumentet måler VOC-koncentration ved brug af fotoioniserings (PID)-teknologi i området fra 0 til 20.000 ppm med en sensitivitet på 0.001 ppm. Der er målt med en tidsopløsning på 10 sekunder.

4.4. Ozon

Ozon-koncentrationen er kontinuert blevet målt med en Teledyne API Ozone Analyzer model 430. Instrumentet kan måle ozon-koncentration i området fra 0 – 20 000 ppb (20 ppm) med en præcision på 0.5 ppb og en nedre detektionsgrænse på 2 ppb. Der er målt med en tidsopløsning på 10 sekunder.

4.5. Temperatur og relativ luftfugtighed

Temperatur og luftfugtighed i testkammeret er målt med USB data logger (MC USB-500/600 Series) med et målepunkt hver 5. minut.

5. Resultater

5.1. Partikelantalskoncentration

Luftrensertesten (renseperioden) er startet ved en partikelantalskoncentration på cirka 300.000 partikler/ cm^3 . Der er målt en CADR-værdi på 96 m^3/time for niveau 1 og 376 m^3/time for niveau 4.



5.2. Beregning af anbefalet rumstørrelse

På baggrund af partikelantalsmålingen er den anbefalede rumstørrelse for luftrenseren beregnet til at være 8 m² for niveau 1 og 31 m² for niveau 4.

5.3. Partikelmassekoncentration

Luftrensertesten (renseperioden) er startet ved en partikelmassekoncentration på cirka 1 mg/m³. Der er målt en CADR-værdi på 126 m³/time for niveau 1 og 380 m³/time for niveau 4.

5.4. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC)

Luftrensertesten (renseperioden) er startet ved en Total VOC-koncentration på cirka 0,4 ppm. Der er målt en CADR-værdi på 13 m³/time for niveau 1 og 19 m³/time for niveau 4.

5.5. Ozon

Ved ozontestens start blev der målt en ozonkoncentration på 35 ppb, hvilket er et typisk ozonniveau i udendørsluft. Ved ozontestens afslutning, efter at luftrenseren havde været tændt i 24 timer, blev der målt en ozonkoncentration på 10 ppb. Dermed vurderes det, at luftrenseren ikke giver anledning til ophobning af ozon.

5.6. Temperatur og relativ luftfugtighed

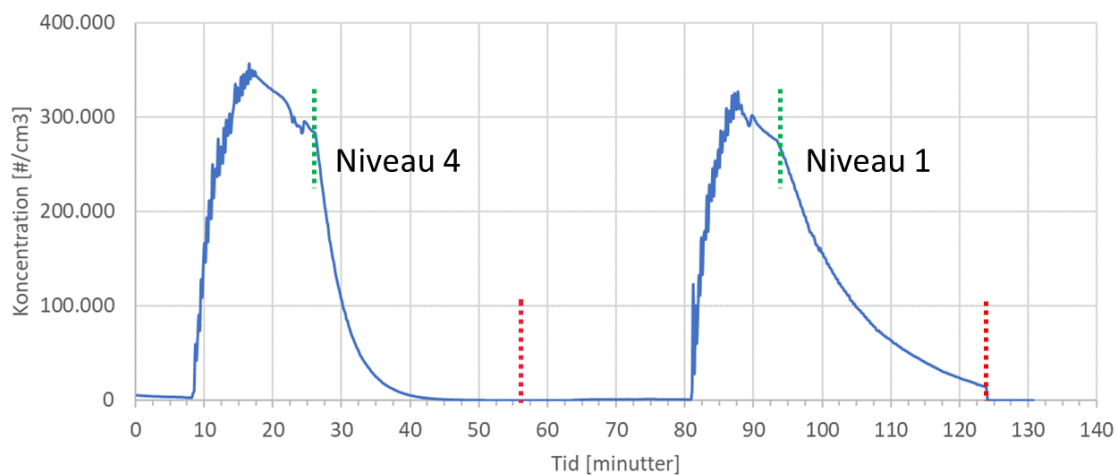
Den gennemsnitlige temperatur i testkammeret under forsøgene var 21,9°C (±0,1 °C). Den gennemsnitlige relative luftfugtighed var 32,2 %RH (±1,3 %RH).

5.7. Strømforbrug

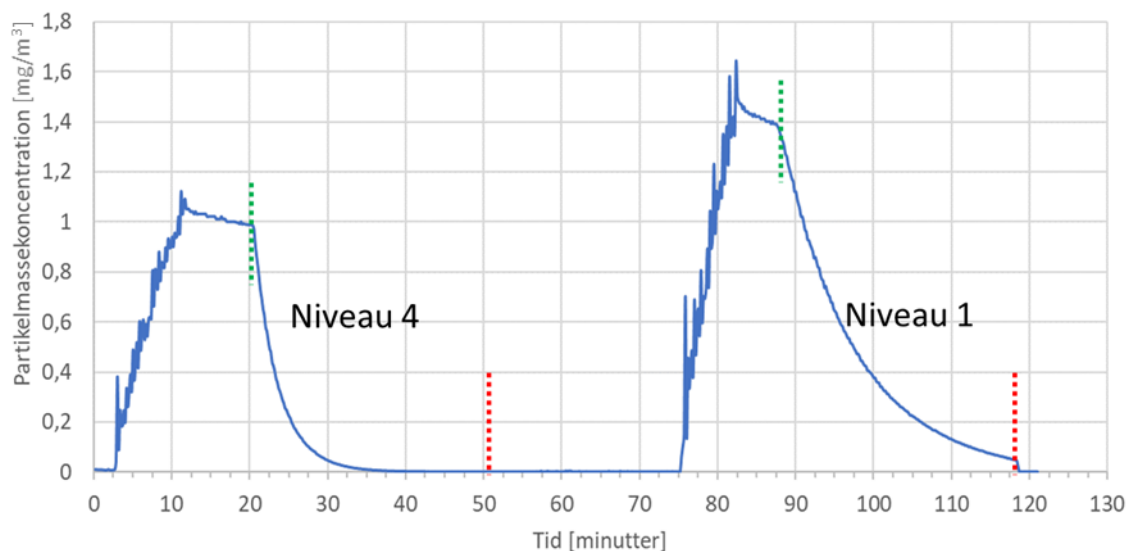
Den målte effekt var 13 W for niveau 1 og 63 W for niveau 4.



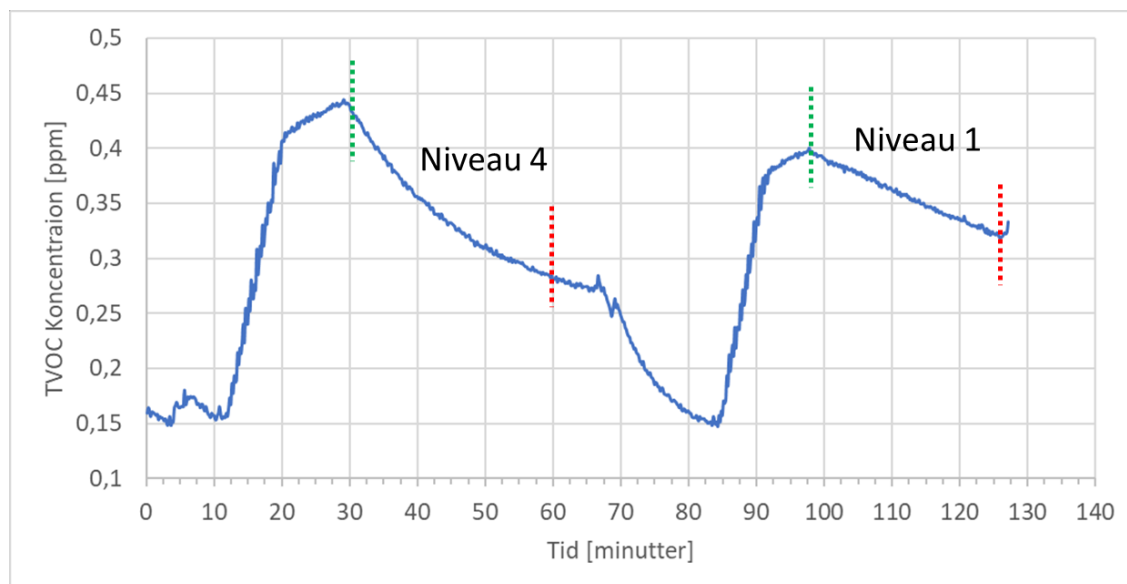
6. Anneks



Figur 3: Udvikling af partikelantalskoncentration over tid for niveau 4 og 1. De grønne stiplede linjer angiver starten på renseperioden, hvor luftrenseren tændes. De røde stiplede linjer angiver slutningen på renseperioden af 30 minutters varighed.



Figur 4: Udvikling af partikelmassekoncentration over tid for niveau 4 og 1. De grønne stiplede linjer angiver starten på renseperioden, hvor luftrenseren tændes. De røde stiplede linjer angiver slutningen på renseperioden af 30 minutters varighed.



Figur 5: Udvikling af TVOC-koncentration over tid for niveau 4 og 1. De grønne stiplede linjer angiver starten på renseperioden, hvor luftrenseren tændes. De røde stiplede linjer angiver slutningen på renseperioden af 30 minutters varighed.



TEKNOLOGISK
INSTITUT