



## Vergelijkende metingen van technische gassen met drones

Meetlocatie: Nieuwe waterweg bij Hoek van Holland



## Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	4
2 Uitgangspunten	6
2.1 Overleg met de opdrachtgevers	6
2.2 Plan van aanpak	6/7
2.3 In te zetten apparatuur	8
3 Uitvoering drone testen	11
3.1 Locatie beschrijving	11
3.2 Testvluchten	12
3.3 Resultaten	13
4 Analyse	14
5 Conclusie en aanbevelingen	15

Bijlage A: Opdrachtomschrijving met technische informatie

Bijlage B: Meetmethode Aerosensing.

## Colofon

Uitgegeven door:	KD Engineering, Schiedam	
Uitgevoerd door:	Euro Drone Inspecties	Rik Bijl
	ILT Team Aerosensing	DirkJan Julius Joel Davidse Aad van den Burg
	BC/RWS	
In samenwerking met:	DCMR	Hugo Bison

Goedkeuring vrijgave:

Datum: 07-10-2021

Status: Definitief

## Samenvatting

Op verzoek van Euro Drone Inspecties/KD Engineering is een verkenning uitgevoerd naar het meten van technische gassen met drones. De opdracht is: het samenbrengen van deskundigen en het uitvoeren van een vergelijkend onderzoek naar meetmethodes van technische gassen met drones. Er zijn verschillende typen sensoren op de markt. Niet duidelijk is wat de onderlinge nauwkeurigheid van dit soort apparatuur is omdat er tot op heden weinig of geen ringonderzoek is uitgevoerd. Ook internationaal (Israël) is er interesse naar het meten van chemische stoffen met drones. Nederland kan met dit soort onderzoek één van de koplopers worden op dit gebied.

Het onderzoek kent 2 fasen:

*Fase 1* Verkenning van de aanwezige apparatuur en opstellen van een plan van aanpak voor een vergelijkend onderzoek van meetapparatuur om technische gassen met een camera op te zoeken en daarna met een sensor te detecteren.

*Fase 2* Uitvoeren van een pilot waar de verschillende systemen met elkaar worden vergeleken + de rapportage van de bevindingen van het onderzoek.

### *Ingezette apparatuur*

ILT Aerosensing heeft een in opdracht van de Brandweer Twente door Dronexpert ontwikkelde gassensor ingezet. Deze gassensor is door Dronexpert en ILT Aerosensing door ontwikkeld voor het meten van rookgassen van zeeschepen. Hiermee wordt al meerdere jaren gewerkt en zijn goede ervaringen opgedaan. DCMR heeft de warmtebeeldcamera FLIR GIS 320 voor het controleren van chemische bedrijven in het Rijnmondgebied gebruikt. Met deze camera worden lekkages van koolwaterstoffen zichtbaar gemaakt.

Eurodrone Inspecties heeft voor dit project de volgende apparatuur aangeschaft:

Matrice 210 RTK v2 DJI

Zenmuse XT2 Thermisch gekalibreerde camera met 30 Hz , 19mm en 640 res

FLIR Muve C360 en bijbehorende kalibratie gassen

### *Locatie*

*De testen zijn uitgevoerd op 4 augustus 2021 langs de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland. Op deze locatie zijn er bij noordenwind lagere achtergrondwaardes aanwezig omdat er aan die zijde van de rivier geen industrie aanwezig is. Het stationaire meetpunt van DCMR ligt op 200 m afstand.*

### *Resultaten en analyse*

FLIR MUVE 360: De SO<sub>2</sub> waarden die deze sensor bij metingen in de rookpluim weergaf waren negatief. Dit duidt er op dat door aanwezigheid van stoorgassen, bijvoorbeeld NO<sub>2</sub>, kruisgevoeligheid een rol speelde. De werkelijke SO<sub>2</sub> waarden konden daardoor niet worden vastgesteld. Een sensor voor het bepalen van CO<sub>2</sub> waarden (die nodig is om het zwavelgehalte te bepalen) is niet op de FLIR MUVE 360 aanwezig.

Gassensor Aerosensing: De waarden voor SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> van test 6 leken meer betrouwbaar. Deze waarden lagen binnen de ranges die bij dit soort metingen verwacht mogen worden. Vaak is dat ook bij de gassensoren van Aerosensing ook niet het geval omdat ook deze sensoren kruisgevoeligheid vertoont. De effecten van kruisgevoeligheid lijken toe te nemen naarmate de volumes uitgestoten rookgassen groter worden. Aerosensing heeft er daarom voor gekozen om tevens monsters van de rookgassen te nemen en deze in een laboratorium te onderzoeken op de gehalten SO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>. Tijdens de vluchten die uitgevoerd werden ter vergelijking van de twee meetsystemen zijn geen monsters genomen. Om gewicht te besparen was het noodzakelijk om het bemonsteringssysteem te demonteren.

Thermische camera DCMR: De testvluchten 5 t/m7 zijn door DCMR met de FLIR GIS 320 bekeken. Deze waarnemingen waren vergelijkbaar met de PID melding die de technicus van Aerosensing aan de piloot op basis van de meetwaarden deed.

*Conclusie en aanbevelingen.*

De opnemer voor SO<sub>2</sub> van de FLIR MUVE 360 bij de analyse van test 6 bleek kruisgevoelig de NO<sub>2</sub> opnemer werkte wel maar ook voor deze sensor geldt dat deze kruisgevoelig is voor andere componenten, zoals SO<sub>2</sub>, dat in rookgassen aanwezig is. Het systeem heeft geen CO<sub>2</sub> opnemer zodat bij zelfstandige inzet het zwavelgehalte in de brandstof niet berekend kan worden.

De gassensor van ILT Aerosensing heeft bij deze testen goed gefunctioneerd. Er is geen bemonstering en analyse van de gemeten waarden ter controle uitgevoerd. Dit zou bij een volgende test wel een goede basis zijn. De thermische camera van DCMR is goed bruikbaar voor het kwantitatief vaststellen van vrijkomende koolwaterstoffen in uitlaatgassen of bij controle van buisleidingen.

Nader onderzoek is nodig. Geadviseerd wordt om contact op te nemen met Dronexpert die de gassensor voor ILT Aerosensing en ook voor Brandweer Nederland heeft ontwikkeld.

Ook kan er contact gelegd worden met Delft Dynamics om de gassensor die samen met TNO is ontwikkeld in het onderzoek te betrekken.

## 1 Inleiding

Op verzoek van Euro Drone Inspecties/KD Engineering is een verkenning uitgevoerd naar het meten van technische gassen met drones. De opdracht is: het samenbrengen van deskundigen en het uitvoeren van een vergelijkend onderzoek naar meetmethodes van technische gassen met drones. Door toenemende vraag en interesse vanuit de markt en opdrachtgevers (waaronder het moederbedrijf KD in Ludan, Israël) is er behoefte aan drones die technische gassen/chemische stoffen met zowel een camera als met een opnamer kunnen detecteren. Met deze apparatuur kunnen dan lekkages in pijpleidingen van chemische installaties de uitstoot van zwavel door zeeschepen, lozingen van chemische stoffen opgespoord en bewezen worden. Dit laatste is voor de verbalisering van belang.



*Stena Britannica op weg naar Harwich*

In de afgelopen periode zijn er een aantal snuffelsystemen voor drones ontwikkeld. Aerosensing, het droneteam van ILT heeft een systeem (ontwikkeld door Dronexpert) waarmee technische gassen gemeten kunnen worden. Door het meten van SO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de rookgaswolk van een schip kan met een computermodel het zwavelgehalte in de toegepaste brandstof bepaald worden. Met dit systeem kunnen ook rookgasmonsters genomen worden die met behulp van een gaschromatograaf geanalyseerd kunnen worden. Deze gaschromatograaf staat nu in een laboratorium maar zal op termijn als mobiele opstelling in een inspectievoertuig ingebouwd worden. Hierdoor wordt het mogelijk om analyse van de rookgassen binnen een kort tijdsbestek uit te voeren.

DCMR is de specialist in Nederland op het gebied van het meten van chemische stoffen en gassen. In het Rijnmond gebied heeft deze organisatie langjarige ervaring met snuffelstations waar dit soort stoffen continue gemeten worden. Daarnaast heeft DCMR ook een handcamera van FLIR (FLIR GIS320) Hiermee worden regelmatig metingen op chemische bedrijven uitgevoerd. Het doel is lekkages op te sporen zodat bedrijven die kunnen dichten. Bij de onder andere de berghaven in Hoek van Holland staat ook een permanente meetopstelling van DCMR waar continue statische metingen naar gassen en fijn stof worden uitgevoerd.



*Meetopstelling DCMR in de berghaven te Hoek van Holland*

Ook Delft Dynamics heeft samen met TNO een gasmeetsensor ontwikkeld voor een drone in opdracht van defensie. Dit systeem is in dit onderzoek nog niet meegenomen.

## 2. Uitgangspunten

Bij controle op de uitstoot van chemische stoffen is nauwkeurigheid van het meetsysteem van groot belang. Voor een eerste selectie kan vaak gebruik worden gemaakt van wat minder nauwkeurige apparatuur. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid dat de gemeten waarden zo laag zijn dat verder onderzoek niet meer nodig is. Gemeten waarden kunnen ook binnen het grensgebied van voldoen of niet voldoen liggen of overduidelijk aangeven dat sprake is van een overschrijding. In deze twee gevallen zal nader onderzoek plaats moeten vinden dat resulteert in het nemen van brandstof monsters en analyse in een laboratorium. Met deze selectiemethode zal bij ca. 10% van de gemeten schepen nog een nader onderzoek uitgevoerd moeten worden. Om een vervuiler aan te kunnen spreken of te kunnen verbaliseren moeten de metingen en resultaten aan bepaalde normen voldoen. In deze gevallen moet monstername van de brandstof en analyse in een gecertificeerd laboratorium plaatsvinden. Ook de snelheid waarmee de gegevens beschikbaar komen is van belang om bv een schip dat te veel zwavel uitstoot te kunnen controleren voordat het weer verder vaart.

Aerosensing en DCMR hebben aangegeven interesse te hebben en mee te willen werken aan dit onderzoek. Dit is noodzakelijk omdat de technische kennis vooral bij deze partijen aanwezig is.

### 2.1 Overleg met de opdrachtgevers

Op 16 juni 2021 is een onlinemeeting met KH Engineering/Ludan in Israël georganiseerd bij KH in Schiedam. Hierbij waren Euro Drone Inspecties (Rik Bijl), Aerosensing, (DirkJan Julius), DCMR, (Hugo Bison) en BC/RWS, (Aad van den Burg) aanwezig. In dit gesprek zijn de randvoorwaarden voor de pilot doorgenomen. In Europa zijn er wettelijke normen voor de zwaveluitstoot (SECA gebied). In Israël is alleen in de wet opgenomen dat schepen geen zwarte rook uit mogen stoten. Wel is men geïnteresseerd in het meten van zwavel omdat er door de United Nations wel normen worden gehanteerd. Afgesproken is dat er vergelijkende metingen worden uitgevoerd en dat deze gebruikt zullen worden om het ministerie van milieu in Israël voor te leggen met het doel dit soort onderzoeken ook voor deze overheidsinstantie uit te gaan voeren.

### 2.2 Plan van aanpak

Het project bestaat uit 2 fasen:

**Fase 1** Verkenning van de aanwezige apparatuur en opstellen van een plan van aanpak voor een vergelijkend onderzoek van meetapparatuur om technische gassen met een camera op te zoeken en daarna met een sensor te detecteren.

Afspraak maken voor een startbijeenkomst waarbij de stakeholders kennismaken en de beschikbare apparatuur beoordelen en demonstreren. Daarnaast worden de randvoorwaarden en de aanpak van het project doorgenomen en worden data ingepland om de metingen uit te voeren.

Voorstel was om de kalibratievloeistof van de FLIR G360 als uitgangspunt te nemen voor het uitvoeren van een ringonderzoek onder laboratoriumomstandigheden met de verschillende opnemers (gassensor van Aerosensing, apparatuur van DCMR en de FLIR G360 en gaschromatograaf in Spijkenisse). Daarna worden de verzamelde waarden vergeleken. Bij verschillen wordt de apparatuur bijgesteld (indien mogelijk) en wordt er nog een meetcyclus uitgevoerd met de kalibratievloeistof. Bepaald moet worden welk apparaat als meest betrouwbaar wordt gezien (bv gaschromatograaf Spijkenisse) en dit wordt als uitgangspunt genomen voor de kalibratie.



**Fase 2** Uitvoeren van een pilot waar de verschillende systemen met elkaar en met een kalibratie vloeistof worden vergeleken + de rapportage van de bevindingen van het onderzoek.

De landtong bij Rozenburg wordt gebruikt als pilotlocatie omdat Aerosensing dit punt gebruikt voor het meten van zwaveluitstoot van passerende schepen. Om een schip te kunnen meten moet de drone 1500 m vanaf de piloot mogen vliegen. Hiervoor is een ontheffing van ILT luchtvaart nodig. Deze moet tijdig aangevraagd worden.

De pilot wordt uitgevoerd op een dag dat ILT Aerosensing zwavelmetingen uit gaat voeren. Euro Drone Inspecties kan dan op die dag ook metingen doen.

ILT Aerosensing zal metingen verrichten in 2 verschillende rookpluimen van schepen. Een meting bij een witte pluim (weinig zwavel) en een meting in een gele pluim (zwavel of NOX). Er zullen ook luchtmonsters genomen worden. Euro Drone Inspections zal in dezelfde rookpluimen metingen uitvoeren.

De luchtmonsters zullen in de gaschromatograaf in Spijkenisse onderzocht worden en zo mogelijk ook door de FLIRE sensor G360.

De resultaten zullen in een compact verslag weergegeven worden met een colofon van de deelnemende partijen.

### *Werkelijke uitvoering*

Het plan van aanpak is grotendeels conform de beschrijving uitgevoerd. Op de volgende punten is afgeweken:

1 Het meten van de kalibratie gassen met de gaschromatograaf is achterwege gebleven omdat dit door Aerosensing niet relevant geacht werd. De beide sensoren waren op dezelfde drone geplaatst dus de afstand en tijd van de metingen waren significant.

2 Ook is er vanaf een andere locatie gemeten (Emma boulevard in plaats van de Landtong bij Rozenburg). Deze locatie geeft minder achtergrondwaarde en het is dichterbij het stationaire meetpunt van DCMR.

## 2.3 In te zetten apparatuur

### *Aerosensing*

Door Aerosensing werd gebruik gemaakt van een DJI M210 drone waaronder de door Dronexpert gebouwde gassensor was bevestigd.

De metalen canisters zijn om gewicht te besparen, verwijderd. De FLIR Muve C360 van Euro Drone inspectie is bovenop de drone bevestigd.

De meetgegevens worden radiografisch naar een grondstation gedownload. Een payload operator monitort de meetgegevens.



*DJI M210 van Aerosensing*



*M2100 van ILT met gassensor ontwikkeld door Drone expert*



*Computermiddel van ILT op laptop*

## Euro Drone Inspectie

De volgende apparatuur is door Euro Drone Inspecties aangeschaft:

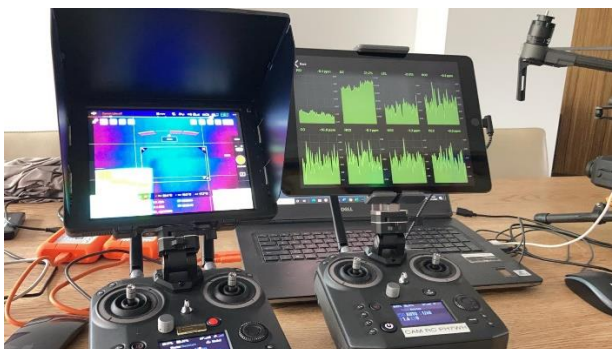
- Matrice 210 RTK v2
- DJI Zenmuse XT2 Thermisch gekalibreerde camera met 30 Hz , 19mm en 640 res
- FLIR Muve C360 en bijbehorende kalibratie gassen
- De FLIR MUVE™C360 is een multigasdetector die volledig is geïntegreerd met een onbemand antennesysteem (UAS) voor real time continue bewaking van chemische gevaren terwijl u onderweg bent. Het sensorblok heeft 8 kanalen, waaronder een foto-ionisatiedetector (PID), een LEL-detector (Lage Explosive Limit) en zes andere sensoren. De geïntegreerde snorkel is ontworpen om de effecten van rotorwassing teniet te doen en strekt zich uit langs de propellers om de onverstoorde lucht te proeven. Het MUVE C360-sensorblok wordt snel vergrendeld op een eigen integratiedock dat op de UAS is gemonteerd. Het FLIR-kalibratiestation heeft hetzelfde dock, zodat de operator eenvoudig verbinding kan maken voor routinematige sensorverificatie. Sensoruitlezingen krijgen prioriteit op basis van alarmcondities en worden real time weergegeven op de pilootinterface in de FLIR VueLink™-app. De MUVE C360 is een tijdbesparende game-changer voor hulpdiensten, industriële veiligheidsfunctionarissen en experts op het gebied van milieubewaking
- Elistair Safe-T tehter system for Matrice 210, voor langdurige geostationaire meting op hoogte.



Drone Matric 210 met warmtebeeldcamera en stoffensensor FLIR MUVE 360



Calibratieunit FLIR MUVE 360



Bedieningsapparatuur warmtebeeld sensor (L) en gasmeetunit (R)

### *DCMR*

Deze organisatie heeft de warmtebeeldcamera FLIR GIS 320 voor het controleren van chemische bedrijven in het Rijnmondgebied. Met deze camera worden lekkages van koolwaterstoffen zichtbaar gemaakt. Er kunnen echter geen stoffen gedetecteerd of gemeten worden. Men gebruikt dit systeem om bedrijven te attenderen op lekkages. Een aantal bedrijven heeft deze camera ook zelf aangeschaft om lekkages te detecteren. Hierdoor is het aantal lekkages bij bedrijven in het Rijnmondgebied afgenomen.



*Handcamera FLIR GIS 320*

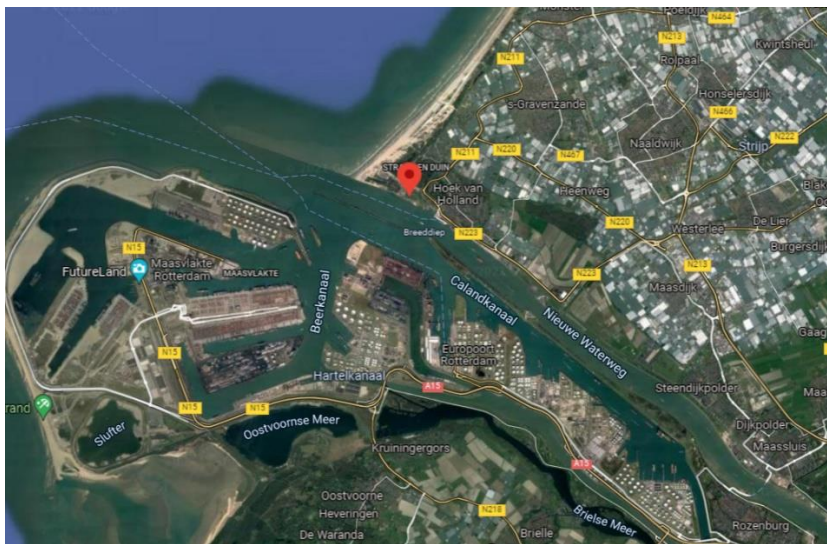
### 3. Uitvoering dronetesten

De dronetesten zijn uitgevoerd op 4 augustus 2021 langs de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland. De verwachting was dat er met twee drones gevlogen moest worden. Daarom heeft Euro Drone Inspecties een vergunning bij ILT aangevraagd om over een afstand van 1500 m te mogen vliegen. Omdat de FLIR MUVE C360 minder dan 800 gram weegt kon de opnamer op de drone van ILT gemonteerd worden.

De dag voor de testen bleek bij controle dat de FLIR 360 een error gaf. De after sales afdeling van FLIR heeft alles in het werk gesteld dit op te lossen. Achteraf bleek de aanvoerslang van de sniffer losgeschoten te zijn. Toen dit verholpen was werkte de sniffer conform de specificaties zodat de testen de volgende dag uitgevoerd konden worden.

#### 3.1 Locatiebeschrijving

De Emma boulevard ligt langs de Nieuwe Waterweg tussen de berghaven en de semafoor. Vanaf deze locatie kun je bij helder weer tot aan de mond van de Nieuwe Waterweg kijken. In de oostelijke richting heb je zicht tot aan de Maeslantkering. Het meetpunt van DCMR ligt op 200 m ten oosten van de testlocatie. Op deze locatie zijn er bij noordenwind lagere achtergrondwaardes omdat er aan die zijde van de rivier geen industrie aanwezig is.



#### 3.2 Testvluchten

Bij de testen waren Aerosensing, Euro Drone Inspecties, DCMR en BC/RWS aanwezig. Er is rond 10.00 uur gestart met de opbouw van de locatie. Daarna is de drone van Aerosensing (M210) geïnstalleerd en ook de FLIR MUVE 360 is op de drone gemonteerd. Vervolgens zijn testen uitgevoerd om de werking van de drone en de apparatuur te controleren. Hierbij bleek dat de FLIR MUVE 360 werkt met een type 2 controller van DJI en de drone van ILT werkt met een type 1 controller. Om dit op te lossen heeft een inspecteur uit Rotterdam een type 2 controller gebracht. Deze is geïnstalleerd waarna het systeem werkte.

Vervolgens is van 7 verschillende schepen de uitstoot gemeten. Hierbij werkten de piloten van ILT en Euro Drone Inspecties samen. De metingen van Aerosensing worden met een computermodel in de inspectiebus verwerkt. Die van de FLIR MUVE 360 worden na afloop gedownload naar een computer.



Bij toetsing van de Ratio Emission op onderstaande tabel (annex1) is  $3,4 < 4,3$  waardoor het zwavel gehalte op basis van deze bevindingen  $\pm 0,10$  % m/m bedraagt. De meting lijkt hiermee betrouwbaar te zijn. Opgemerkt moet worden dat de FLIRMUVE 360 geen CO<sub>2</sub> waarde meet. De waarde die door Aerosensing gemeten is kan in dit geval gebruikt worden omdat de beide sensoren op 1 drone bevestigd zijn.

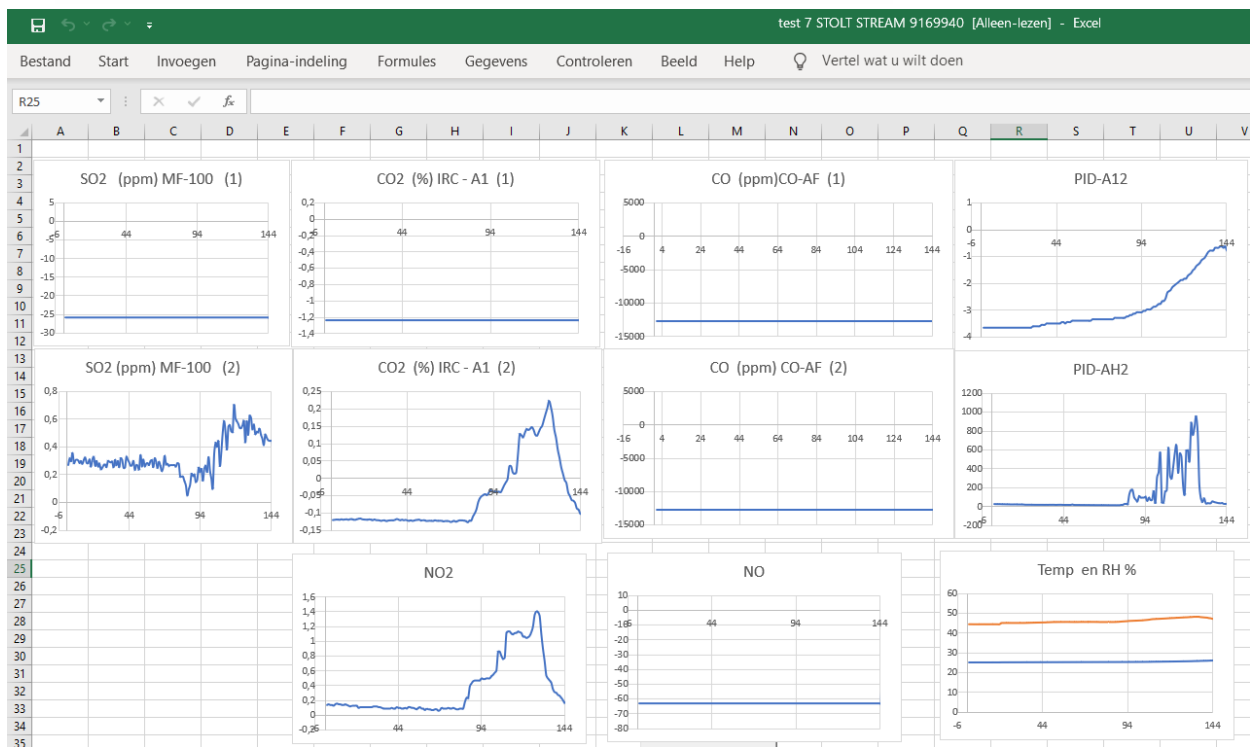
ANNEX I

**EQUIVALENT EMISSION VALUES FOR EMISSION ABATEMENT METHODS AS REFERRED TO IN ARTICLE 8(2)**

Marine fuel sulphur limits referred to in Articles 6 and 7 of this Directive and Regulations 14.1 and 14.4 of Annex VI to MARPOL and corresponding emission values referred to in Article 8(2):

Marine fuel Sulphur Content (% m/m)	Ratio Emission SO <sub>2</sub> (ppm)/CO <sub>2</sub> (% v/v)
3,50	151,7
1,50	65,0
1,00	43,3
0,50	21,7
0,10	4,3

Note:



## 4. Analyse

Uit de resultaten van test 6 kan geconcludeerd worden dat:  
FLIR MUVE 360

De SO<sub>2</sub> waarde van deze sensor door kruisgevoeligheid niet kon worden vastgesteld. De CO<sub>2</sub> waarde (die nodig is om het zwavelgehalte te bepalen) is niet op de FLIR MUVE 360 aanwezig. De NO<sub>2</sub> waarde wordt wel gemeten maar vertoont een grotere spreiding dan die van de sensor die Aerosensing gebruikt. Als er een CO<sub>2</sub> sensor aanwezig is en er is geen kruisgevoeligheid dan kan het zwavelgehalte met dit systeem wel bepaald worden. Daarbij moet in acht genomen worden dat in rookgassen altijd gassen aanwezig zijn die tot kruisgevoeligheid leiden.

### Gassensor Aerosensing

Deze gassensor heeft geen tijdweergave maar werkt met een meetnummer. De waarden voor SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> van test 6 kwamen overeen met waarden die voor deze meetsituatie te verwachten waren. Dit is niet altijd het geval en Aerosensing gaat er daarom vanuit dat alle metingen beïnvloed worden door de aanwezigheid van kruisgevoelige gassen. Om deze reden neemt Aerosensing als referentie met dit systeem ook altijd een gasmonster dat met een gaschromatograaf geanalyseerd wordt. Dit is bij dit onderzoek niet gebeurt.

### Thermische camera DCMR

De testvluchten 5 t/m7 zijn door DCMR met de FLIR GIS 320 bekeken. Hierbij kon gezien worden of de drone goed in de pluim met rookgassen van de schepen vloog. Deze waarnemingen waren vergelijkbaar met de PID melding die de technicus van Aerosensing aan de piloot op basis van de meetwaarden deed. Hiermee is vastgesteld dat de camera bruikbaar is voor het waarnemen op kwantitatief gebied van koolwaterstoffen.



## 5. Conclusie en aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat:

1. De opnemer voor SO<sub>2</sub> van de FLIR MUVE 360 bij de analyse van test 6 kruisgevoelig is en dat de meetwaarden niet bruikbaar zijn. Het systeem heeft geen CO<sub>2</sub> opnemer zodat bij zelfstandige inzet het zwavelgehalte niet berekend kan worden.
2. De gassensor van Aerosensing heeft bij deze testen goed gefunctioneerd. Er is geen bemonstering en analyse ter controle uitgevoerd. Dit zou bij een volgende test wel een goede basis zijn.
3. De thermische camera van DCMR is goed bruikbaar voor het kwantitatief vaststellen van vrijkomende koolwaterstoffen in uitlaatgassen of bij controle van buisleidingen.
4. Er nader onderzoek nodig is. Geadviseerd wordt om contact op te nemen met Dronexpert die de gassensor voor Aerosensing en ook voor Brandweer Nederland heeft ontwikkeld.
5. Ook Delft Dynamics heeft samen met TNO een gassensor als Payload voor een drone ontwikkeld. In de meeste systemen worden dezelfde elektronische opnemers (merk Alphasense) toegepast. De verwachting is dat de werking van deze opnemers vergelijkbaar is. Nader onderzoek is gewenst om scherp te krijgen wat de overeenkomsten en verschillen zijn en wat de oorzaak daarvan is.

\*\*\*

### Literatuur:

- 1 Sulphur Inspection Guidance Directive (EU) 2016/802 European Maritime Safety Agency

## Bijlage A

<b>Aan:</b> Rik Bijl, Hugo Bison en Robin Kouwenhoven <b>Van:</b> Aad van den Burg <b>Onderwerp:</b> concept opdrachtomschrijving 'Vergelijkend onderzoek naar meetmethodes van technische gassen met drones' <b>Datum:</b> 27 mei 2021	
<b>Opdrachtomschrijving en achtergrond</b>	<p>De opdracht is: het samenbrengen van deskundigen en het uitvoeren van een vergelijkend onderzoek naar meetmethodes van technische gassen met drones. Door toenemende vraag en interesse vanuit de markt en opdrachtgevers is er behoefte aan drones die technische gassen/chemische stoffen met zowel een camera als met een opnemer kunnen detecteren. Met deze apparatuur kunnen dan lekkages in pijpleidingen van chemische installaties de uitstoot van zwavel door zeeschepen, lozingen van chemische stoffen opgespoord en bewezen worden. Dit laatste is voor de verbalisering van belang.</p> <p>In de afgelopen periode zijn er een aantal snuffelsystemen voor drones ontwikkeld. ILT Aerosensing heeft een systeem (ontwikkeld door Dronexpert) waarmee technische gassen gemeten kunnen worden. Door het meten van SO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de rookgaswolk van een schip kan met een computermodel het zwavelgehalte van rookgassen bepaald worden. Met dit systeem worden ook luchtmonsters genomen die in een gaschromatograaf in Spijkenisse geanalyseerd worden. DCMR is de specialist in Nederland op het gebied van het meten van chemische stoffen en gassen. In het Rijnmond gebied heeft deze organisatie langjarige ervaring met snuffelstations waar dit soort stoffen continue gemeten worden. Daarnaast heeft DCMR ook een handcamera van FLIR (FLIR GIS320) Hiermee worden regelmatig metingen op chemische plants uitgevoerd.</p>
<b>Probleembeschrijving</b>	<p>Bij controle op de uitstoot van chemische stoffen is nauwkeurigheid van het meetsysteem van groot belang. Voor selectie van te onderzoeken schepen kan vaak gebruik worden gemaakt van wat minder nauwkeurige apparatuur. Om een vervuiler te kunnen verbaliseren moeten de metingen en resultaten aan bepaalde normen voldoen. Ook de snelheid waarmee de gegevens beschikbaar komen is van belang om bv een schip dat te veel zwavel uitstoot te kunnen controleren voordat het weer verder vaart.</p> <p>Aerosensing en DCMR hebben aangegeven interesse te hebben en mee te willen werken aan dit onderzoek. Dit is noodzakelijk omdat de technische kennis vooral bij deze partijen aanwezig is.</p>
<b>Opdrachtbeschrijving inclusief omschrijving van het te bereiken resultaat</b>	<p>Het resultaat van de opdracht is:</p> <p>Fase 1 Verkenning van de aanwezige apparatuur en opstellen van een plan van aanpak voor een vergelijkend onderzoek van meetapparatuur om technische gassen met een camera op te zoeken en daarna met een sensor te detecteren.</p> <p>Fase 2 Uitvoeren van een pilot waar de verschillende systemen met elkaar en met een kalibratie vloeistof worden vergeleken + de rapportage van de bevindingen van het onderzoek.</p>


<b>Afbakening</b>	Het project beperkt zich tot de opdrachtschrijving.
<b>Waarom wordt deze opdracht uitgevoerd?</b>	Er zijn verschillende typen sensoren op de markt. Niet duidelijk is wat de onderlinge nauwkeurigheid van dit soort apparatuur is omdat er tot op heden weinig of geen ringonderzoek is uitgevoerd. Ook internationaal (Israël) is er interesse naar het meten van chemische stoffen met drones. Nederland kan met dit onderzoek één van de koplopers worden op dit gebied.
<b>Gevraagde capaciteit gedurende de looptijd</b>	De inzet van de betrokken partijen zal beperkt zijn. Bedoeling is om de pilot te combineren met metingen die toch al gedaan worden en waar dan door Euro Drone inspecties ook metingen worden uitgevoerd.
<b>Evt. overige betrokkenen en hun rol</b>	Betrokkenen: <b>DCMR (Hugo Bison):</b> advisering van de in te zetten apparatuur, proefopzet en analyse van de resultaten <b>Aerosensing (Robin Kouwenhoven, Dirk-Jan Julius) :</b> advisering van in te zetten apparatuur, proefopzet en analyse van de resultaten. Uitvoeren van dronevluchten met drones en sensoren van Aerosensing incl. de gaschromatograaf in Spijkenisse. <b>Euro Drone Inspecties (Rik Bijl);</b> beschikbaar stellen van drone met sensoren (zie bijlage1) en uitvoeren van de dronevluchten <b>Aad van den Burg:</b> coördinatie en projectleiding
<b>Tijd</b>	Looptijd van het project: 1 juni 2021 – 1 augustus 2021 (uitvoering afhankelijk van beschikbare apparatuur, vergunningen, weersomstandigheden en samenkomstmogelijkheden COVID-19 regime)
<b>Kosten (geld)</b>	Totaal bedrag van € XXXX voor project begeleiding en rapportage.
<b>Afspraken over de communicatie met de opdrachtgever</b>	De communicatie momenten worden door de opdrachtgever in overleg met de stakeholders aangegeven.
<b>Overige belangrijke aspecten</b>	Zowel nationaal als internationaal is er behoefte aan sensoren die (bevestigd aan een drone) nauwkeurig metingen van technische gassen en chemische stoffen kunnen meten. Dit project geeft daar invulling aan. Om de metingen in de praktijk uit te kunnen voeren is een vergunning van ILT nodig om tot 1500 m vanaf de piloot te mogen vliegen. Deze zal door Euro Drone Inspecties aangevraagd worden.

Bijlage 1:

De volgende apparatuur is besteld en inmiddels ontvangen en zal over enkele weken (i.v.m. nog te ontvangen kallibratiegassen) inzetbaar zijn.

- Matrice 210 RTK v2
- DJI Zenmuse XT2 Thermisch gekalibreerde camera met 30 Hz , 19mm en 640 res
- FLIR Muve C360 en bijbehorende kalibratie gassen
- The FLIR MUVE™ C360 is a multi-gas detector completely integrated with an unmanned aerial system (UAS) to provide real-time continuous monitoring of chemical hazards while on the move. The sensor block boasts 8-channels, which includes a photoionization detector (PID), Lower Explosive Limit (LEL) detector, and six other sensors. The integrated snorkel is designed to negate the effects of rotor wash, extending past the propellers to sample the unperturbed air. The MUVE C360 sensor block quickly latches to a proprietary integration dock mounted to the UAS. The FLIR calibration station features the same dock, so the operator can easily connect for routine sensor verification. Sensor readouts are prioritized based on alarm conditions and are displayed real-time on the pilot's interface in the FLIR VueLink™ app. The MUVE C360 is a time-saving, game-changer for emergency responders, industrial safety officers, and environmental monitoring experts.
- Elistair Safe-T tehter system for Matrice 210 , voor langdurige geostationary meting op hoogte.

Auteur: John Lynch

 C360 Sensor Capabilities RI11272019.xlsx  
15 KB

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3	Average cross-sensitivity from the most common interfering gases, according to AAN_109-02								
4	Interfering gas	ppm	CO-AF	H2S-A1	SO2-AF	NO2-A1	CL2-A1		
5	CO	400		1,5%	4%	0,1%	0,1%		
6	H <sub>2</sub> S	20	0,1%		0,1%	-40%	-40%		
7	H <sub>2</sub>	400	60%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%		
8	SO <sub>2</sub>	20	0,1%	10%		-2,5%	-2,5%		
9	NO <sub>2</sub>	10	0,1%	-20%	-100%		100%		
10	NO	50	5%	4%	4%	0,5%	0,5%		
11	Cl <sub>2</sub>	10	0,1%	-25%	-70%	100%			
12	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	400	25%	0,5%	15%	0,1%	0,1%		
13	NH <sub>3</sub>	20	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%		
14									
15									
16									
17	Cross-sensitivity according to each sensor's datasheet								
18	Interfering gas	ppm	CO-AF	H2S-A1	SO2-AF	NO2-A1	CL2-A1	O2-A3	
19	CO	400		< 1.5%	< 1.6%	< 0.1%	< 0.1%	na	
20	H <sub>2</sub> S	20	< 0.1%		< 3%	< -35%	< -300%	na	
21	H <sub>2</sub>	400	< 60%	< 0.2%	< 0.3%	< 0.1%	< 0.1%	na	
22	SO <sub>2</sub>	20	< 0.1%	< 10%		< -15%	< -8%	na	
23	NO <sub>2</sub>	10	< 0.1%	< -20%	< -130%		100%	na	
24	NO	50	< 5%	< 4%	+/- 2%	< 5%	< 3%	na	
25	Cl <sub>2</sub>	10	< 0.1%	< -25%	< -60%	< 80%		na	
26	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	400	< 25%	< 0.5%	< 40%	< 0.1%	< 0.1%	na	
27	NH <sub>3</sub>	20	< 0.1%	< 0.1%	< 0.1%	< 0.1%	< 0.1%	na	
28	CO <sub>2</sub>	5%vol	na	na	na	< 0.1%	na	< 0.1%	
29	O <sub>3</sub>	200	na	na	na	< 120%	na	na	



## INTEGRATED MULTI-GAS DETECTOR FOR UNMANNED AERIAL SYSTEM FLIR MUVE™ C360

The FLIR MUVE™ C360 is a multi-gas detector completely integrated with an unmanned aerial system (UAS) to provide real-time continuous monitoring of chemical hazards while on the move. The sensor block boasts 8-channels, which includes a photoionization detector (PID), Lower Explosive Limit (LEL) detector, and six other sensors. The integrated snorkel is designed to negate the effects of rotor wash, extending past the propellers to sample the unperturbed air. The MUVE C360 sensor block quickly latches to a proprietary integration dock mounted to the UAS. The FLIR calibration station features the same dock, so the operator can easily connect for routine sensor verification. Sensor readouts are prioritized based on alarm conditions and are displayed real-time on the pilot's interface in the FLIR VueLink™ app. The MUVE C360 is a time-saving, game-changer for emergency responders, industrial safety officers, and environmental monitoring experts.

[www.flir.com/MUVEc360](http://www.flir.com/MUVEc360)



### ASSESS THE SCENE FROM A SAFE DISTANCE

Before putting the health and safety of your team at risk, fly the C360 into the scene to gather initial assessment of hazards

- 8-channel sensor delivers broad hazard coverage
- Analyze air quality surrounding active scenes prior to entry
- Select proper PPE before entering scene
- Locate leak source and track incident progression



### SIGNIFICANTLY REDUCE THE TIME TO ACTION

Deploy the C360 on scene in the time it takes the average responder to set up

- Cover difficult terrain from the air to assess hazards
- Quickly draw a perimeter to assess and map hazards
- Preset alarm thresholds to make quicker decisions on-scene
- Understand the flow of hazardous vapors at the source, but also in the air



### FULLY INTEGRATED SITUATIONAL AWARENESS

Get a comprehensive overview of an active scene including visuals and chemical identification

- FLIR VueLink App provides plug-and-play control of the C360, flight operations, and other on-board sensors
- Analyze, log, and access complex data in an easy-to-understand visual overlay
- Install with click-in simplicity via onboard integration dock

## SPECIFICATIONS

### Sensor Block Technology

Sensors	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , LEL
POD	VOC 10.6 µg/m <sup>3</sup>
FLIR Calibration Station	Proprietary automatic calibration design, includes tubing and power adapter

### Sampling & Analysis

Sample Introduction	Actively pumped via integrated manifold
Sampling Rate	300 ml/min minimum
Sampling & Analysis	Real-time detection

### System Interface

Display & Alerts	FLIR Visualize™ application integrated via tablet connected to the UAS remote controller
Communication	Remotes controller via USB-A accessory (tablet), UAS power port and serial (C300)
Wireless Range	Determined by the UAS range
Data Storage	Sensor data and flight information logged on tablet
Training Requirements	<30 mins for operator, 4 hours for advanced user

### Power

Input Voltage	24V DJI Matrice 210; 12V FLIR Calibration Station
Battery Specification	Powered by the UAS
Cold Start Time	30 seconds from cold start

### Environmental

Operating Temp	-4 to 122 °F (-20 to 50 °C)
Operating Humidity	10 to 90%, non-condensing
Storage Temp	-22 to 158 °F (-30 to 70 °C)
Protection	IP60-rated

### Physical Features

Dimensions (L x W x H)	6.5 x 2.3 x 2.8" (16.51 x 5.84 x 5.58 cm) - C300 only
Total Payload Weight	1.5 lb (680.39 g) - C300 with dock and aerial
Compatibility	Currently compatible with DJI Matrice 210, V1 and V2, UAS
Integration Dock	Proprietary quick-connect mount for UAS and FLIR Calibration Station



Specifications are subject to change without notice.  
For the most up-to-date specs, go to [www.flir.com](http://www.flir.com)

**HEADQUARTERS**  
FLIR Systems, Inc.  
27700 SW Parkway Ave  
Wilsonville, OR 97070

**DETECTION SALES, AMERICAS**  
FLIR Systems, Inc.  
1201 S. Joyce Street  
Suite C000  
Arlington, VA 22202 US  
PH: 71-877-892-2120

**DETECTION SALES, APAC**  
FLIR Detection, Inc.  
10 Kallang Avenue #09-10  
Apex Tower 2  
Singapore 330910  
PH: +65-6822-1006

**DETECTION SALES, EMEA**  
FLIR Detection, Inc.  
Luxemburgstrasse 2  
2321 Meer  
Belgium  
PH: +32 (0) 3665 5106

[detection@flir.com](mailto:detection@flir.com)

[www.flir.com](http://www.flir.com)  
NASDAQ: FLIR

Equipment described herein is subject to US export regulations and may require a license prior to export. Diversion contrary to US law is prohibited. Imagery for illustration purposes only. Specifications are subject to change without notice. ©2019 FLIR Systems, Inc. All rights reserved. Revised 06/19/19

19-1728



The World's Sixth Sense®

## Bijlage B: Meetmethode Aerosensing.

De lidstaten van de Europese Unie hebben een verplichting om de brandstoffen van zeeschepen te controleren op het zwavelgehalte in de door deze schepen toegepaste brandstoffen. De regels voor deze controles worden opgesteld door de EMSA (European Maritime Safety Agency). Een guidance voor de inspectie van zwavel in de brandstoffen van EMSA heb ik bijgevoegd. In Nederland is het Ministerie van Waterstaat en Infrastructuur en daaronder vallend de ILT (Inspectie Leefomgeving en Transport) de instantie die deze inspecties uit moet voeren. Port State Control als bevoegd gezag vallend onder de ILT, voert de inspecties uit en heeft het MMT (Meet en Monstername Team) van de ILT de opdracht gegeven om de monstername van de brandstoffen aan boord van de schepen uit te voeren. Het MMT heeft deze werkzaamheden uitbesteed aan het milieulaboratorium van SGS te Spijkenisse die ook de analyses van de monsters uit voeren.

PSC heeft de wettelijke verplichting om van tenminste 800 schepen per jaar die Nederland binnenvaren de brandstof te bemonsteren en het zwavelgehalte van de brandstof te meten. Daarvoor moeten monsters genomen worden van de brandstof die gebruikt wordt om de hoofdmotor te voeden.

In de praktijk komt het er op neer dat per dag twee schepen op deze wijze geïnspecteerd worden. Dat is een heel klein deel van het aantal schepen dat daadwerkelijk in de Nederlandse havens aankomt.

Aerosensing van de ILT werkt op eigen initiatief aan de inzet van een drone om de concentraties zwavel in de rookgassen vast te stellen. Daarvoor moet op een betrouwbare manier het gehalte SO<sub>2</sub> in PPM en het gehalte CO<sub>2</sub> in %(v/v) in de rookgassen gemeten worden. Op basis van de verhouding van deze twee componenten kan het gehalte zwavel in de toegepaste brandstof berekend worden. Omdat de hiervoor vaak gebruikte elektrochemische cellen kruisgevoelig zijn voor verschillende soorten gassen die in de rookgassen aanwezig zijn is het met deze meetmethode niet mogelijk om de vereiste betrouwbaarheid te verkrijgen. Betrouwbare meetmethoden zijn te groot om onder een drone te hangen of de drone moet een grote omvang krijgen waardoor deze ook veel zwaarder wordt. Het uitgangspunt van Aerosensing is dat de drone zo min mogelijk risico voor het te meten schip op mag leveren. Dat betekent dat de kinetische energie die door een neerstortende drone wordt ontwikkeld zo laag mogelijk moet blijven. Om deze reden heeft Aerosensing er voor gekozen om de rookgassen te bemonsteren en de rookgassen in een mobiel laboratorium te analyseren. De MTOW (Maximum Take Of Weight) van de drone met apparatuur niet groter dan 6,14kg en de monsters worden direct na de landing geanalyseerd.

Voor het analyseren wordt gebruik gemaakt van een gaschromatograaf met een speciale detector voor SO<sub>2</sub> en een speciale detector voor CO<sub>2</sub>.

Om te controleren of de drone in de rookgassen vliegt en monsters genomen kunnen worden wordt gebruik gemaakt van de elektrochemische cellen (SO<sub>2</sub> (PPM), CO<sub>2</sub> (%/vv) en NO<sub>2</sub>(PPM)) en een PID (Photo Ionisation Detector) meter. De PID meter met VOC (volatile organic components) en toont doorgaans als eerste aan dat de drone in de rookgassen vliegt. Wanneer geconstateerd wordt dat de drone in de rookgassen vliegt worden twee afzonderlijke monsters genomen. Het eerste monster over een periode van ca. 2 minuten en het tweede monster over een periode van ca. 4 minuten. Beide monsters worden daarna met behulp van de GC in tweevoud gemeten. Bij geen geconstateerde afwijkingen worden daardoor 4 analyseresultaten verkregen.

Deze meetgegevens worden aan PSC gerapporteerd die deze meetgegevens als selectiemiddel voor de te bemonsteren schepen gebruiken. Het uitgangspunt is dat door deze meetmethode te hanteren tenminste duidelijk wordt of een schip aan de eisen voldoet, er twijfel bestaat of een schip aan de eisen voldoet of dat een duidelijke overschrijding wordt geconstateerd. In het eerste geval is het niet meer nodig om aan boord van het schip te gaan om monsters te nemen. De verwachting is dat daardoor > 80% van de gemeten schepen geen aanvullende inspectie nodig hebben. Tijdens een meet dag worden ca. 10 binnenvarende schepen gemeten. Daadwerkelijke monstername van de in gebruik zijnde brandstof zal altijd uitgevoerd moeten worden omdat daardoor het meest betrouwbare bewijs geleverd kan worden. Door de drone als selectiemiddel in te zetten wordt de selectie veel beter en daarmee het aantal gecontroleerde schepen aanzienlijk verhoogd. Daarnaast vaart het schip gewoon door en de kapitein wordt niet gehinderd door een inspecteur die aan boord van het schip moet komen. Nadere info: [Home - EMSA - European Maritime Safety Agency \(europa.eu\)](http://europa.eu)