

Verslag testresultaten van ESP100 en ESP600

////////////////////////////////////
Datum verslag: 25/11/2019

Door: Ilse Tepas

////////////////////////////////////

1 Inhoud

1	Inhoud	2
2	Inleiding.....	4
2.1	Achtergrond	4
2.2	Doel van de praktijktesten	4
2.3	Beschrijving luchtzuiveringssysteem.....	5
3	ESP100 – Tests hypothese.....	6
3.1	Filterefficiëntie	6
3.2	Ozonconcentratie.....	6
3.3	Duurzaamheid van fotokatalytische coating in geïoniseerde omgeving	6
4	ESP100 – Methode.....	7
4.1	Filterefficiëntie	7
4.2	Ozonconcentratie.....	7
4.3	Duurzaamheid van fotokatalytische coating in geïoniseerde omgeving	8
5	ESP100 – Apparatuur	10
6	ESP100 – Resultaten.....	11
6.1	Filterefficiëntie	11
6.2	Ozonconcentratie.....	11
6.3	Duurzaamheid van fotokatalytische coating in geïoniseerde omgeving	12
7	ESP100 – Discussie en leerpunten voor de ESP600	13
7.1	Filterefficiëntie	13
7.2	Ozonconcentratie.....	13
7.3	Duurzaamheid van foto katalytische coating in geïoniseerde omgeving	14
8	ESP600 – Test Hypothese.....	15
8.1	Efficiëntie	15
8.2	Temperatuur	15
8.3	Debiet.....	15
9	ESP600 - Methode.....	16
9.1	Filterefficiëntie	16
9.2	Temperatuur	16
9.3	Debiet.....	16
10	ESP600 - Apparatuur	17

PROJECT ZUIVERE LUCHT (ZULU)

11	ESP600 – Resultaten.....	18
11.1	Filterefficiëntie	18
11.2	Temperatuur	18
11.3	Debiet.....	19
12	ESP600 – Discussie en leerpunten	19
12.1	Filterefficiëntie	19
12.2	Temperatuur	19
12.3	Debiet.....	19

2 Inleiding

2.1 Achtergrond

Luchtvervuiling is een ernstig probleem met grote gevolgen voor de gezondheid. Vooral in dichtbevolkte, economisch zeer waardevolle en industriële gebieden komen frequent alarmerende concentraties voor. Aangezien ongeveer de helft van deze vuile lucht kan toegeschreven worden aan verkeer, is een goede luchtkwaliteit van bijzonder belang voor de grensregio Vlaanderen-Nederland als draaischijf voor transport in Europa. Gezien het van nature grensoverschrijdende karakter van luchtvervuiling, kunnen oorzaak en gevolg ook niet meteen aan één land gelinkt worden.

De jaarlijkse gezondheidskosten van een slechte luchtkwaliteit in Europa worden geschat op ongeveer € 1,5 miljard. De Europese richtlijn 2008/50/EG wijst dan ook op de noodzaak om verontreiniging en hinder te verminderen tot niveaus waarbij de schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid, en voor kwetsbare bevolkingsgroepen in het bijzonder, zo gering mogelijk zijn. Door de demografische evolutie in de grensregio Vlaanderen-Nederland ontstaat er – vooral in stedelijk gebied – een toenemende behoefte aan voorzieningen als kinderdagverblijven, scholen, serviceflats en rust- en verzorgingsinstellingen. De mensen die hier verblijven (kinderen ouderen, chronisch zieken) hebben echter een verhoogde gevoeligheid voor de impact van slechte luchtkwaliteit.

Brongerichte maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren zijn vanzelfsprekend het belangrijkste, maar deze werken slechts op de lange termijn. Daarom is het voor de korte termijn nodig om kwetsbare groepen extra te beschermen tegen luchtverontreiniging. Eén van de mogelijke maatregelen om de binnenluchtkwaliteit in deze voorzieningen te verbeteren is luchtzuivering. Kwetsbare groepen, zoals kinderen en jongeren, bejaarden of personen met een kwetsbaar immuunsysteem kunnen blijvende lichamelijke schade ondervinden van langdurige blootstelling aan verontreinigde lucht. In dat verband wordt een toename van chronische luchtwegklachten en hart- en vaatziekten geregistreerd. Door luchtzuiveringstechnologie toe te passen kan deze impact gemitigeerd worden.

Bestaande luchtzuiveringstechnologieën gebruiken meestal mechanische filtratie. Deze technologie kan enkel grotere partikels opvangen, maar geen ultrafijn stof of gasvormige pollutanten zoals vluchtige organische stoffen (VOS) en mono-stikstofoxiden (NOx). Bovendien worden de partikels niet vernietigd, waardoor het probleem wordt verplaatst en frequent onderhoud of vervanging van onderdelen nodig is. Het toepassen van een beloftevolle nieuwe technologie, plasmakatalyse, kan leiden tot een duurzamer en efficiënter alternatief. Plasmakatalyse combineert plasma met een katalysator, wat leidt tot synergetische resultaten. Het plasma geeft een lading aan de moleculen in de lucht die door de reactor passeren, en breekt de pollutanten deels af. Het fijnstof en de geladen deeltjes worden aangetrokken op een collectorelektrode. Door een katalysator op de collectorelektrode te coaten wordt het gecollecteerde materiaal verder afgebroken tot bouwstenen als H₂O, CO₂, O₂ en N₂. Dit betekent dat vorming van bijproducten wordt vermeden.

Een grensoverschrijdende samenwerking naar de haalbaarheid en toepassingsmogelijkheden van deze technologie, kan zorgen voor nieuwe marktklare oplossingen die leiden tot een betere binnenluchtkwaliteit in voorzieningen voor kwetsbare groepen.

2.2 Doel van de praktijktesten

Het algemeen doel van het zuiverlucht project is het optimaliseren en marktklaar maken van innovatieve luchtzuiveringstechnieken gebaseerd op de plasmatechnologie om deze toe te passen op installaties die de

impact mitigeren van schadelijke buitenlucht op de binnenluchtkwaliteit in voorzieningen voor kwetsbare groepen.

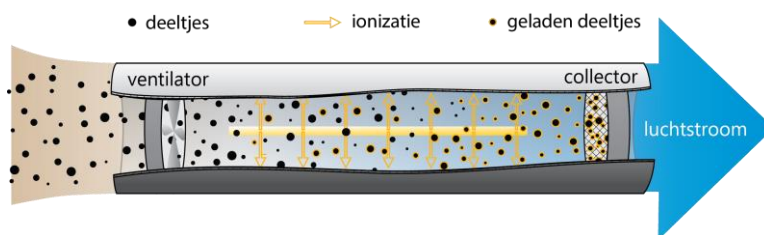
Deze rapportage gaat over de deeldoelstelling van het project:

- Demonstratie en analyseren van de technologie in een labomgeving. Het doel hiervan is om 'proof of concept' te verkrijgen alsmede te bepalen welke vorm collectorelektrode het beste geschikt is om met een katalysator te coaten. Specifiek zullen getest worden als gecoate collectorelektrode: het interne oppervlak van de ionisatiebuis van het VFA-luchtzuiveringssysteem, het oppervlak van de platen in een electrostatic precipitator (ESP) of een combinatie van beide.

2.3 Beschrijving luchtzuiveringssysteem

Het innovatieve luchtzuiveringssysteem bestaat uit een nieuw innovatief te ontwikkelen product waarin meerdere functionaliteiten aanwezig zijn t.o.v. huidige VFA-producten.

Het bestaande VFA-luchtzuiveringssysteem, namelijk de ASPRA, ioniseert de luchtvervuiling in de lucht en vangt de luchtvervuiling vervolgens via een kunststof elektrostatic filter (collector) af.



UA heeft een plasmakatalyse technologie (fotokatalytische techniek), waarbij filter platen of systeemoppervlakten worden gecoat (met titaandioxide/TiO₂) en met UV worden belicht.

Hierbij vindt een oxidatieve omzetting plaats, waarbij roetdeeltjes en andere (al dan niet vluchtige) organische koolstofverbindingen in meer of mindere mate worden omgezet naar CO₂ en H₂O. Afhankelijk van hoe de ladingen gaan doorwerken, kan ook sprake gaan zijn van een plasmakatalytische werking, waardoor het effect groter kan zijn dan de gesommeerde werking van beide systemen.

In dit project zal een ESP, TiO₂ en UV toegepast en geïntegreerd worden met de VFA-technologie, namelijk enkel de ionisatiesectie van het ASPRA luchtreinigingssysteem. Dat houdt in dat in beginsel de kunststof filters zijn niet meer van toepassing en zullen enkel overwogen worden om alsnog achter de reeds te ontwikkelen ESP te blijven indien gewenste filtratie efficiëntie blijkt niet haalbaar te zijn. Het kernonderzoek zal focussen op het ontwerpen van de ESP, de ionisatie sectie en integratie van de lichtbron(en) en het effectief aanbrengen van de TiO₂ coating.

3 ESP100 – Tests hypothese

De ESP100 is ontwikkeld met als doel ‘proof of concept’ te verkrijgen. De ionisatietechnologie van VFA Solutions wordt in de vorm van een ESP op verschillende manieren gecombineerd met een fotokatalytische coating en UV lampen om de optimale toepassingsmethode te vinden. Elke combinatie krijgt in onderstaande tabel een nummer toegewezen. Elke combinatie wordt op verschillende parameters getest om te bepalen welke het beste presteert.

	Gewone ASPRA ionisatie sectie (ongecoat)	Fotokatalytische ionisatie sectie (TiO2 gecoate buis)
Ongecoate ESP sectie	Combinatie 1.1	Combinatie 1.2
Fotokatalytische ESP sectie	Combinatie 1.3	Combinatie 1.4

3.1 Filtefficiëntie

De theoretische efficiëntie van de ESP is vastgesteld op 71% bij een luchtbehandeling van 100 m³/h. Deze efficiëntie wordt tijdens de labtesten geverifieerd. Dit zal inzicht geven in de validiteit van het theoretische efficiëntie model van een ESP. Zo nodig kan het model worden aangepast zodat de benodigde dimensies van een ESP voor de behandeling van 1000 m³/h kunnen worden bepaald.

3.2 Ozonconcentratie

Het is belangrijk dat de ozonconcentratie laag blijft. De ozonconcentratie die wordt gemeten als de ESP aan staat, wordt vergeleken met de ozonconcentratie die wordt gemeten als de ionisatiebuis (met bepaalde instellingen) aan staat. Als de ESP-ozonconcentratie lager is dan de ozonconcentratie van de ionisatiebuis, voldoet de ESP.

3.3 Duurzaamheid van fotokatalytische coating in geïoniseerde omgeving

Voor de werking van het VFA-luchtzuiveringssysteem en de ESP, is het belangrijk dat de elektroden elektrisch geleiden. VFA kan niet testen of de coating nog steeds een bepaalde mate van fotokatalyse behoudt, dit kan enkel door UA getest worden. VFA zal de weerstand van de coating testen, omdat dit invloed heeft op de ionisatie. Verwacht wordt dat de ionisatie minimaal tot geen invloed op de weerstand heeft.



Afb.1 Filtefficiëntie

3.4 Afbraak van vluchtige organische componenten (VOCs)

De ESP100 is een nieuw type luchtzuiveringssysteem waarbij electrostatische precipitatie wordt gekoppeld aan fotokatalyse. Door fotokatalyse te koppelen aan de werking van de ESP is de ESP in staat zowel fijnstof als VOCs uit de binnenlucht te verwijderen. De efficiëntie van deze VOC-afbraak wordt getest in een klimaatkast.

3.5 Afbraak van fijnstof

Een voordeel aan het koppelen van fotokatalyse aan electrostatische precipitatoren is dat het fijnstof dat wordt afgevangen chemisch verwijderd wordt. Op deze manier hoeft het fijnstof niet mechanisch verwijderd te worden zoals dat moet in traditionele ESP toestellen. De afbraaksnelheid van fijnstof wordt getest in een testopstelling waarbij de condities dat de fotokatalytisch gecoate ESP-collectorplaten ondervinden in de ESP100 worden nagebootst.

ESP100 – Methode

3.6 Filterefficiëntie

De filterefficiëntie voor deeltjes wordt bepaald door continue buitenlucht door de filterunit te blazen, en zowel voor als na de filterunit de deeltjesconcentratie te meten. De testsetup zoals getoond in afb.1 wordt hiervoor gebruikt.

Rechtsboven wordt de opstelling verbonden met de buitenlucht. De buitenlucht wordt naar binnen getrokken door een instelbare ventilator. Dan worden na enkele meters de deeltjes geteld met een P-Trak Ultrafine Particle Counter 8525. Door een aantal meters na de ventilator te tellen, is er een meer homogene verdeling van de deeltjes wat de meting nauwkeuriger maakt. Onderaan de foto in de opstelling wordt de unit geplaatst. Dan wordt weer enkele meters verder met een tweede P-Trak de uitgaande deeltjes geteld. Als laatste gaat de behandelde lucht door de Airflow Instruments Prohood Capture Hood PH721, hier wordt het debiet vastgesteld.

De efficiëntie zal worden gemeten tijdens 4 verschillende debieten en in 4 verschillende configuraties:

- 1) met de ESP aan en de ASPRA ionisatiesectie aan,
- 2) de ESP aan en de ASPRA ionisatiesectie uit,
- 3) de ESP uit en de ASPRA ionisatie uit, en
- 4) zowel de ESP als de ASPRA ionisatiesectie aan.

De efficiëntie testen worden uitgevoerd met 2 variaties van de ionisatiesectie:

- a) Gewone / oorspronkelijke ASPRA ionisatiesectie (ongecoat)
- b) fotokatalytische ASPRA (TiO₂ gecoate ionisatiesectie)

Elke meting wordt 3 keer herhaald om een gemiddelde efficiëntie te verkrijgen.

3.7 Ozonconcentratie

Tevens wordt de ozonconcentratie na elke filter efficiëntie test gemonitord en gedocumenteerd. Dit gebeurt op dezelfde plek als de tweede P-Trak in de test opstelling.

De ozonconcentratie zal worden gemeten tijdens 4 verschillende debieten en in 4 verschillende configuraties:

Afb.3. Filterefficiëntie
...

- 1) met de ESP aan en de ASPRA aan,
- 2) de ESP aan en de ASPRA uit,
- 3) de ESP uit en de ASPRA uit, en
- 4) zowel de ESP als de ASPRA aan.

De ozon testen worden uitgevoerd met 2 variaties van de ionisatiesectie:

- a) Gewone / oorspronkelijke ASPRA ionisatiesectie (oncoated)
- b) **fotokatalytische ASPRA (TiO₂ gecoatete ionisatiesectie)**

Elke meting wordt 3 keer herhaald om een gemiddelde concentratie te verkrijgen.

3.8 Duurzaamheid van fotokatalytische coating in geïoniseerde omgeving

De elektrische weerstand en hechting van de fotokatalytische coating op de ionisatie buis en de ESP platen worden gemonitord gedurende de andere tests. De coating wordt blootgesteld aan 'single pass' buitenlucht en recirculatie van binnenlucht. De invloed van gebruik over langere perioden zal hiermee worden vastgesteld.

De weerstand wordt gemeten door zowel voor de gearde platen als de fase platen door met een krokodillenbek contacten te klemmen op de eerste plaat en de laatste plaat in het aansluitschema en vervolgens met een multimeter de weerstand te meten. Dit gebeurt voor en na de metingen.

3.9 Afbraak van vluchtige organische componenten (VOCs)

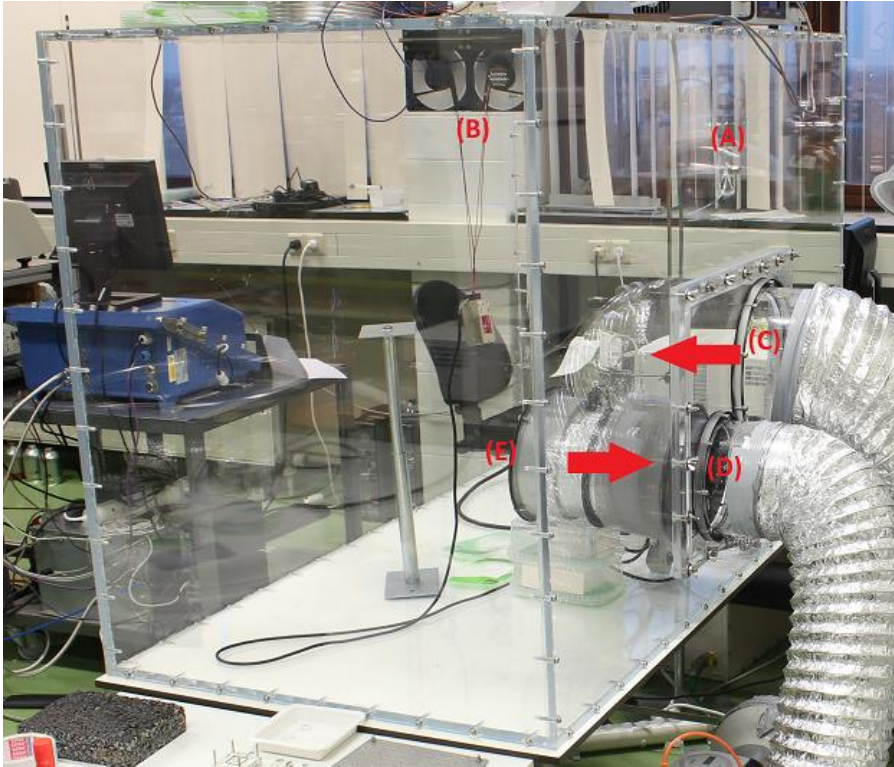
De VOC-afbraak wordt uitgedrukt in een Single Pass Removal Efficiency, dit is het verwijderingspercentage van de geteste VOC-concentratie bij één passage door de ESP100. De gebruikte testopstelling is opgebouwd uit een klimaatkast, gebouwd volgens de AFNOR XP B44-013 standaard, gekoppeld aan een gaschromatograaf met FID detector (GC-FID, Compact GC 4.0 G.A.S.). Er wordt gewerkt met de ASPRA zonder fotokatalytische coating.

Afb.2 geeft de gebruikte testopstelling weer. In het septum (A) wordt een gekende hoeveelheid acetaldehyde geïnjecteerd in de klimaatkast. Door de vluchtigheid van acetaldehyde wordt deze hoeveelheid direct vervluchtigd. Ventilator (B) verzekert een homogene menging van de vervluchtigde acetaldehyde. Ventilator (E) zuigt de lucht met acetaldehyde uit de klimaatkast aan. Flexibel (D) is verbonden met het ionisatiegedeelte, en dus de ingang, van de ESP100. De lucht passeert zo door de reactor, aan de uitgang en via flexibel (C) komt de lucht terug de klimaatkast binnen. Na de injectie wordt de acetaldehydeconcentratie twee uur lang geobserveerd, zonder dat het luchtzuiveringssysteem aan staat, om het lekverlies te testen. Als dit lekverlies verwaarloosbaar is wordt het experiment gestart en kan de luchtzuiveringsreactor ingeschakeld worden.

Er wordt gewerkt met drie verschillende instellingen:

- 1) ESP/ASPRA aan + UV lampen aan → gecombineerde werking ESP en fotokatalyse;
- 2) ESP/ASPRA aan + UV lampen uit → enkel werking ESP;
- 3) ESP/ASPRA uit + UV lampen aan → enkel werking fotokatalyse.

Op deze manier kunnen de invloeden van electrostatische precipitatie en fotokatalyse op elkaar bestudeerd worden. De GC-FID neemt om de 4 minuten een staal van de lucht in de klimaatkast en bepaalt de concentratie acetaldehyde.



Afb 2. Testopstelling VOC afbraak

3.10 Afbraak van fijnstof

De afbraak van fijnstof wordt getest door een fotokatalytisch gecoate ESP collectorplaat artificieel te voorzien van fijnstof/roet. Dit plaatje wordt blootgesteld aan de lichtcondities die het zou ondergaan in de ESP100. Hiervoor werd eerst een COMSOL model van de ESP100 opstelling opgesteld. Op deze manier kon de gemiddelde UV-intensiteit die de collectorplaten ontvangen in de ESP100 berekend worden, deze bedroeg $9,8 \text{ W/m}^2$. De UV lamp (Sylvania blacklight blue F8W/BLB TS - 385nm) gebruikt in de opstelling wordt op 3 cm van het de collectorplaat geplaatst zodat deze een UV-intensiteit van 9.8 W/m^2 ontvangt. De UV-intensiteit werd getest met een fotometer (Avantes Avaspec-3648-USB2).

Op bepaalde tijdstippen wordt een foto genomen van de bevuilde collectorplaat. Via de software ImageJ wordt bij elke foto een bepaling gedaan van de L^* -waarde; dit is een waarde tussen 0 en 100 die de lichtheid/donkerheid van een staal weergeeft. Hierbij is 0 volledig zwart en 100 volledig wit. De bevuilde collectorplaat zal initieel dus een lage L^* waarde vertonen, na blootstelling aan UV licht zou de L^* waarde moeten stijgen omdat het fijnstof op de plaat geoxideerd worden en het staal lichter wordt.

Om de collectorplaat artificieel te voorzien van fijnstof/roet wordt 2,5 mg roet opgelost in 3 ml methanol. Deze oplossing wordt gedurende 1 uur in een ultrasoon bad geplaatst om homogene menging te verzekeren. De oplossing wordt op een voorzichtige manier op de gecoate collectorplaat gedruppeld zodat het de methanol-roetoplossing evenredig over het plaatje wordt verdeeld. De plaat wordt 2 uur aan de lucht gedroogd, daarna overnacht op 80°C gedroogd waarna het nog 2 uur op 35°C in de vacuümoven geplaatst wordt. Dit droogproces verzekert dat alle methanol volledig vervluchtigd is en dat enkel een evenredig verdeelde roetlaag op de collectorplaat overblijft.

4 ESP100 – Apparatuur

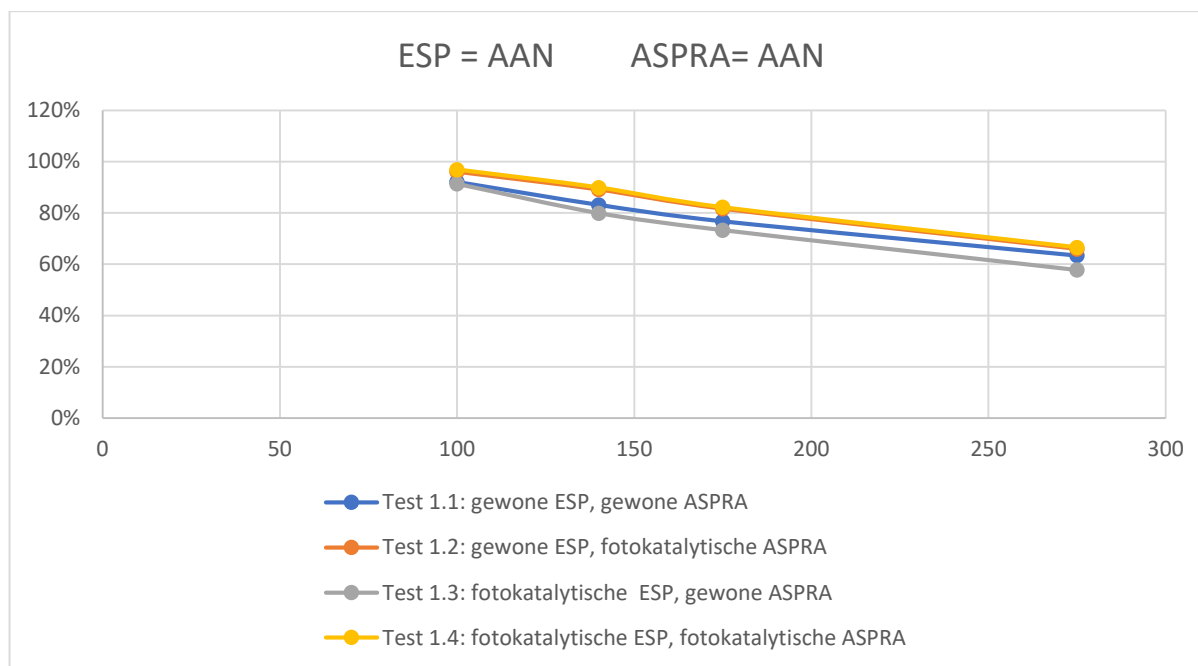
Apparaat	P-TRAK Ultrafine Particle Counter 8525 Portable real-time ultrafine particle counter
Fabrikant	TSI Inc.
Meetprincipe	Condensation particle counter, Laser scattering
Deeltjesmaat bereik	0.02 – 1 μm
Deeltjes telbereik	0 – 5×10^5 pt/cm ³ (0 – 5×10^8 pt/L)
Meet eenheden	particles/cm ³ , pt/L (converted, x1000)

Apparaat	AIRFLOW INSTRUMENTS PROHOOD CAPTURE HOOD PH721
Fabrikant	TSI Inc.
Meet eenheden	m ³ /h (en anderen)

Apparaat	VOLTCRAFT VC820 Handheld multimeter Digital CAT III 1000 V
Fabrikant	Voltcraft
Meet eenheden	Ω , V, A etc.

5 ESP100 – Resultaten

5.1 Filterefficiëntie



5.2 Ozonconcentratie

Test 1.3: variatie (a) fotokatalytische ESP, gewone ASPRA (ongecoate ionisatiesectie)												
debiet	ESP=AAN, ASPRA=AAN			ESP=AAN, ASPRA =UIT			ESP=UIT, ASPRA =AAN			ESP=UIT, ASPRA =UIT Achtergrondconcentratie		
	100	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
145	0	0	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
170	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
275	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

Test 1.4: variatie (b) fotokatalytische ESP, fotokatalytische ASPRA (TiO2 gecoat ionisatiesectie)												
debiet	ESP=AAN, ASPRA=AAN			ESP=AAN, ASPRA =UIT			ESP=UIT, ASPRA =AAN			ESP=UIT, ASPRA =UIT Achtergrondconcentratie		
	100	0,03	0,06	0,08	0	0	0	0,05	0,05	0,06	0,03	0,05
145	0,04	0,03	0,03	0	0	0	0,01	0,02	0,02	0	0	0
170	0,03	0,04	0,03	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0	0	0
275	0,04	0,05	0,04	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0	0	0

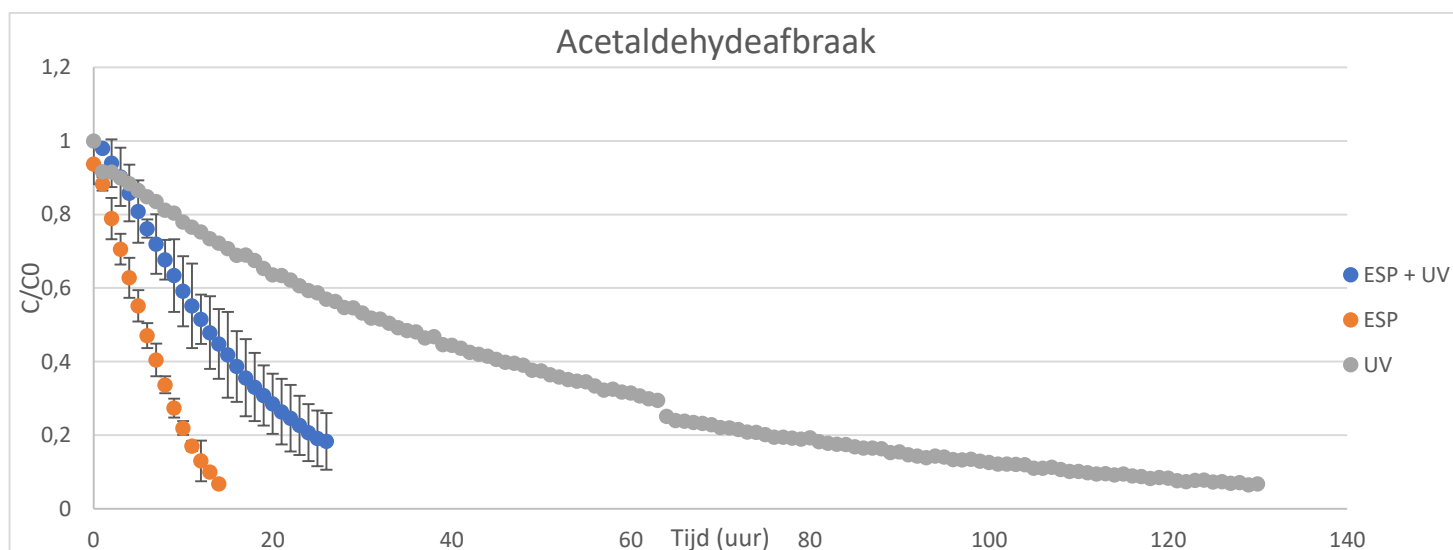
5.3 Duurzaamheid van fotokatalytische coating in geïoniseerde omgeving

	weerstand uiterste punten van ESP	
	voor meting	na meting
Test 1.3: fotokatalytische ESP, gewone ASPRA		
Aarde	1,31	1,39
Fase	0,9	1,04
Test 1.4: fotokatalytische ESP, fotokatalytische ASPRA		
Aarde	8	8,8
Fase	2,72	2,64

5.4 Afbraak van vluchtige organische componenten (VOCs)

- Afbraaksnelheid van acetaldehyde:

Figuur 1 geeft de afbraaksnelheid van acetaldehyde weer. De concentratie van acetaldehyde wordt weergegeven als C/C_0 , dit is de gemeten concentratie gedeeld door de beginconcentratie. De weergegeven waarden zijn telkens het gemiddelde van drie herhalingen per instelling.



Figuur 1 Afbraak van acetaldehyde in functie van de tijd.

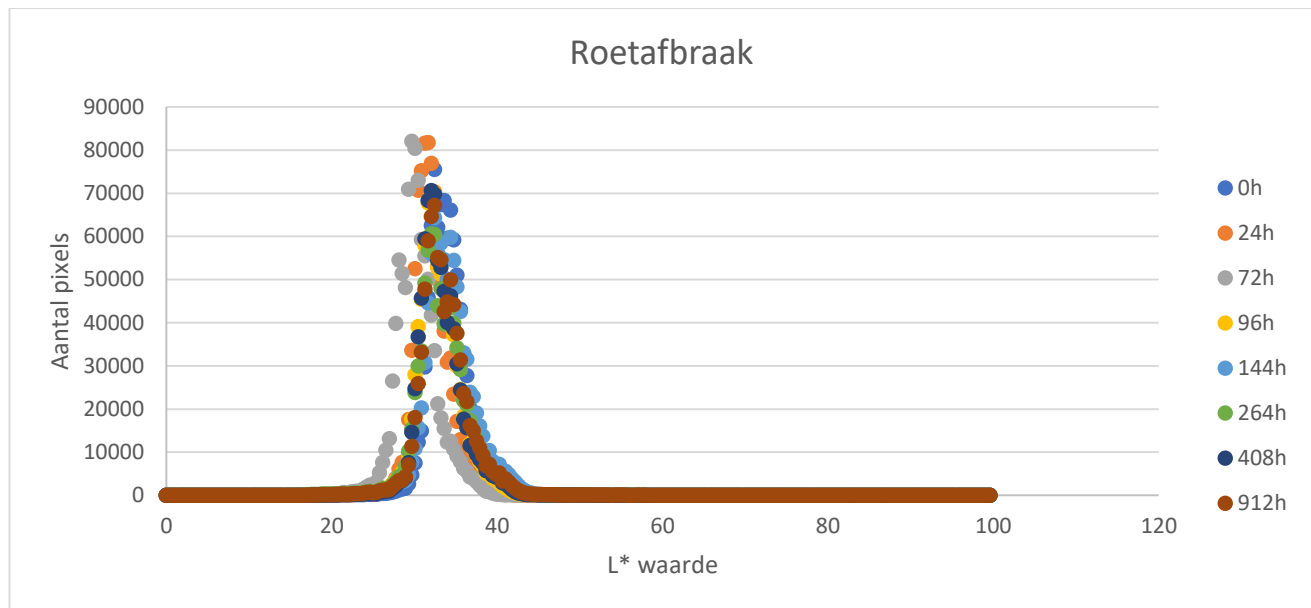
- Berekende Single Pass Removal Efficiency SPRE

Tabel 1: Gemeten SPRE waarden

	ESP + fotokatalyse	ESP	Fotokatalyse
SPRE herhaling 1	0,141%	0.180%	0.028%
SPRE herhaling 2	0.088%	0.155%	0.04%
SPRE herhaling 3	0.110%	0.185%	/
Gemiddelde SPRE	0.113% ± 0.0217%	0.173% ± 0.0131%	0.034% ± 0.006%

5.5 Afbraak van fijnstof

Figuur 2 geeft de resultaten van de roetafbraaktesten weer. De y-as geeft het aantal pixels weer die elks toegewezen zijn aan een bepaalde L*waarde tussen 0 en 100. De x-as geeft de verschillende L*waarden tussen 0 en 100 weer.



Figuur 2: Resultaten roetafbraak

6 ESP100 – Discussie en leerpunten voor de ESP600

6.1 Filterefficiëntie

Bij 100 m³/h is de efficiëntie van alle metingen ruim boven de 71%, namelijk 91% en hoger. Daaruit kan geconcludeerd worden dat de efficiency van de ESP hoger ligt dan momenteel met het theoretisch model wordt berekend.

Voor het ontwerp van de ESP600 betekent dit dat deze in verhouding iets kleiner gedimensioneerd kan worden om de gewenste efficiëntie te behalen.

6.2 Ozonconcentratie

De ozonconcentratie wanneer de ESP aan stond was in alle gevallen lager dan wanneer enkel de ionisatiesectie van de ASPRA aan stond. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de eventuele ozonproductie van de ESP binnen de normen en wensen valt en dus niet significant is.

Echter, bij vergelijken van de resultaten van de 2 variaties (a) en (b), ofwel met de gewone ASPRA ionisatie buis versus de fotokatalytische ionisatiebuis, blijkt dat de TiO₂ coating in de buis wel enigszins een bepaalde mate van ozon veroorzaakt. De oorzaak hiervan is nader te onderzoeken. VFA vermoedt dat het te maken heeft met het elektrische veld en de luchtstroming binnen de buis, waardoor de fotokatalytische radicalen binnen een ronde buis een extra reactie veroorzaken die tot ozon productie leidt.

Het is interessant te zien dat een verhoogde ozonconcentratie in de fotokatalytische ionisatiebuis van de ASPRA in combinatie met de fotokatalytische ESP aan (configuratie ESP AAN, ASPRA AAN) juist resulteerde in

de laagste waarden van ozon, zelfs lager dan de achtergrondconcentratie. Dit is zeer interessant voor verder onderzoek. Dit valt niet binnen de scope van de opdracht en ivm de projectplanning wordt er geen extra onderzoek hiernaar gedaan.

Op basis van de bovenstaande resultaten en met de huidige kennis en testresultaten, is te concluderen dat het coaten van de ionisatiesectie van de ASPRA kan leiden tot ongewenste resultaten en deze optie wordt niet meer overwogen voor de ESP 600. Met andere woorden, de ionisatiesectie van de ASPRA blijft in de oorspronkelijke status en zal niet gecoat worden in de vervolg modellen.

6.3 Duurzaamheid van foto katalytische coating in geïoniseerde omgeving

De gemeten weerstand van fotokatalytische ESP op de aarde plaatjes is opvallend hoog. Vandaar dat er gecontroleerd is of deze weerstand verlaagd kon worden door zwakke aansluitingspunten te detecteren en verbeteren.

6.4 Afbraak van vluchtige organische componenten (VOCs)

Uit figuur 1 kan afgeleid worden dat een zelfde hoeveelheid acetaldehyde het snelst wordt afgebroken wanneer alleen de ESP aan staat, gevolgd door de combinatie ESP en fotokatalyse en het traagste wanneer enkel de fotokatalytische werking aan staat. Dit resultaat is tegen de verwachtingen in, verwacht werd dat de combinatie ESP en fotokatalyse de vaste hoeveelheid acetaldehyde het snelst zou afbreken. De berekende SPRE waarden zijn zodanig laag dat dit verschil enkel te wijten kan zijn aan meetfouten. Door de zeer lage SPRE waarden wordt geconcludeerd dat de werking van de fotokatalytische coating wordt geïnhibeerd. Hiervoor kunnen een aantal verklaringen zijn:

- De relatieve vochtigheid in de klimaatkast is te laag, hierdoor kan de fotokatalytische coating niet voldoende hydroxyl-radicalen produceren waardoor de VOC niet geoxideerd wordt;
- Het plexiglas waarmee de lampen omhuld zijn is niet UV-doorlatend, hierdoor ontvangt de fotokatalytische coating een te lage UV-intensiteit waardoor deze niet voldoende geactiveerd wordt;
- De lampen geven niet meer voldoende intensiteit door veroudering, hierdoor ontvangt de fotokatalytische coating een te lage UV-intensiteit waardoor deze niet voldoende geactiveerd wordt;
- Fotokatalytische coating is niet actief door een foute bereiding van de sol-gel oplossing;
- Het type VOC, acetaldehyde is een polaire VOC. De polariteit van acetaldehyde kan ervoor zorgen dat de afbraak ervan geïnhibeerd wordt.

Met behulp van CFD-modeling met COMSOL werd een model opgesteld van de ESP100, de correcte reactiekenmerken werden ingevuld en de afbraaksnelheid van de vaste hoeveelheid acetaldehyde werd berekend. Volgens het model zou met behulp van de ESP100 waarbij enkel fotokatalytische werking gebruikt wordt de hoeveelheid acetaldehyde in één uur volledig afgebroken moeten zijn. In het experiment werd deze afbraak pas bekomen na 130 uur. Dit versterkt het vermoeden dat de afbraak van acetaldehyde in de ESP100 geïnhibeerd wordt. De ESP100 wordt volledig gedemonteerd, alle aspecten worden getest om te bron van de inhibitie op te sporen en te verwijderen. Hierna zullen de testen herhaald worden om correcte conclusies te kunnen trekken. Het experiment wordt eveneens herhaald met een apolaire VOC, toluen.

6.5 Afbraak van fijnstof

Uit figuur 2 kan afgeleid worden dat na 912 uur belichting met UV licht (385nm) geen afbraak van fijnstof bekomen werd. Wanneer fijnstof op de collectorplaat afgebroken wordt verschuift de piek op de grafiek naar rechts, omdat de gemiddelde L* waarde van de pixels in de foto zou moeten stijgen (wit = 100). Dit is niet het geval, de fotoklytische coating op de collectorplaat werd dus niet voldoende geactiveerd. Het experiment wordt opnieuw bestudeerd en herhaald om correcte conclusies te kunnen trekken.

7 ESP600 – Test Hypothese

7.1 Efficiëntie

De ESP600 zal worden toegepast in een kinderdagverblijf voor uitgebreide praktijktesten en als oplossing voor de lage luchtkwaliteit die wordt veroorzaakt door omringende vervuilingsbronnen. Daarom wordt ervoor gekozen de efficiëntie zo hoog mogelijk te maken door gebruik te maken van een verwisselbaar filter na de ASPRA en fotokatalytische ESP. De ESP fungeert dan als voorfilter die de levensduur van het verwisselbare filter zal vermeerderen.

In de scope van dit project is echter de efficiëntie die kan worden bereikt met enkel de ESP het belangrijkste. Daarom is ervoor gekozen als doel weer 70% efficiëntie te bereiken met het oude theoretische model, maar ditmaal voor 600 m³ lucht per uur, wetende dat hiermee in de praktijk een veel hogere efficiëntie behaald zal worden. Door de onderlinge plaatafstand in de ESP te halveren, en de diepte van de platen te verdubbelen, is het mogelijke deze grote hoeveelheid lucht te behandelen zonder dat daar een te groot doorstroomoppervlak voor nodig is. Hiermee worden de afmetingen van het systeem verkleint, wat in de praktijk wenselijk is vanuit de implementatie locaties.

7.2 Temperatuur

Omdat de plaatafstand in de ESP is verdubbeld en de ESP600 groter is dan de ESP100, zijn er meer UV lampen nodig. Vandaar zijn er vragen ontstaan over de door de lampen ontwikkelde warmte. Deze warmte kan nadelig zijn bij gebruik in de zomer. Daarom zal tijdens de efficiëntie tests zal de temperatuur van de uitgaande lucht worden gemonitord. Als de temperatuur van de uitgaande lucht meer dan 2 graden Celsius hoger is dan de achtergrond temperatuur, zullen er maatregelen genomen moeten worden. Een theoretische berekening, gebaseerd op de aanname dat het volledige vermogen van de UV-lampen in warmte wordt omgezet, laat zien dat de theoretische temperatuurstijging niet hoger kan zijn dan de warmte die wordt gecreëerd door de aanwezigheid van 2 extra volwassen mensen in de ruimte.

7.3 Debiet

Volgens 'Het Programma van Eisen – Frisse Scholen 2015':

Om aan de Klasse A-eis te voldoen is normaliter een ventilatiecapaciteit vereist van minimaal 12 dm³ /s (43,2 m³ /uur) per persoon.

De gemiddelde bezetting van de meetlocatie, kinderdagverblijf 'het Wonderkind' te Antwerpen, is om te rekenen naar 14 volwassenen. Vandaar dat is gekozen dat de ESP600 in staat moet zijn om 600 m³/uur te behandelen.

8 ESP600 - Methode

8.1 Filtefficiëntie

De efficiëntie wordt gemeten zoals dat bij de ESP100 ook heeft plaatsgevonden. De filtefficiëntie voor deeltjes wordt bepaald door continue buitenlucht door de filterunit te blazen en zowel voor als na de filterunit de deeltjesconcentratie te meten. De testsetup zoals getoond in afb.3 wordt hiervoor gebruikt. Aan de inlaat kant wordt de opstelling verbonden met de buitenlucht. De buitenlucht wordt naar binnengetrokken door een instelbare ventilator. Dan wordt na enkele meters de deeltjes geteld met een P-Trak Ultrafine Particle Counter 8525. Door een aantal meters na de ventilator te tellen is er een meer homogene verdeling van de deeltjes wat de meting nauwkeuriger maakt. Rechtsboven de foto in de opstelling is de unit geplaatst (box in kanaal). Dan wordt weer enkele meters verder met een tweede P-Trak de uitgaande deeltjes geteld. Als laatste gaat de behandelde lucht door de Airflow Instruments Prohood Capture Hood PH721, hier wordt het debiet vastgesteld.

Er zal worden gevarieerd in het Voltage van de ESP om tot een grafiek te komen.



Afb. 3 Filtefficiëntie testopstelling

8.2 Temperatuur

De temperatuur wordt gemeten op een meter achter de ESP600 behandelingskast.

8.3 Debiet

Zie efficiëntie.

9 ESP600 – Apparatuur

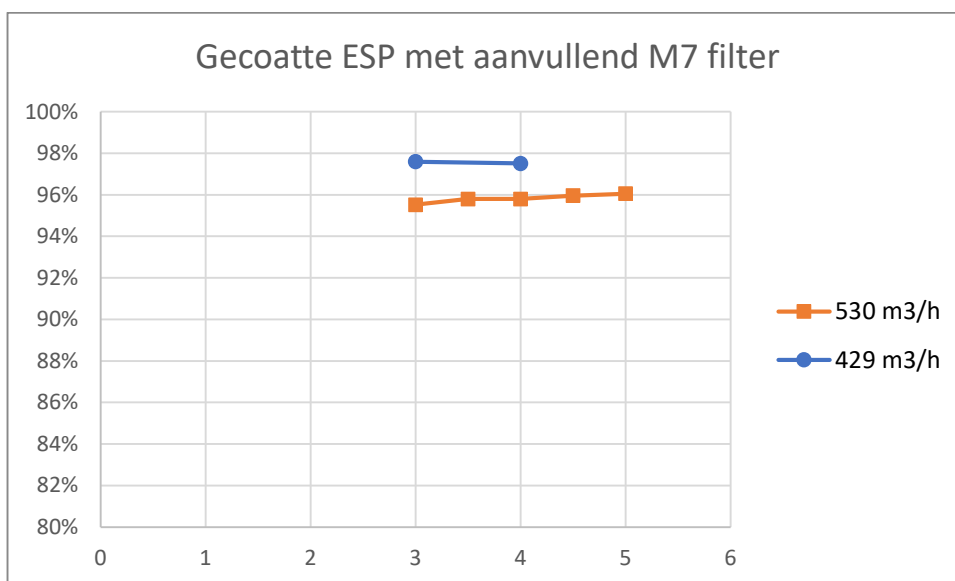
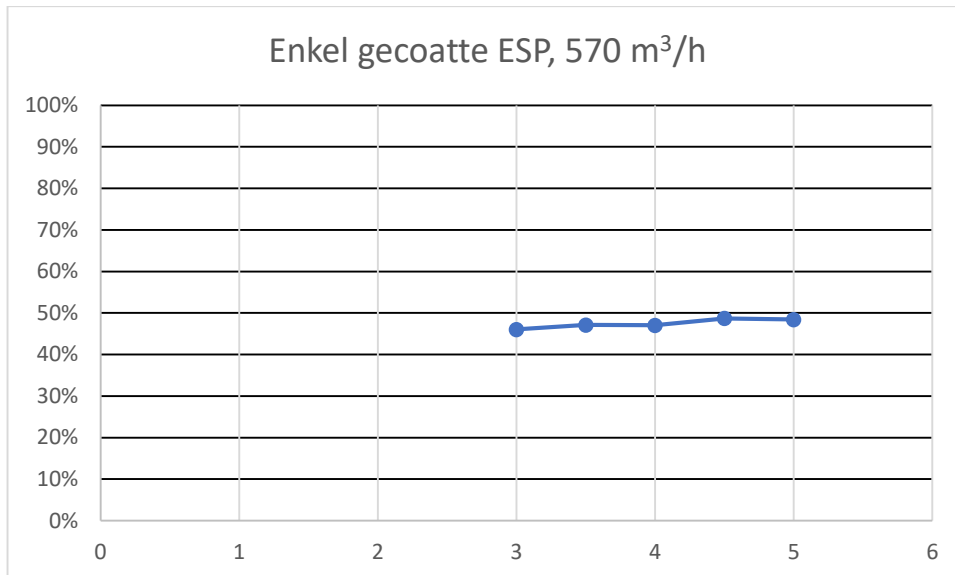
Apparaat	P-TRAK Ultrafine Particle Counter 8525 Portable real-time ultrafine particle counter
Fabrikant	TSI Inc.
Meetprincipe	Condensatie deeltjes teller, Laser verstrooiing
Deeltjesmaat bereik	0.02 – 1 µm
Deeltjes telbereik	0 – 5x10 ⁵ pt/cm ³ (0 – 5x10 ⁸ pt/L)
Meet eenheden	particles/cm ³ , pt/L (converted, x1000)

Apparaat	AIRFLOW INSTRUMENTS PROHOOD CAPTURE HOOD PH721
Fabrikant	TSI Inc.
Meet eenheden	m ³ /h (en anderen)

Apparaat	Observator Instruments T900 Rotating Vane/Macro Air Temperature Probe/Klimafühler
Fabrikant	Observator Instruments BV
Meet eenheden	Luchtsnelheid in m/s, temperatuur en anderen

10 ESP600 – Resultaten

10.1 Filterefficiëntie



10.2 Temperatuur

Achtergrond temperatuur	25 °C
Temperatuur op outlet tijdens tests	25,2°C

10.3 Debiet

Met de ventilator die is toegepast in de ESP600 behandelingskast kon in de meetopstelling maximaal 390 m³/h lucht worden behandeld, als gemeten met de Prohood. Dit is lager dan de beoogde 600 m³/h. Ten tijde van de meting kon het lage debiet niet verklaard worden en was geen tijd om dit probleem te verhelpen. Vandaar dat gekozen is de ventilator in het begin van de meetopstelling te gebruiken om een grotere luchtverplaatsing van 530 m³/h te verkrijgen. Op die manier kon de efficiëntie toch gemeten worden bij een luchtverplaatsing die dichterbij het beoogde debiet lag. Later is het lage debiet verklaard door een grove meetfout wegens ongecalibreerde Prohood; in werkelijkheid was de luchtverplaatsing veel hoger dan gemeten. Zie discussie voor meer uitleg.

11 ESP600 – Discussie en leerpunten

11.1 Filterefficiëntie

Zie debiet.

11.2 Temperatuur

De uitgaande temperatuur is 0,2 °C hoger dan de achtergrond temperatuur. Daarmee wordt bepaald dat geen verdere temperatuur verlagende maatregelen noodzakelijk zijn.

11.3 Debiet

Het debiet leek tijdens de labtesten een stuk lager uit te komen dan beoogd. Dit leek erg vreemd, omdat de ventilator die is toegepast in de behandelingskast van de ESP600 ruim voldoende druk zou moeten kunnen leveren. Echter was er niet meer tijd om dit op andere methoden te controleren voordat de installatie ging plaatsvinden.

Enkele weken na installatie is VFA op locatie in Antwerpen langs geweest om het debiet nogmaals te meten ter controle van de eerdere meting. Bovendien is er op locatie meer drukval dan in de lab meetopstelling vanwege de flexibele buis die werd toegepast bij de ingaande lucht, en de luchtzak bij de uitgaande lucht. Op locatie werd echter soortgelijke debieten gemeten als in de lab situatie.



Afb.4. Geïnstalleerde ESP600 in 't Wonderkind

Maanden later werd de Prohood bij VFA Solutions in eigen lab gebruikt voor een andere meting toen het debiet wederom veel lager uitviel dan verwacht. De meting is toen met een Rotating Vane herhaald om het gemeten debiet te verifiëren. De meetmethode met Rotating Vane is minder nauwkeurig, omdat men meerdere puntmetingen doet van de luchtsnelheid in meter per seconde, dit wordt in combinatie met het doorstroomoppervlak omgerekend naar m³ per uur. Het resultaat van deze meting was echter veel plausibeler dan de Prohoodmeting, zelfs met de hogere meetafwijking van de Vane meetmethode. Daaruit is geconcludeerd dat de Prohood aan calibratie toe is en dat zowel de eerdere labmeting als de meting op locatie van de ESP600 behandelkast onbetrouwbaar was.



Afb.5. Meting met de Roatating Vane

Op locatie 'het Wonderkind' te Antwerpen is een derde bezoek ingepland om het debiet te meten met de Vane. Ter plekke werd gemeten dat het debiet van de kast 1200 m³/uur was in plaats van de eerder gemeten 390 m³/uur. Direct is de ventilator teruggedraaid tot 600 m³/uur werd gemeten op de inlaat van de ESP600 behandelingskast.

Dit betekent tevens dat de efficiëntie meting van de ESP600 in het lab niet betrouwbaar is geweest. Het is met zekerheid te zeggen dat het debiet ten tijde van de efficiëntiemeting een stuk hoger lag dan 600 m³/uur, een realistische inschatting ligt boven de 1200 m³/uur. Dit betekent dat de efficiëntie bij 600 m³/uur een stuk hoger zal zijn dan de gemeten 48%. Nu de ESP600 behandelingskast is geïnstalleerd, kan dat echter niet meer worden geverifieerd in een lab setting. De praktijktests van de ESP600 zullen hierover meer inzicht kunnen geven.