

HyDelta 3

WP5C – Gasblazen – Technologie & Veiligheid in het waterstofnetwerk

D5c.1 Gedrag IPCO en Kleiss gasblazen bij ontstekingen in leidingen // D5c.2 – Effectiviteit dubbele blazen als veiligheidsmaatregel

Status: definitief

Document samenvatting

Corresponderende auteur

Corresponderende auteur	S.L.M. Lueb
Verbonden aan	Kiwa Technology
E-mailadres	sander.lueb@kiwa.com

Document historie

Versie	Datum	Auteurs	Verbonden aan	Samenvatting van de wijzigingen
1	14-08-24	Sander Lueb, Stefan Pouw	Kiwa Technology	Concept
2	13-09-24	Sander Lueb, Stefan Pouw	Kiwa Technology	Commentaar vanuit de EAG verwerkt.
3	16-10-24	Sander Lueb, Stefan Pouw	Kiwa Technology	De openstaande punten na bespreking verwerkt.
4	03-12-24	Sander Lueb, Stefan Pouw	Kiwa Technology	Reacties van Supervisory Group verwerkt.

Verspreidingsniveau

PU	Publiek	X
RE	Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> Project partners inclusief Expert Assessment Group Externe entiteit met wie een geheimhoudingsplicht bestaat 	

Document review

Partner	Naam
REDO	Roy Scholten
Stedin	Dick Nieuwenhuizen
Enexis	Henk Smit
Liander	Rob Nispeling
Coteq	Henk Engberts
Kleiss	Alex Punt
Ipco	André van den Heuvel
NBNL, Gasunie, Kiwa, DNV, TNO, NEC, Hanze	HyDelta Supervisory Group

Samenvatting

In het kader van het nationale onderzoeksprogramma HyDelta is een onderzoek uitgevoerd naar de geschiktheid van gasblazen als snelle en tijdelijke afdichting in een waterstofdistributienet (van de Regionale Netbeheerders).

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport is onderdeel van HyDelta 3.0 werkpakket 5 “Technologie & veiligheid in het waterstofnetwerk” en betreft het deelonderzoek WP5C; gasblazen. Het betreft de inzet van gasblazen bij zowel incidentbestrijding als gepland werk. In het transportnet (van GTS) worden ook gasblazen toegepast, maar de toepassing is daarbij anders dan bij de toepassing in een distributienet. De resultaten in dit rapport hebben geen betrekking op de toepassing van blazen in het gastransportnet (> 8 bar).

Op basis van het onderzoek aan gasblazen zoals uitgevoerd in HyDelta 2.0 [1] is geconcludeerd dat gasblazen toegepast kunnen worden als afsluitmiddel in waterstof distributienetten. Indien de gasblaas wordt geplaatst op een afstand meer dan 1 meter vanaf de uitstroomopening dan zijn er volgens de betreffende rapportage [1] wel aanvullende maatregelen nodig.

De ontstekingsproeven in bovengenoemd rapport zijn echter alleen uitgevoerd met Kleiss blazen, terwijl in Nederland ook gasblazen van het fabricaat IPCO worden toegepast. Tevens dient de effectiviteit van een voorgestelde aanvullende maatregel nog aangetoond te worden. Daarnaast zijn de beproevingen aan gasblazen in HyDelta 2.0 enkel uitgevoerd in een leiding met diameter 160 mm. De effecten in leidingen met een kleinere diameter kunnen namelijk anders zijn. Deze aspecten zijn onderzocht en beschreven in het voorliggend rapport.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek wordt het volgende geconcludeerd;

- Het gebruik van enkel geplaatste gasblazen in een waterstofdistributienet is niet altijd veilig.
- IPCO blazen zijn in te zetten als tijdelijk afsluitmiddel in waterstofdistributienetten. Er zijn wel specifieke aanbevelingen afhankelijk van de diameter en de lengte van de buis waarin de blazen worden toegepast. Deze aanbevelingen gelden niet alleen voor de IPCO blazen, maar ook voor de Kleiss blazen.
- Het zetten van dubbele blazen in buizen met diameter 110 mm of kleiner is niet noodzakelijk. Een explosieve ontsteking van waterstof in een buis met een lengte van 20 meter en een diameter van 110 mm leidt namelijk niet tot het bezwijken van de enkel gezette blazen. Dit geldt voor de blazen van IPCO én van Kleiss.
- Het zetten van dubbele blazen in buizen met een diameter groter dan 110 mm verhoogt de veiligheid. Zelfs als het spoelen met stikstof nog niet is gestart. Het falen van beide blazen is echter niet uit te sluiten. Bij de voorbereidende werkzaamheden voor het zetten van de tweede, binnenste, blaas kunnen er ongewenste gebeurtenissen plaatsvinden. De opgeblazen buitenste blaas kan knappen, een onderdeel van het binnenste blaasgat-opzetstuk kan losschieten én de nog niet opgepompte binnenste blaas kan stuk raken.

Omdat gasblazen in een block & bleed toepassing nog steeds kunnen falen wordt aanbevolen om de voorbereidingen voor het zetten van de twee blazen gelijktijdig af te ronden. Op deze manier kunnen beide blazen kort na elkaar worden opgepompt en kan er vlot worden gestart met het spoelen van stikstof. Hierdoor wordt de kans op onveilige situaties kleiner.

Op basis van de bevindingen zoals beschreven in dit rapport en in het gasblazen rapport “HyDelta 2” [1] wordt de inzet van gasblazen als volgt;

Tabel 1 Toepassing van enkele of dubbele blazen afhankelijk van activiteit en leidingdiameter

Omschrijving van activiteit		Diameter van de leiding		
		≤ DN 100	DN 150	≥ DN 200
Gepland werk (afstand blaas tot opening ≤ 1 m)	Uitbreiding op een uitloper	enkel	enkel	dubbel
	Aanbrengen T-stuk	enkel	enkel	dubbel
	Reparatie lekkage na bovengronds lekzoeken	enkel	enkel	dubbel
Incidentbestrijding (afstand blaas tot opening > 1 m)	Doven gasbrand	enkel	enkel	dubbel
	Stoppen gasuitstroom	enkel	dubbel	dubbel

Bij aardgas dienen er volgens VWI G-24 twee gasblazen in serie te worden geplaatst bij;

- leidingen met diameter ≥ DN 150 in geval van toepassing van gasblazen zonder QA
- leidingen met diameter > DN 300

Bij waterstof is het uitgangspunt dat er gasblazen worden gekozen met een QA-keurmerk. Daarnaast is de grens van toepassing van dubbele blazen bij inzet in een waterstofnet verlaagd van > DN 300 bij aardgas naar ≥ DN 200 omdat de uitstroom van gas bij onverhoopt falen van de blaas bij waterstof groter is dan bij aardgas.

Het zetten van dubbele blazen gaat gepaard met spoelen met stikstof.

Om de toepassing eenvoudig te houden kan er voor gekozen worden om dubbele blazen toe te passen waar het volgens bovenstaande tabel niet strikt noodzakelijk is.

Inhoud

Document samenvatting.....	2
Samenvatting.....	3
Inhoud	5
1. Aanleiding.....	7
1.1 Algemeen.....	7
1.2 Probleemstelling.....	7
1.3 Doelstelling.....	7
2. Methode.....	8
2.1 Directe ontsteking van een waterstof- of aardgaslek	8
2.2 Het doven van een gasbrand door plaatsing van een enkele blaas	10
2.3 De effectiviteit van dubbele blazen.....	12
2.3.1 Ontsteking nadat twee blazen zijn gezet	12
2.3.2 Ontsteking na plaatsing van 1 blaas en het effect op het opzetstuk en lansconstructie	14
3. Meetresultaten en bevindingen.....	15
3.1 Directe ontsteking bij een waterstof- of aardgaslek in 1 meter buis.....	15
3.1.1 Directe ontsteking aardgas - 1 meter	17
3.1.2 Directe ontsteking waterstof – 1 meter	17
3.2 Directe ontsteking bij een waterstof- of aardgaslek in 20 meter buis.....	18
3.2.1 Directe ontsteking aardgas – 20 meter	19
3.2.2 Directe ontsteking waterstof – 20 meter	19
3.3 Plaatsing van een blaas nadat waterstof of aardgas is ontstoken	20
3.3.1 Plaatsing blaas bij brand van vrij uitstromend aardgas.....	20
3.3.2 Plaatsing blaas bij brand van vrij uitstromend waterstof.....	21
3.4 De effectiviteit van dubbele blazen.....	22
3.4.1 Ontsteking nadat twee blazen zijn gezet	22
3.4.2 Ontsteking na plaatsing van buitenste blaas en het effect op het binnenste blaasgat- opzetstuk en binnenste lans.....	23
4. Conclusies.....	27
4.1 Algehele conclusies	27
4.1.1 Toepassing met aardgas	27
4.1.2 Toepassing met waterstof.....	27
4.2 Beantwoording van onderzoeksvragen.....	27
4.2.1 IPCO blazen als tijdelijk afsluitmiddel in waterstofdistributienetten.....	27

4.2.2	Effecten bij onverhoopte ontstekingen in leidingen met een diameter kleiner dan 160 mm	27
4.2.3	Block & bleed in combinatie met stikstof als mitigerende maatregel	28
5.	Mitigerende maatregelen	29
6.	Aanbevelingen	31
	Referenties	33
	Bijlagen	34
I.	Achtergrond Block & bleed in combinatie met stikstof spoelen.....	35
II.	Schematische weergave inzet van gasblazen bij waterstofincidenten	37
III.	Overzicht van uitgevoerde metingen	38
IV.	Bevindingen per meting	40
V.	Temperatuurmetingen ontstekingsproeven	55
VI.	Concentratiemetingen ontstekingsproeven.....	61
VII.	Beoordeling van gebruikte blazen.....	72

1. Aanleiding

1.1 Algemeen

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het nationale onderzoeksprogramma HyDelta. Dit programma is gericht op het veilig inpassen van waterstof in de bestaande infrastructuur voor gastransport en gasdistributie. Het heeft als doel om barrières voor innovatieve waterstofprojecten weg te nemen. Het volledige onderzoeksprogramma is ingedeeld in werkpakketten. Voor een toelichting op de verschillende werkpakketten zie www.hydelta.nl

Dit rapport heeft betrekking op de toepassing van gasblazen in het distributienet. In het transportnet worden ook gasblazen toegepast, maar dan achter een zogenaamde “stopple”. In deze toepassing heerst er nagenoeg geen drukverschil over de blaas en is de blaas altijd onderdeel van een zogenaamde “block & bleed” toepassing.

1.2 Probleemstelling

Op basis van het in HyDelta 2 uitgevoerde onderzoek [1] is geconcludeerd dat gasblazen toegepast kunnen worden als afsluitmiddel in waterstof distributienetten. Indien de gasblaas wordt geplaatst op een afstand meer dan 1 meter vanaf de uitstroomopening dan zijn er wel aanvullende maatregelen nodig. Zie voor een nadere toelichting de rapportage zoals opgesteld in het kader van HyDelta 2; *D6B.2A & D6B.2B Report on ignition scenarios and experiments during the use of inflatable gas stoppers to mitigate natural gas and hydrogen leaks in the low pressure gas distribution grid* (zenodo.org). De ontstekingsproeven in bovengenoemd rapport zijn echter alleen uitgevoerd met Kleiss blazen, terwijl in Nederland ook gasblazen van het fabricaat IPCO worden toegepast. Tevens dient de effectiviteit van de aanvullende maatregelen nog aangetoond te worden. Daarnaast zijn de beproevingen in HyDelta 2 enkel uitgevoerd in een leiding met diameter 160 mm. De effecten in leidingen met een andere diameter kunnen anders zijn.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om antwoord te geven op de volgende onderzoeksvragen:

- Zijn IPCO blazen inzetbaar als tijdelijk afsluitmiddel in waterstofdistributienetten?
- Wat zijn de effecten bij onverhoopte ontstekingen in leidingen met een diameter kleiner dan 160 mm voor zowel IPCO als Kleiss blazen?
- Is het toepassen van block & bleed in combinatie met het spoelen met stikstof een effectieve maatregel om de vorming van een brandbaar mengsel én het falen van de blazen te voorkomen.

2. Methode

In dit hoofdstuk wordt per serie experimenten weergegeven welke testopstellingen en werkwijzen zijn gehanteerd. In 2.1 wordt de testopstelling beschreven zoals gehanteerd bij de ontsteking van een gaslek in een situatie van reguliere werkzaamheden (1 meter lengte buis) en in een situatie bij het verhelpen van calamiteiten (20 meter lengte buis). In 2.2 wordt een toelichting gegeven op de testopstelling met betrekking tot het doven van een gasbrand. Als laatste wordt in 2.3 beschreven met welke testopstelling de effectiviteit van het zetten van dubbele blazen is beoordeeld.

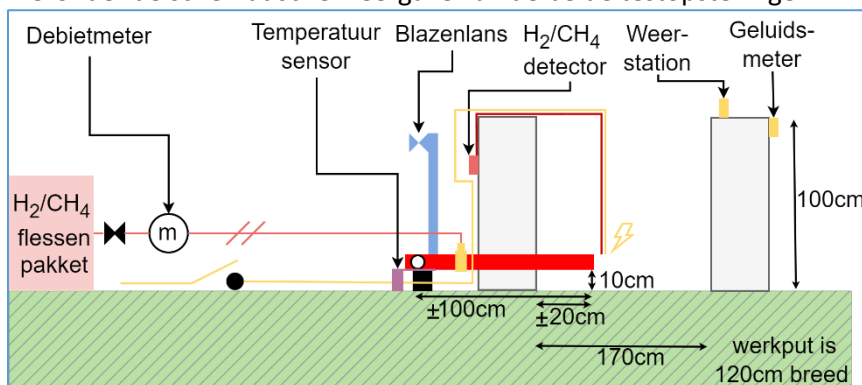
2.1 Directe ontsteking van een waterstof- of aardgaslek

Als aanvulling op de metingen in HyDelta 2.0 zijn de ontstekingsproeven met een beperkte hoeveelheid waterstof uitgevoerd met IPCO blazen (diameters 160 en 110 mm) en Kleiss blazen (diameter 110 mm én enkele herhalingsmetingen met diameter 160 mm).

Deze metingen zijn hoofdzakelijk op het terrein van de Twente Safety Campus uitgevoerd¹. De metingen vonden bovengronds plaats, waarbij van spaanplaat een werkput is gemaakt waar de gasleiding in uitmondde. De gegevens hierbij en de meetwijze zijn als volgt:

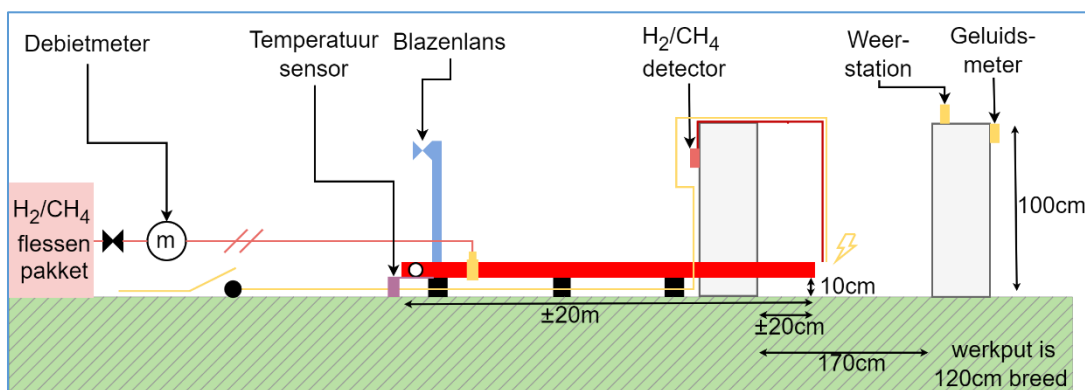
- PE buis met een buitendiameter van 160 mm en een SDR klasse 17,6.
- PE buis met een buitendiameter van 110 mm en een SDR klasse 17,6.
- De blaas werd geplaatst op twee verschillende afstanden (1 en 20 meter) van de werkput
- Blazen van het fabricaat IPCO en Kleiss.
- De toevoer van gas vanuit een flessenpakket, waarbij het debiet met een Mass Flow Controller werd ingesteld.
- Het gas werd bij de meting met 1 meter buislengte toegevoerd via de blazenlans.
- Het gas werd bij de meting met 20 meter buislengte toegevoerd via een zadel.
- De ontsteking werd aangebracht met een continu actieve vonkontsteker op korte afstand (≤ 2 cm) van de uitstroomopening van de PE buis.
- Na een hoorbare ontsteking in de 1 meter buis werd de gastoevoer na ± 30 seconden gestopt.
- Na ontsteking in de 20 meter buis werd de gastoevoer direct gestopt.
- De temperatuursensor is tussen de blaas en de leiding aangebracht (met het meetpunt in de onderzijde van gasvoerende deel van de buis).

Hieronder de schematische weergave van de beide testopstellingen.



Figuur 1 Meetopstelling directe ontsteking met een buislengte van 1 meter

¹ De metingen aan de buis met diameter 110 mm en 1 meter lengte zijn uitgevoerd op het terrein van Kiwa. Dit omwille van tijdgebrek tijdens de testperiode op de Twente Safety Campus. Er is een werkput gecreëerd met gelijke afmetingen.



Figuur 2 Meetopstelling directe ontsteking met een buislengte van 20 meter

Hieronder enkele foto's van de testopstelling.



Foto 1 De opstelling met de buis met diameter 110 mm van 20 meter



Foto 2 Positie van de vonkontsteker en het meetpunt nabij de uitstroomopening

2.2 Het doven van een gasbrand door plaatsing van een enkele blaas

Als aanvulling op de metingen in HyDelta 2.0 zijn de proeven gerelateerd aan het doven van een aardgasbrand en waterstofbrand uitgevoerd met IPCO blazen (diameters 160 en 110 mm) en Kleiss blazen (diameter 110 mm en enkele herhalingsmetingen met diameter 160 mm).

Deze metingen zijn op het terrein van de Twente Safety Campus uitgevoerd. De metingen vonden bovengronds plaats, waarbij van spaanplaat een werkput is gemaakt waar de gasleiding in uitmondde. De gegevens hierbij en de meetwijze zijn als volgt:

- PE buis met een buitendiameter van 160 mm en een SDR klasse 17,6.
- PE buis met een buitendiameter van 110 mm en een SDR klasse 17,6.
- De blaas werd geplaatst op 20 meter vanaf de uitstroomopening.
- Blazen van het fabricaat IPCO en Kleiss.
- De toevoer van gas vanuit een flessenpakket, waarbij het debiet werd gemeten met een rotameter.
- Het gas werd toegevoerd via een zadel.
- De ontsteking werd aangebracht met een continu actieve vonkontsteker op korte afstand ($\leq 2\text{cm}$) van de uitstroomopening van de PE buis. De ontsteking is geactiveerd enkele minuten nadat het gasdebiet is gestart.
- Na ontsteking van het gas werd de blaas opgepompt.
- De temperatuursensor is bij deze metingen aangebracht in een zadel.

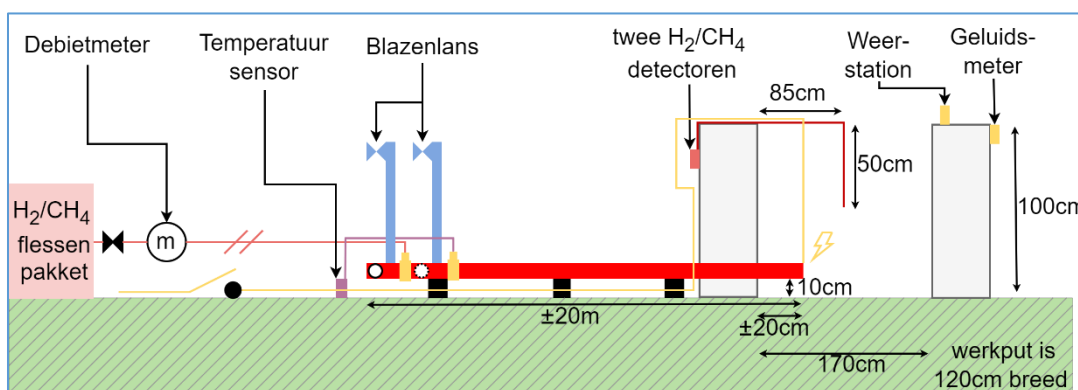


Foto 3 Meetopstelling doven van een gasbrand

Op de volgende pagina enkele foto's van de testopstelling.

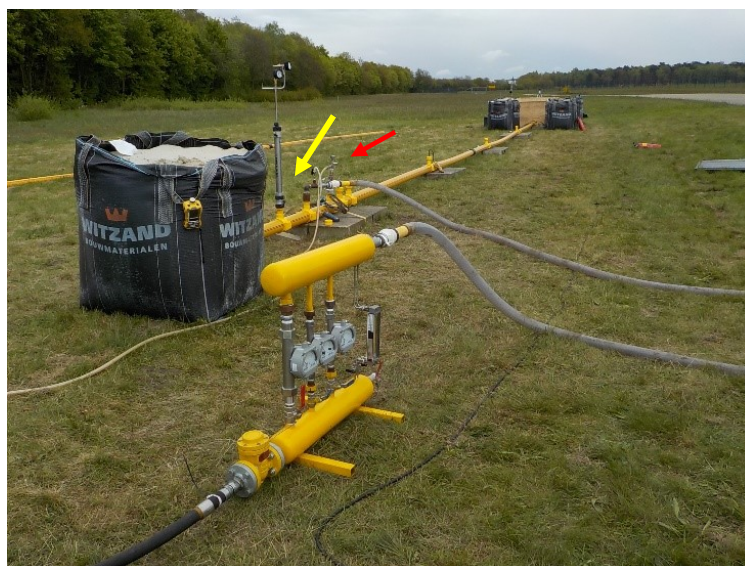
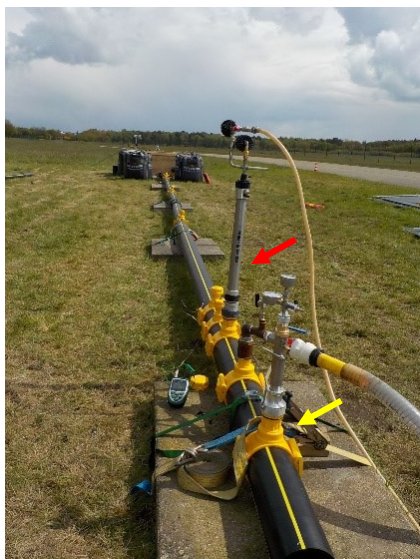


Foto 4 en Foto 5 De meetopstellingen zoals gebruikt met het zetten van een blaas in geval van een gasbrand.

Foto 4 betreft de opstelling met de buis met diameter 160 mm en foto 5 bevat de buis met diameter 110 mm. Op de voorgrond van foto 5 de rotameter ten behoeve van de debietmeting.

De blazen bij de lansconstructies aangeduid met de gele pijlen dienen als afdichting naar de omgeving. De blazen bij de lansconstructies op de posities aangeduid met de rode pijlen worden op afstand opgepompt nadat de gasstroom is aangebracht.



Foto 6 De positie van de meetpunten voor de concentraties in de werkput bij het doven van een aardgas- of waterstofbrand

2.3 De effectiviteit van dubbele blazen

De effectiviteit van het zetten van twee blazen in serie om hiermee een gestopte gasuitstroom te handhaven is onderzocht volgens de hierna beschreven wijze.

Bij het zetten van dubbele blazen is de gedachte dat eerst de buitenste blaas wordt geplaatst, daarna de binnenste blaas en dat er daarna wordt gestart met het invoeden van stikstof. Tijdens dit onderzoek is dit laatste niet onderzocht. Zie bijlage I en II voor een nadere toelichting op deze werkwijze en de aanduiding van de gasblazen. Er is wel beoordeeld wat het effect is van een onverhoopte ontsteking direct na het zetten van twee blazen en wat het effect is van een ontsteking als de binnenste blaas nog (net) niet is gezet.

Deze metingen zijn op het terrein van de Twente Safety Campus uitgevoerd. De metingen vonden bovengronds plaats, waarbij van spaanplaat een werkput is gemaakt waar de gasleiding in uitmondde. De gegevens hierbij en de meetwijze zijn als volgt:

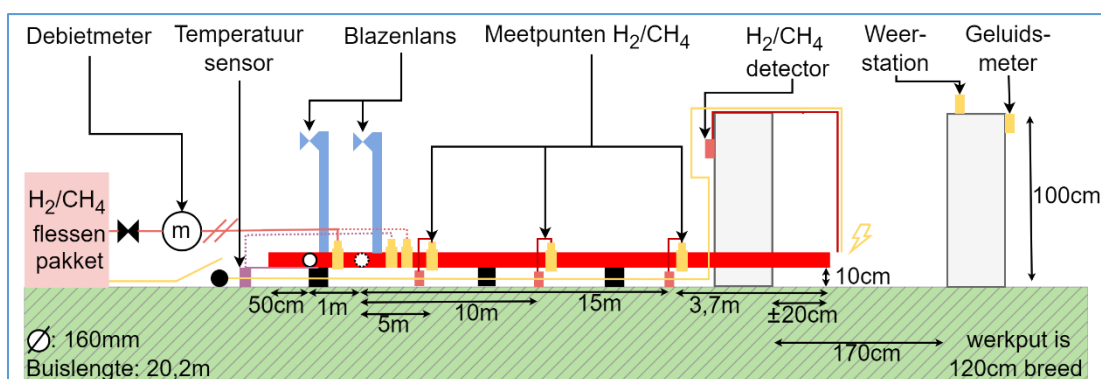
- PE buis met een buitendiameter van 160 mm en een SDR klasse 17,6.
- PE buis met een buitendiameter van 110 mm en een SDR klasse 17,6.
- Blazen van het fabricaat IPCO en Kleiss.
- De toevoer van gas vanuit een flessenpakket, waarbij het debiet met een Mass Flow Controller werd ingesteld.
- Het gas werd toegevoerd via een zadel.
- De ontsteking werd aangebracht met een continu actieve vonkontsteker op korte afstand ($\leq 2\text{cm}$) van de uitstroomopening van de PE buis.
- Na ontsteking in de 20 meter buis werd de gastoevoer direct gestopt.

Zie 2.3.1 en 2.3.2. voor een nadere detaillering van de verschillende experimenten.

2.3.1 Ontsteking nadat twee blazen zijn gezet

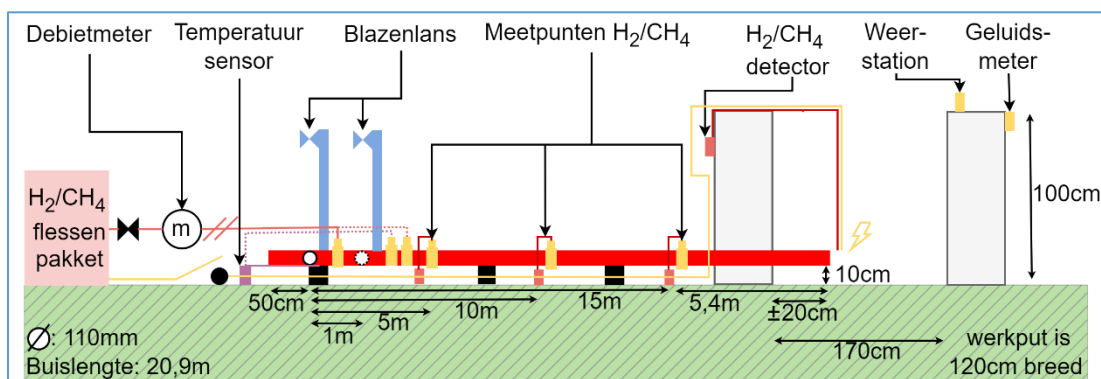
Bij deze metingen is een lekdebiet van $0,6\text{m}^3/\text{h}$ waterstof gehanteerd vanuit een met lucht gevulde buis. Dit debiet zorgt voor een mengsel dat explosief ontsteekt (zie bijlage I). De vonkontsteker is direct bekrachtigd na het starten van de gasstroom.

Hieronder schematische weergaves van de testopstellingen.



Figuur 3 Testopstelling dubbele blazen bij de 160 mm buis

Bij deze beproevingen met de twee blazen zijn de gestippelde lijnen van toepassing met betrekking tot het invoeden van gas en het meten van de temperatuur bij de blaas. Dit geldt voor Figuur 3 en Figuur 4.



Figuur 4 Testopstelling dubbele blazen bij de 110 mm buis

Nb.

Bij de 160 mm buis bevinden de meetpunten van concentraties in de buis zich op een afstand van 5, 10 en 15 meter vanaf de binnenste blaas.

Bij de 110 mm buis bevinden de meetpunten van concentraties in de buis zich op een afstand van 5, 10 en 15 meter vanaf de buitenste blaas. Hierdoor én doordat de totale lengte van de buizen onderling iets verschilt is de afstand van de meetpunten tot aan de uitstroomopening in de werkput ook anders. Bij de 160 mm buis is dat 3,7 meter en bij de 110 mm buis is dat 5,4 meter. De impact van de ontstekingen op de blazen wordt hierdoor niet beïnvloedt.

Hieronder een foto van de testopstelling.



Foto 7 De testopstelling met de buis met diameter 110 mm met daarin 2 blazen.

2.3.2 Ontsteking na plaatsing van 1 blaas en het effect op het opzetstuk en lansconstructie

Bij deze beproevingen is de buitenste blaas geplaatst en zijn er voorbereidingen getroffen voor het zetten van de tweede (binnenste) blaas. Bij de experimenten is onderzocht wat het effect is op het blaasgat-opzetstuk als de lans nog niet is ingebracht en wat het effect is op de lans als deze wel is ingebracht, maar slechts één volledige slag is aangedraaid.

Oorspronkelijk was de gedachte om op basis van concentratiemetingen de tijdstippen te bepalen waarop de waterstofconcentratie 30% is op respectievelijk 5, 10 en 15 meter vanaf de blaas. Dit met als vertrekpunt een buis gevuld met 100% waterstof (zie Bijlage I). De daling van de concentratie bleek langzaam te verlopen en is bovendien sterk afhankelijk van de wind. Daarom is er besloten om de concentraties tijdens de ontsteekproeven te volgen en de vonk aan te brengen op het moment dat een waterstofconcentratie van ongeveer 30% is bereikt op 15, 10 dan wel 5 meter vanaf de blaas. Zie voor een daling van concentraties (zonder ontsteking) de metingen 60, 61 en 76 in Bijlage VI.

De opstellingen bij deze beproeving zijn gelijk aan de opstellingen zoals beschreven 2.3.1. De enige verschillen:

- het niet plaatsen van de binnenste lans
- het niet volledig aandraaien van de binnenste lans.
- positionering temperatuursensor en gasinvoeding direct stroomafwaarts van de buitenste blaas.

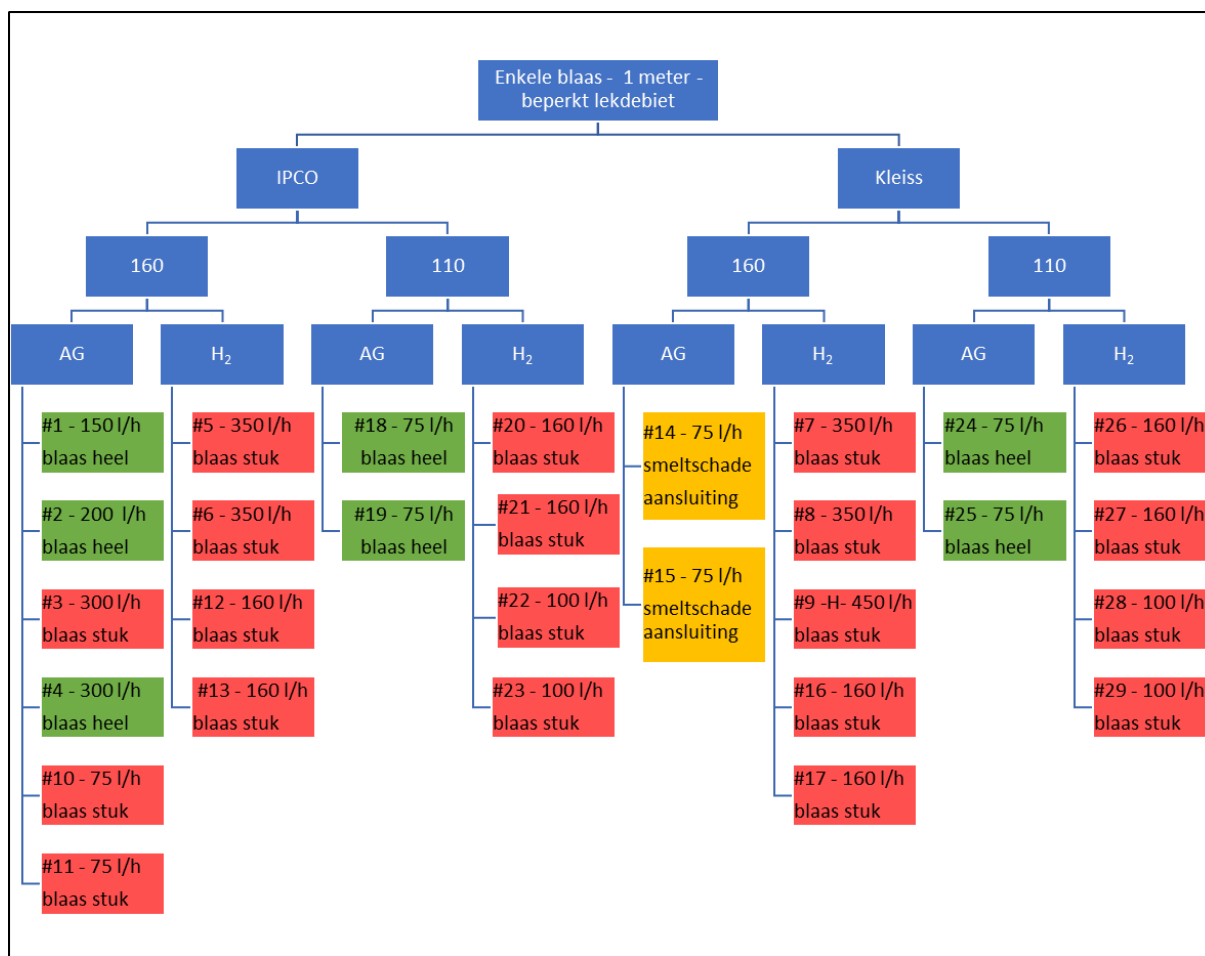
3. Meetresultaten en bevindingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten en bevindingen van de experimenten weergegeven. In 3.1 en 3.2 de resultaten van de experimenten waarbij een waterstof- of aardgaslek werd ontstoken in een 1 meter buis en een 20 meter buis. In 3.3 de resultaten van het doven van een aardgas- en waterstofbrand. In 3.4 de resultaten van de experimenten bij de opstelling met dubbele blazen. Ieder paragraaf begint met een schematische weergave van de bevindingen. Door middel van kleuren is de conditie van de blaas na afloop van de beproeving weergegeven. Bij een groene kleur is de blaas niet aangetast. Een oranje of rode kleur geeft aan dat een blaas is beschadigd respectievelijk stuk is gegaan.

3.1 Directe ontsteking bij een waterstof- of aardgaslek in 1 meter buis

De beproevingen zoals beschreven in deze paragraaf hebben als doel om vast te stellen hoe een enkele gasblaas zich gedraagt bij een directe ontsteking van lekgas. Het lekgas, dat vrijkomt nabij de gasblaas, wordt ontstoken bij uitstroomopening van de buis in de werkput. De blaas bevindt zich op 1 meter afstand van de uitstroomopening. Zie hoofdstuk 2 voor een nadere beschrijving van de meetwijze en de gebruikte testopstelling. Een overzicht van alle uitgevoerde metingen in deze configuratie is weergegeven in onderstaande Figuur 5. Dit betreft de metingen 1 t/m 29. Deze zijn in tabelvorm weergegeven in bijlage III.

Daar waar de blaas niet is aangetast is het betreffende kader in het groen weergegeven. Indien de blaas is beschadigd of stuk is gegaan is dit kader rood of oranje gekleurd. De groen, oranje en rood gekleurde kaders bevatten het nummer van de meting, het gasdebiet en een korte beschrijving van de conditie van de blaas.



Figuur 5 Overzicht van metingen met een enkele blaas in een leidinglengte van 1 meter.

Keuze voor lekdebieten

Voor het lekdebiet aardgas bij meting 1 is de waarde 0,15 m³_n/h gekozen. Deze was gelijk aan het debiet zoals gebruikt bij het onderzoek aan gasblazen zoals uitgevoerd in HyDelta 2. Doordat de blaas hierbij intact bleef is het debiet opgehoogd (metingen 2, 3 en 4). Voor het lekdebiet waterstof bij metingen 5 en 6 is gekozen voor het laagst instelbare lekdebiet van de betreffende Mass Flow Controller (0,35 m³_n/h). Aangezien bij dit debiet de IPCO blaas twee maal faalde, is dit debiet ook gekozen bij de Kleiss blaas. Tevens is een herhalingsmeting uitgevoerd met de Kleiss blaas met een debiet gelijk aan het debiet in HyDelta 2.

Bij metingen 10, 11, 14, 15, 18, 19, 24 en 25 is gekozen voor een lager aardgaslekdebiet. Op het moment van deze metingen (juli 2024) was het duidelijk dat de QA-criteria voor aardgas aangepast zouden worden naar een lekdebiet aardgas van 0,075 m³_n/h per blaas. Afgeleid daarvan zou dit maximaal leiden tot een lekdebiet waterstof van 0,160 m³_n/h en naar verwachting minimaal tot een lekdebiet waterstof van 0,100 m³_n/h. Deze debieten zijn gehanteerd bij metingen 12, 13, 16, 17, 20 t/m 23 en 26 t/m 29. Bij deze metingen in juli 2024 is een Mass Flow Controller met een lager minimaal bereik.

3.1.1 Directe ontsteking aardgas - 1 meter

De meting is achtmaal uitgevoerd met een aardgasdebiet van 75 l/h waarbij de toevoer van aardgas via de blazenlans plaatsvond. Per diameter (160 mm en 110 mm) en per blaas (IPCO en Kleiss) tweemaal. Bij de buis met diameter 110 mm treden er, ondanks waargenomen ontstekingen van het aardgas, geen beschadigingen van de blazen op. Bij de buis met diameter 160 mm is dat wel het geval. Indien de blaas niet stuk raakte, is de gastoevoer na ongeveer 5 minuten gestopt.

Bij de buis met diameter 160 mm zijn er ook een viertal metingen uitgevoerd met een groter lekdebiet. Deze metingen zijn op een ander moment (april 2024) en op een andere locatie (Twente Safety Campus) uitgevoerd. Er is gestart met een lekdebiet van 150 l/h (in lijn met HyDelta 2). Hierbij bleef de blaas heel. Om die reden is er voor gekozen om ook metingen uit te voeren bij grotere lekdebieten, namelijk 200 en 300 l/h. Bij een lekdebiet van 200 l/h bleef de blaas heel, bij 300 l/h bleef de blaas één keer intact en bij de andere keer knapte de blaas. De hardere wind boven en in de werkput tijdens de metingen met het groter lekdebiet heeft er waarschijnlijk voor gezorgd dat het aardgas wel werd ontstoken (zie temperatuurstijging metingen 1 t/m 4, bijlage V) maar niet bleef branden.

Zie voor nadere details van de metingen de Bijlagen IV, V, VI en VII.

Deelconclusies:

In een buis met diameter 160 mm en een lengte van 1 meter kon het geteste aardgas lekdebiet van 75 l/h worden ontstoken. Het brandend aardgas leidt tot aantasting van de blazen, waarbij de blaas in twee van de vier situaties faalde.

Door de aanwezigheid van wind leidt een lekdebiet van 150 tot 300 l/h niet altijd tot een schade aan de gasblaas in geval van een ontstekingsbron direct bij de uitstroomopening.

In een buis met diameter 110 mm en een lengte van 1 meter kon het aardgas lekdebiet van 75 l/h wel worden ontstoken, maar dit leidde niet tot aantasting van de blazen.

3.1.2 Directe ontsteking waterstof – 1 meter

De meting is achtmaal uitgevoerd met een waterstofdebiet van 160 l/h waarbij de toevoer van waterstof via de blazenlans plaatsvond. Per diameter (160 mm en 110 mm) en per blaas (IPCO en Kleiss) tweemaal. In alle acht situaties knapt de blaas.

Bij de buis met diameter 110 mm zijn er ook een viertal metingen uitgevoerd met een kleiner lekdebiet, namelijk 100 l/h. De IPCO blazen knappen en de Kleiss blazen smelten op de aansluitleiding door de aanwezige vlam nabij de uitlaat van de lans. Hierdoor raken ze uiteindelijk lek.

Bij de buis met diameter 160 mm zijn er een vijftal metingen uitgevoerd met een groter debiet dan de eerder genoemde 160 l/h. Er is gekozen voor een debiet van 350 en 450 l/h. De gasblazen knapten hierbij. Bij deze metingen (op een ander moment en andere locatie) was er sprake van een hardere wind.

Zie voor nadere details van de metingen de Bijlagen IV, V, VI en VII.

Deelconclusies:

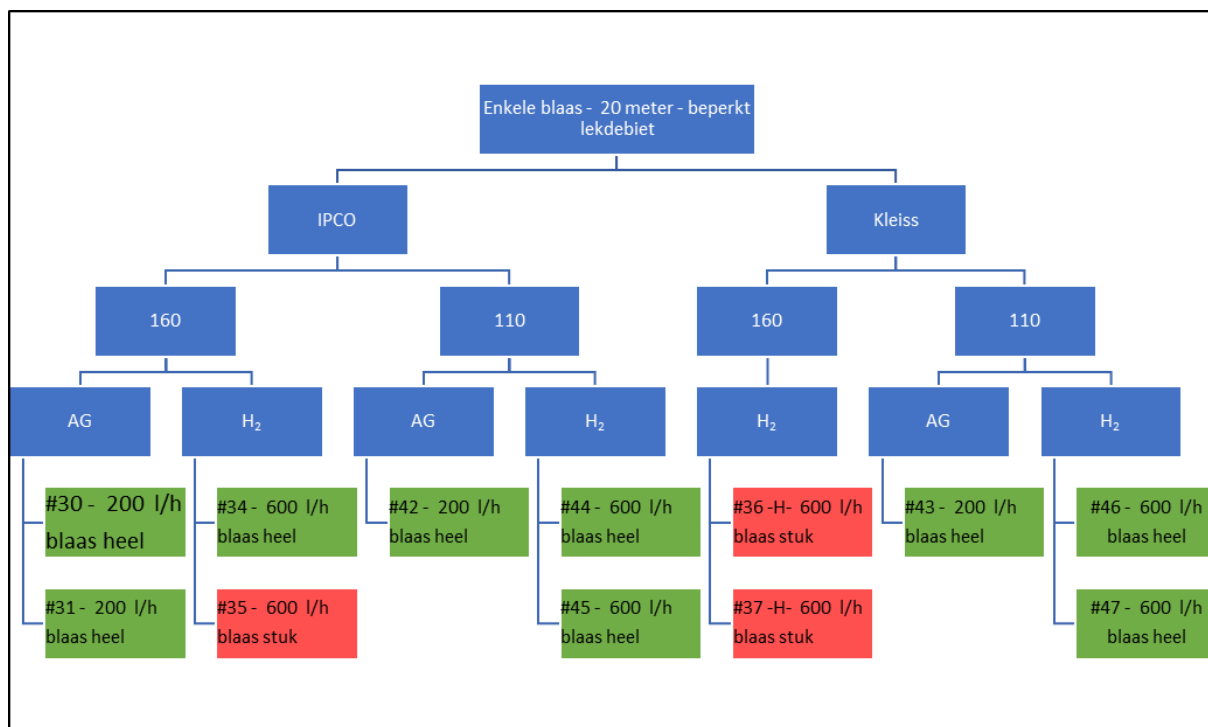
In een buis met diameter 160 mm en een lengte van 1 meter kon het geteste waterstoflekdebiet, variërend van 160 l/h tot 350 l/h, worden ontstoken waarbij het brandend waterstof leidt tot defect raken van de blazen. Dit geldt voor zowel IPCO als Kleiss blazen.

In een buis met diameter 110 mm en een lengte van 1 meter kon het geteste waterstoflekdebiet, variërend van 100 l/h tot 160 l/h, worden ontstoken waarbij het brandend waterstof leidt tot defect raken van de blazen. Dit geldt voor zowel IPCO als Kleiss blazen.

3.2 Directe ontsteking bij een waterstof- of aardgaslek in 20 meter buis

De beproevingen zoals beschreven in deze paragraaf hebben als doel om vast te stellen hoe een enkele gasblaas zich gedraagt bij een directe ontsteking van lekgas dan wel achtergebleven gas nabij de uitstroomopening in een lange lente buis. Een overzicht van alle uitgevoerde metingen in deze configuratie is weergegeven in onderstaande Figuur 6. Dit betreft de metingen 30, 31, 34 t/m 37 en 42 t/m 47. Deze zijn in tabelvorm weergegeven in bijlage III.

Daar waar de blaas niet is aangetast is het betreffende kader in het groen weergegeven. Indien de blaas is beschadigd of stuk gegaan is dit kader rood gekleurd. De groen en rood gekleurde kaders bevatten het nummer van de meting, het gasdebiet en een korte beschrijving van de conditie van de blaas.



Figuur 6 Overzicht van metingen met een enkele blaas in een leidinglengte van 20 meter.

Keuze voor lekdebieten

Voor het lekdebiet bij metingen 30, 31, 42 en 43 is de waarde 0,20 m³_n/h voor aardgas gekozen en bij metingen 34 t/m 37 en 44 t/m 47 een lekdebiet waterstof van 0,60 m³_n/h. Dit is overeenkomstig de ingestelde debieten bij het onderzoek zoals uitgevoerd in HyDelta 2. Deze debieten zijn niet op te vatten als een te verwachten lekdebiet. Met deze debieten kon er binnen een afzienbare tijd (ongeveer

10 minuten) een mengsel in de buis worden verkregen welke een forse explosiekracht veroorzaakt. Voor de maximale lekdebieten op basis van QA-criteria zie paragraaf 3.1, de passage onder figuur 5.

3.2.1 Directe ontsteking aardgas – 20 meter

Er zijn een viertal meetseries uitgevoerd waarbij een debiet van $0,20 \text{ m}^3/\text{h}$ is gehanteerd met de toevoer van aardgas op 30 cm afstand van de blaas. Tijdens deze meetseries met de 110 mm buis zijn er meerdere ontstekingen in een meting waargenomen. Bij de buis met diameter 160 mm trad er in iedere meting slechts een keer een ontsteking op. Dit is met name te zien op basis van de videobeelden. De IPCO en Kleiss blazen blijven intact bij alle beproevingen. Bij deze vier metingen is er halverwege de leiding een meetpunt aangebracht om de concentraties aardgas in de leiding te meten. Deze concentraties laten zien dat er geen sprake is van vlaminslag.

De Kleiss blazen zijn niet getest in een buis met diameter 160 mm omdat die metingen al in HyDelta 2 zijn uitgevoerd.

Zie voor nadere details de Bijlagen IV en VI (metingen 30, 31, 42 en 43).

Deelconclusies:

Op basis van de gemeten gasconcentraties en de videobeelden van de uitstroomopening wordt geconcludeerd dat er geen explosieve ontstekingen in de buis hebben plaats gevonden. Doordat een constante ontstekingsbron aanwezig was, is het aardgas meerdere keren per meetserie ontstoken. Deze ontstekingen bleken niet in staat om het lekkende aardgas blijvend te laten branden. De blazen worden niet aangetast.

Bij de ontsteking van aardgaslekstroom van ca. $0,2 \text{ m}^3/\text{h}$ langs een blaas, welke is geplaatst op grotere afstand (ca. 20 m) vanaf de leidingonderbreking, zal de blaas intact blijven doordat het verbrandingsproces in de buis zichzelf niet in stand houdt.

3.2.2 Directe ontsteking waterstof – 20 meter

Er zijn een achttal meetseries uitgevoerd waarbij een debiet van $0,60 \text{ m}^3/\text{h}$ is gehanteerd met de toevoer van waterstof op 30 cm afstand van de blaas.

De Kleiss blazen in een buis met diameter 160 mm waren al in het onderzoek van HyDelta 2 getest. Deze zijn als herhalingsmetingen ook uitgevoerd in dit onderzoek.

Zowel de IPCO blazen als de Kleiss blazen blijven heel bij de ontstekingen in de buis met diameter 110 mm.

Bij de buis met diameter 160 mm zijn de ontstekingen merkbaar heftiger. Dit leidt éénmaal tot het knappen van een IPCO blaas en tweemaal tot het knappen van een Kleiss blaas.

Bij een relatief klein waterstoflek ($0,6 \text{ m}^3/\text{h}$) nabij een gasblaas op een afstand van 20 meter van de leidingonderbreking én de aanwezigheid van een ontsteekbron, vond een heftige ontsteking plaats in een buis met diameter 160 mm waardoor de blazen defect raakten.

Zie voor nadere details de Bijlagen IV, V, VI en VII (metingen 34 t/m 37 en 44 t/m 47).

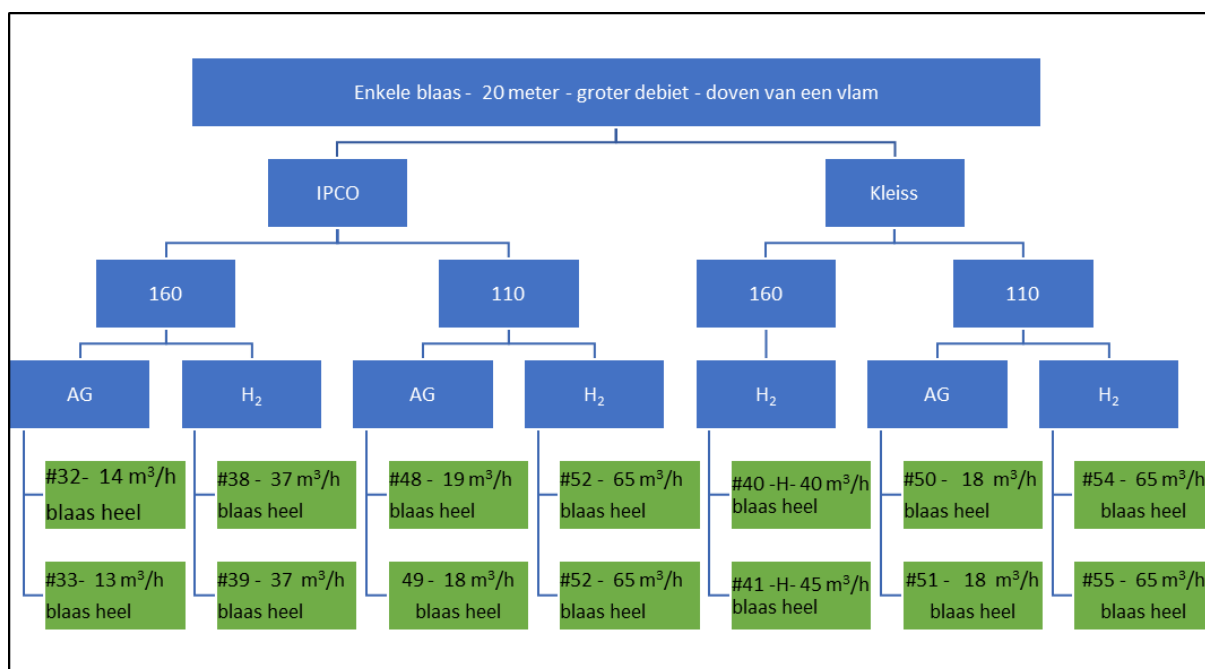
Deelconclusies:

Voor een toepassing in een waterstofleiding met diameter groter dan 110 mm zijn de huidige enkele blazen van IPCO en Kleiss niet geschikt als afdichtingsmiddel voor situaties waarbij de blaas op een grote afstand is geplaatst van de uitstroomopening².

Bij een buis met diameter 110 mm zijn de blazen wel bestand tegen een onverhoopte ontsteking.

3.3 Plaatsing van een blaas nadat waterstof of aardgas is ontstoken

De beproevingen zoals beschreven in deze paragraaf hebben als doel om vast te stellen hoe een gasblaas zich gedraagt bij het doven van een gasbrand als gevolg van de ontsteking van vrij uitstromend gas. Zie 2.2 voor een nadere beschrijving van de meetwijze en de gebruikte testopstelling. Een overzicht van alle uitgevoerde metingen in deze opstelling is weergegeven in onderstaande Figuur 7. De groene kaders geven aan dat de blazen niet zijn aangetast tijdens de metingen. Deze kaders bevatten tevens het nummer van de meting en het gasdebiet.



Figuur 7 Overzicht van metingen met een enkele blaas in een leidinglengte van 20 meter, doven van een vlam

Het debiet betrof het maximaal haalbare debiet in de gehanteerde opstelling voordat de gasblaas werd opgeblazen bij een leveringsdruk van 100 mbar.

3.3.1 Plaatsing blaas bij brand van vrij uitstromend aardgas

Deze metingen zijn zesmaal uitgevoerd waarbij het uit de leiding stromende gas met een vonkontsteker is ontstoken. De Kleiss blazen zijn niet getest in een buis met diameter 160 mm omdat die metingen al in HyDelta 2 zijn uitgevoerd.

² Dit was al bekend vanuit HyDelta 2 op basis van de metingen aan de Kleiss blazen. Dit heeft tot een aanbeveling "block & bleed" geleid.

De blazen zijn niet aangetast. Er heeft geen temperatuurstijging nabij de blaas plaats gevonden. Zie voor nadere details de Bijlagen IV en VII (metingen 32, 33 en 48 t/m 51).

Deelconclusie

Een gasbrand in een aardgasleiding kan probleemloos met een blaas worden afgesloten met zowel IPCO als Kleiss blazen.

NB. Dit geldt op voorwaarde dat de blaas op druk blijft.

3.3.2 Plaatsing blaas bij brand van vrij uitstromend waterstof

Deze metingen zijn achtmaal uitgevoerd waarbij het uit de leiding stromende gas met een vonkontsteker is ontstoken.

De blazen zijn niet aangetast. Er heeft geen temperatuurstijging nabij de blaas plaats gevonden. Zie voor nadere details Bijlagen IV en VII (metingen 38 t/m 41 en 52 t/m 55).

Deelconclusie

Een gasbrand in een waterstofleiding kan probleemloos met een blaas worden afgesloten met zowel IPCO als Kleiss blazen.

NB. Dit geldt op voorwaarde dat de blaas op druk blijft.

NB. Er is getest met een debiet van $65 \text{ m}^3/\text{h}$ (buis met diameter 110 mm) en een debiet van $40 \text{ m}^3/\text{h}$ (buis met diameter 160 mm). Dit komt overeen met snelheden van respectievelijk 2,4 m/s en 0,7 m/s. De stroomsnelheid zal bij een daadwerkelijke lekkage vele malen groter zijn. In dit onderzoek is het effect van het stoppen van het brandend waterstof onderzocht. Als in praktijk de gasuitstroming met een blaas wordt gestopt dan zal de snelheid dalen en uiteindelijk ook de uitstroomsnelheid van 0,7 m/s bereiken, waarbij het verder oppompen van de blaas de uitstroomsnelheid nog verder verlaagt. In dit onderzoek is beoordeeld of mogelijke vlaminslag van negatieve invloed is op de werking van de blaas. Vlaminslag zal optreden bij lagere uitstroomsnelheden van het gas.

In een waterstofnet zal de stroomsnelheid mogelijk drie keer hoger zijn in vergelijking met de stroomsnelheid in een aardgasnet. Of een blaas bij deze hoge snelheden is te plaatsen zal nader onderzocht moeten worden.

3.4 De effectiviteit van dubbele blazen

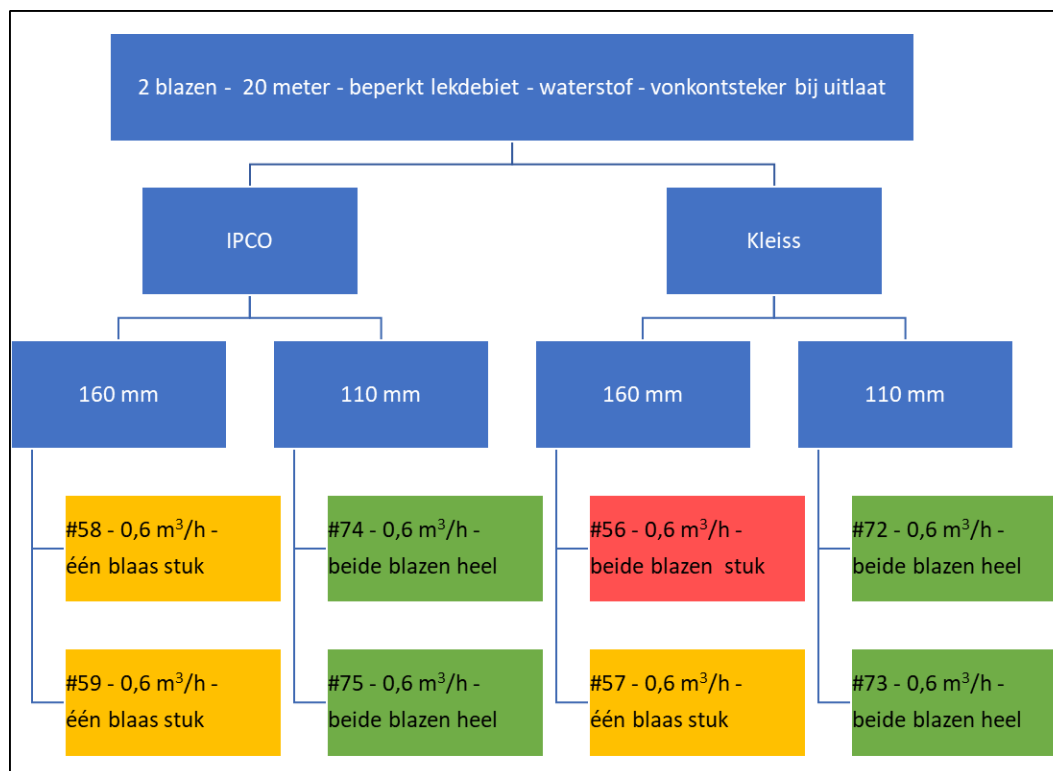
In de rapportage “HyDelta 2” is het zetten van dubbele blazen als aanvullende maatregel voorgesteld bij de toepassing van gasblazen in een lange lengte (bij incidentbestrijding; afstand blaas tot uitstroomopening kan 20 meter zijn). Hierbij worden twee gasblazen in serie geplaatst. De ruimte tussen de blazen staat in contact met de atmosfeer zodat lekgas van de buitenste blaas naar de omgeving kan plaats vinden. Tevens kan in die opstelling gestart worden met het waterstofvrij maken van het leidingdeel tussen de binnenste blaas en de uitstroomopening door te spoelen met stikstof. In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven waarbij wordt beoordeeld wat de effecten zijn van onverhoopte ontstekingen tijdens het zetten van dubbele blazen, nog voordat het stikstofspoelen is opgestart.

3.4.1 Ontsteking nadat twee blazen zijn gezet

Deze metingen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen op het effect van een ontsteking indien twee blazen zijn geplaatst. Hierbij is een lekdebiet gekozen die, vanuit een volledig met lucht gevulde leiding, uiteindelijk zorgde voor heftige ontstekingen (zie paragraaf 3.2.2).

Zie 2.3.1 voor een nadere beschrijving van de meetwijze en de gebruikte testopstelling. Een overzicht van alle uitgevoerde metingen in deze configuratie is weergegeven in onderstaande Figuur 8. Dit betreft de metingen 56 t/m 59 en 72 t/m 75. Deze zijn in tabelvorm weergegeven in bijlage III.

Daar waar de blaas niet is aangetast is het betreffende kader in het groen weergegeven. Indien één van de twee blazen in serie is beschadigd of stuk gegaan is dit kader oranje gekleurd. Indien beide stuk zijn gegaan heeft het kader de rode kleur. De groen, oranje en rood gekleurde kaders bevatten het nummer van de meting, het gasdebiet en een korte beschrijving van de conditie van de blazen.



Figuur 8 Overzicht van metingen met dubbele blazen in een leidinglengte van 20 meter

Zowel de IPCO blazen als de Kleiss blazen blijven, ondanks de krachtige ontstekingen, intact in de buis met diameter 110 mm. Dit was ook enigszins te verwachten op basis van de resultaten van de metingen aan de enkele blaas (zie paragraaf 3.2.2).

Bij de buis met diameter 160 mm zijn de ontsteking merkbaar heftiger. In drie van de vier gemeten situaties is één van de twee blazen geknapt bij de andere situatie knapten beide blazen.

Bij de twee metingen met de IPCO blazen houden de buitenste blazen stand en knappen de binnenste blazen. De buitenste blazen zijn niet aangetast.

Bij de twee metingen met de Kleiss blazen houdt bij één meting de buitenste blaas stand en knapt de binnenste blaas. De buitenste blaas is niet aangetast.

Bij de andere meting gaan beide blazen stuk als gevolg van de krachtige ontsteking.

Zie voor nadere details van de metingen de Bijlagen IV, V, VI en VII.

Deelconclusies

- In een buis met diameter 110 mm en een lengte van 20 meter houden twee in serie geplaatste blazen stand. Dit geldt voor zowel de IPCO als de Kleiss blazen.
- In een buis met diameter 160 mm kunnen twee in serie geplaatste blazen beide falen.

3.4.2 Ontsteking na plaatsing van buitenste blaas en het effect op het binnenste blaasgat-opzetstuk en binnenste lans

Deze metingen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen op het effect van een ontsteking indien één van de twee blazen is geplaatst. Bij deze beproevingen is alleen de buitenste blaas geplaatst en de binnenste blaas niet. Waarbij het opzetstuk van de binnenste blaas wel is geplaatst en de dop van dit opzetstuk is losgenomen. Met andere woorden; de monteur staat op het punt de lans van de binnenste blaas in te brengen.

Zie 2.3.2 voor een nadere beschrijving van de meetwijze en de gebruikte testopstelling. Een overzicht van alle uitgevoerde metingen in deze configuratie is weergegeven in onderstaande Figuur 9. Dit betreft de metingen 60 t/m 71 en 76 t/m 81. Deze zijn in tabelvorm weergegeven in bijlage III.

Daar waar er het blaasgat-opzetstuk of lans niet is beschadigd en daar waar geen steekvlam uit het blaasgat-opzetstuk is gekomen is het kader groen weergegeven. Indien er zich wel een ongewenste situatie heeft voorgedaan is het kader rood gekleurd. De groen en rood gekleurde kaders bevatten;

- het nummer van de meting,
- het component dat aan de ontsteking is onderworpen (bg-stuk of lans),
- de concentratie waterstof op een bepaalde afstand van de blaas waarbij de ontsteking is aangebracht.



Figuur 9 Overzicht van metingen met voorbereidingen op dubbele blazen in een leidinglengte van 20 meter

Vanwege de specifiekere uitvoering volgt hieronder een toelichting per meting.

Metingen 60 & 61 – buis 160 mm

Bij deze concentratiemetingen is vastgesteld op welke wijze de concentratie in de buis daalde én of er nog sprake was van de uitstroming van een brandbaar mengsel. Het blijkt dat bij de buis met 160 mm er langdurig een brandbaar mengsel uitstroomt ter plaatse van de uitstroomopening. Zie de grafieken in bijlage VI. Om deze reden zijn er bij de buis met diameter 160 mm ontstekingsproeven uitgevoerd op het moment dat gasconcentraties 30% waren op respectievelijk 15, 10 en 5 meter vanaf de blaas. Zie de resultaten bij metingen 62 t/m 67.

Metingen 62 & 63 – buis 160 mm – ontsteking bij 30% op 15 meter vanaf de blaas – Kleiss blaas

Bij meting 62 klappt het blaasgat-opzetstuk eruit, bij meting 63 is dat niet het geval. In beide gevallen blijven de blazen intact.

Metingen 64 & 65 – buis 160 mm – ontsteking bij 30% op 10 meter vanaf de blaas – Kleiss & IPCO blaas

Dit blijkt de meest kritische hoeveelheid waterstof te zijn. Deze omstandigheid is daarom getest met een IPCO blaas en Kleiss blaas. Zowel de gasblaas als het blaasgat-opzetstuk klappen eruit bij zowel IPCO als Kleiss. Deze omstandigheid is ook getest met een niet volledig aangedraaide 2^e lans. Zie de toelichting hieronder (metingen 68 t/m 71).

De ontstekingen waar het meest krachtig van alle waargenomen ontstekingen in dit onderzoek. Waarschijnlijk komt dat doordat het rubberen terugslagklepje niet wordt dichtgedrukt door de gasdruk. Hierdoor kan er op twee plaatsen in de leiding waterstof uittreden en lucht naar binnen komen. Namelijk nabij het blaasgat-opzetstuk en nabij de werkput.

Metingen 66 & 67 – buis 160 mm – ontsteking bij 30% op 5 meter vanaf de blaas – Kleiss blaas

Geen krachtige ontsteking. De blaas en het blaasgat-opzetstuk blijven bij deze twee metingen intact.

Metingen 68 & 69 – buis 160 mm – ontsteking bij 30% op 10 meter vanaf de blaas – lansen IPCO

De binnenste lans (voorzien van een blaas) is één volle slag aangedraaid. Bij 4 slagen is deze lans volledig aangedraaid. Bij deze twee metingen wordt binnen 5 seconden na het activeren van de vonkontsteking een ontsteking van het waterstof waargenomen.

Bij één meting is de blaas stuk (meting 69) bij de andere meting niet. In beide gevallen blijft de binnenste lans in zijn normale in de positie waarin deze werd aangebracht. De niet opgeblazen blaas was al wel ingebracht. Ná meting 68 was deze nog intact, maar ná de uitvoering van meting 69 bleek de buitenkant van de blaas gescheurd te zijn. De blaas was wel op druk te krijgen en te houden. De binnenste blaas was kennelijk nog intact.

Metingen 70 & 71 – buis 160 mm – ontsteking bij 30% op 10 meter vanaf de blaas – lansen Kleiss

De binnenste lans (voorzien van een vacuüm gezogen, blaas) is één volle slag aangedraaid. Bij 2,5 slagen is deze lans volledig aangedraaid. Bij deze twee metingen wordt binnen 5 seconden na het activeren van de vonkontsteking een ontsteking van het waterstof waargenomen.

Bij een meting is de buitenste blaas stuk (meting 70) bij de andere meting niet. In beide gevallen blijft de binnenste lans, ondanks een krachtige ontsteking van het waterstof, in de positie waarin deze werd aangebracht. De binnenste blaas blijft intact.

Meting 76 – buis 110 mm

Bij deze concentratiemetingen is vastgesteld op welke wijze de concentratie in de buis daalde én of er nog sprake was van de uitstroming van een brandbaar mengsel. Voor een daling van concentraties (zonder ontsteking) zie de grafieken in bijlage VI behorende bij meting 76.

Meting 77 & 78 – buis 110 mm

Bij deze twee metingen is na ongeveer 2,5 minuut een concentratie van 30% waterstof in lucht op 15 m vanaf blaas. Hierna is de ontsteking geactiveerd. Er leek geen ontbranding te zijn, maar na een beoordeling van de videobeelden vanuit de werkput is er bij deze twee metingen beide keren één niet explosieve ontsteking waargenomen. Deze ontstekingen hebben geen effect gehad op de blaas of het binnenste blaasgas-opzetstuk. Er stroomt wel zichtbaar waterstof uit het blaasgat met geopende dop (voorafgaande aan de ontsteking). Dit komt doordat het gas in de buis tussen de blaas en de

uitstroomopening in de werkput min of meer drukloos is. Het rubberen flapje zakt door zijn eigen gewicht en het ontbreken van de gasdruk naar beneden.

Omdat bij metingen 77 en 78 géén sprake van een ontsteking leek te zijn én omdat de aflezingen van waterstofconcentratie nabij de uitstroomopening vrij snel na het stoppen van de gastoevoer een concentratie van 0% aangaf is besloten dat het niet zinvol was om metingen uit te voeren waarbij de vonkontsteker werd bekrachtigd op het moment dat de concentratie op 10 en 5 meter vanaf de blaas 30% was. Het gas zou immers niet meer ontstoken kunnen worden én er is minder gas in de leiding aanwezig omdat er langer uitstroming heeft kunnen plaats vinden.

Meting 79 – buis 110 mm

Bij deze meting is 3 minuten nadat de gastoevoer is gestopt een concentratie van 30% waterstof in lucht op 15 m vanaf blaas bereikt. Hierna is de ontsteking geactiveerd. Eén minuut daarna is de dop los op het blaasgat-opzetstuk (ten behoeve van de binnenste blaas) gezet. Er heeft geen ontbranding van waterstof plaats gevonden.

Meting 80 & 81 – buis 110 mm

Nadat de buis is gevuld met 100% H₂ is de toevoer gestopt en de continue vonkende vonkontsteker geactiveerd. Er werd bij deze beide metingen direct een ontsteking van waterstof waargenomen in de werkput (en ook vanaf afstand). Niet al het waterstof is opgebrand, want ook na de ontsteking van waterstof stroomt er nog waterstof uit het BG-opzetstuk. De ontstekingen hebben geen effect op blaasgat-opzetstuk of de gasblaas gehad.

Op basis van de resultaten bij metingen 80 en 81 (directe ontsteking van de volledig met waterstof gevulde leiding) is besloten om geen metingen uitvoeren waarbij een 2e lans werd geplaatst, er was immers al geen effect op het blaasgas-opzetstuk waarneembaar. Doordat er geen explosieve ontsteking in de leiding optrad, is er geen effect op de gebruikte blaas. In dit geval is de meting uitgevoerd met IPCO blazen. Dit was een willekeurige keuze. Het fabricaat van de blaas is bij deze metingen van ondergeschikt belang.

Zie voor nadere details van de metingen de Bijlagen IV, V, VI en VII.

Deelconclusies

Een onverhoopte ontsteking tijdens het plaatsen van de binnenste blaas kan tot ongewenste gevolgschade leiden. Dit zijn bijvoorbeeld een losschietend onderdeel vanuit het blaasgat-opzetstuk of een buitenste blaas die stuk raakt. Hiervan is alleen sprake bij de buis met diameter 160 mm en dit is onafhankelijk van het fabricaat. Met name het, met forse kracht, losschietende onderdeel vanuit het blaasgat-opzetstuk kan tot letsel bij een monteur leiden.

Een niet volledig aangedraaid lans in een buis met diameter 160 mm leidt niet tot het losschieten van de lans. Mocht de niet opgeblazen blaas al zijn ingebracht, dan kan deze wel beschadigd raken bij een onverhoopte ontsteking van het nog aanwezige waterstof.

Bij een buis met diameter 110 mm zijn er in geval van een onverhoopte ontsteking nabij de uitstroomopening, geen nadelige gevolgen te verwachten bij het zetten van een binnenste blaas nadat de buitenste blaas al is geplaatst.

4. Conclusies

4.1 Algehele conclusies

Op basis van de uitgevoerde experimenten is gebleken dat het gebruik van enkel geplaatste gasblazen niet altijd veilig is.

4.1.1 Toepassing met aardgas

Bij toepassing in een leiding met een diameter 110 mm zijn bij aardgas geen bezwijkende blazen waargenomen. Bij de toepassing in een leiding met diameter 160 mm is dat wel het geval. Dit laatste bij een directe ontsteking van lekgas in een buis met een lengte van 1 meter. Hierbij dient te worden opgemerkt dat er enkele belangrijke verschillen zijn tussen deze metingen en de situaties in de dagelijkse praktijk. Bij de metingen was er een permanente ontstekingsbron nabij de uitstroomopening aanwezig én de lekkage was gericht op de gasblaas. Er zijn geen incidenten met aardgas bekend waarbij lekgas is ontstoken en leid tot falen van de gasblaas.

Het doven van een aardgasbrand in een buis een diameter van 110 mm én 160 mm is mogelijk met zowel de IPCO als de Kleiss blazen zonder dat blazen beschadigd raken.

4.1.2 Toepassing met waterstof

Bij toepassing in een leiding met een diameter 110 mm en diameter 160 mm zijn bij waterstof bezwijkende blazen waargenomen bij buislengtes van 1 meter en 20 meter.

Het doven van een waterstofbrand in een buis met een diameter van 110 mm én 160 mm is mogelijk met zowel de IPCO als de Kleiss blazen zonder dat blazen beschadigd raken.

4.2 Beantwoording van onderzoeksvragen

Op basis van de uitgevoerde experimenten zijn de onderzoeksvragen zoals opgenomen in paragraaf 1.3 als volgt te beantwoorden.

4.2.1 IPCO blazen als tijdelijk afsluitmiddel in waterstof distributienetten

IPCO blazen zijn in te zetten als tijdelijk afsluitmiddel in waterstof distributienetten. Er zijn wel specifieke aanbevelingen afhankelijk van de diameter en de lengte van de buis waarin de blazen worden toegepast. Deze aanbevelingen gelden overigens niet alleen voor de IPCO blazen, maar ook voor de Kleiss blazen. Zie hiervoor hoofdstuk 5 en 6 van dit rapport.

4.2.2 Effecten bij onverhoopte ontstekingen in leidingen met een diameter kleiner dan 160 mm

Een klein lekdebiet waterstof dat wordt ontstoken nabij de uitstroomopening van een buis met een lengte van 1 meter en een diameter van 110 mm leidt tot het knappen van de gasblazen van zowel IPCO als Kleiss. Dit is overigens ook waargenomen met buizen met een diameter van 160 mm.

Een gas/luchtmengsels dat wordt ontstoken nabij de uitstroomopening van een buis met een lengte van 20 meter en een diameter van 110 mm leidt niet tot het bezwijken van de enkel gezette blazen. Dit geldt voor de IPCO en Kleiss blazen voor zowel aardgas als waterstof. Om deze reden is het zetten van dubbele blazen in buizen met diameter 110 mm of kleiner niet noodzakelijk.

4.2.3 Block & bleed in combinatie met stikstof als mitigerende maatregel

Het stoppen van de gastoevoer door middel van block & bleed én het starten van het spoelen met stikstof zal de aanwezige waterstof snel verdrijven, waardoor de kans op een ontsteking van waterstof verkleint. Dit blijkt al uit eerdere onderzoeken [2] [3].

Het plaatsen van dubbele blazen verhoogt de kans op het handhaven van de gestopte gasuitstroming. Het falen van beide blazen, bij afwezigheid van het spoelen met stikstof, is echter niet uit te sluiten.

Mocht er bij de voorbereidende activiteiten ten behoeve van het zetten van de binnenste blaas, nadat de buitenste blaas is geplaatst én voordat de stikstofspoeling is gestart, een ontsteking van waterstof plaats vinden, dan kunnen de volgende ongewenste gebeurtenissen zich voordoen;

- De opgeblazen buitenste blaas kan knappen;
- Een onderdeel van het binnenste blaasgat-opzetstuk kan losschieten;
- De nog niet opgepompte binnenste blaas kan stuk raken.

5. Mitigerende maatregelen

Op basis van de uitgevoerde metingen is bij een “kleine” lekkage waterstof ($< 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$) ter plaatse van een gasblaas een aantasting van de blaas mogelijk indien een ontstekingsbron nabij de uitstroomopening in de werkput aanwezig is. De blaas zou kunnen verbranden (in geval van een blaas op ca. 1 meter afstand van de uitstroomopening) of de blaas zou kunnen knappen (in geval van een blaas op 20 meter afstand van de uitstroomopening).

De aanwezigheid van waterstof stroomafwaarts van de geplaatste blaas is denkbaar door de beperkte toelaatbare lekkage volgens Gastec QA keuringseisen 194 en 214, door vervuiling of beschadiging van de buis waardoor er enige lekkage optreedt of doordat er na het stoppen van de vrije gasstroom nu eenmaal waterstof in de leiding zit. Dit gas stroomt langzaam uit de leiding waarbij lucht in de leiding stroomt. Gedurende langere tijd zal een brandbaar gas/luchtmengsel in de leiding aanwezig zijn. Bij waterstof is de periode nu eenmaal langer in vergelijking met aardgas door de ruimere brandbaarheidsgrenzen van waterstof. Bij een onverhoopte ontsteking is de impact bij waterstof groter gebleken in vergelijking met aardgas.

Maatregelen die de kans op aantasting van de blaas moeten verkleinen zullen zich richten op het voorkomen van;

- Een gaslek (het doorlaten van gas bij van een blaas);
- Het vormen van een brandbaar mengsel;
- Een ontsteking.

Gebaseerd op eerder onderzoek [1], lijken de huidige maatregelen bij toepassing van blazen in het aardgas distributienet niet tot verbranding van de blaas te leiden. De **huidige** maatregelen zijn o.a;

1. Controle op dichtheid van de blaas vooraf.
2. Controle op het op druk blijven van de blaas na plaatsing.
3. Voorkomen van ontsteking in de werkput door afzetten werkput, geen gereedschap gebruiken dat vonken genereert en gebruik van antistatische kleding.
4. Meten van de gasconcentratie in de werkput. Indien een persoon aanwezig is in de werkput, dan gebeurt dit m.b.v. de gasdetector van die persoon.

Voor overige maatregelen zie G-24 (www.beiviag.nl).

Voor blazen die op een afstand van **ongeveer 1 meter** van het buiseind wordt geplaatst:

1. Het geforceerd ventileren van de werkput;
2. Meten van de gasconcentratie bij het buiseind (bovenin de buis);
3. Nadat de blazen zijn gezet en het leidingdeel waaraan werkzaamheden zijn gepland drukloos is gemaakt, het betreffende deel ontgassen door te spoelen met stikstof.

Bij het plaatsen van een blaas op een afstand van 1 meter van het buiseind in een waterstofnet is de verwachting dat de huidige maatregelen voldoende zijn om een veilige toepassing te borgen. Met name bij proefprojecten is het zinvol om de voorgestelde aanvullende maatregelen te overwegen en/of te valideren.

Voor blazen die op een afstand **groter dan 1 meter** van het buiseind wordt geplaatst:

1. Toepassen van een type blaas met stevigere constructie dan degenen zoals zijn getest. Dit vergt een toepassing van een ander type blaas dan wel een modificatie van de huidige typen die door de fabrikanten zouden moeten worden gerealiseerd.
2. Toepassen van een dubbele blaas met ontgassing tussen de blazen (block & bleed)
3. Toepassen van een enkele blaas met een ventilatie-afvoer achter de blaas (air-moven)
4. Het geforceerd ventileren van de werkput.
5. Meten van de gasconcentratie bij het buiseind (bovenin de buis)
6. Nadat een enkele blaas of dubbele blaas is gezet, het deel tussen de blaas en de uitstroomopening ontgassen door te spoelen met stikstof.

De genoemde maatregelen kunnen onafhankelijk van elkaar worden toegepast, met dien verstande dat door toepassen van air-moven (maatregel 3) ook de werkput extra zal worden geventileerd (maatregel 4) door toetreding van lucht in de onderbroken buis. Het nadeel van de maatregelen 3 en 4 is dat de gasconcentratie waterstof weliswaar zal afnemen, maar dat er over een bepaalde periode een brandbaar mengsel ontstaat. Gezien de ruimere brandbaarheidsgrenzen voor waterstof is die periode bij waterstof langer dan bij een vergelijkbare situatie voor aardgas.

In dit voorliggende rapport is de maatregel van block & bleed aanvullend onderzocht en blijken er aandachtspunten naar voren te komen voor wat betreft de uitvoering. Zie hoofdstuk 6.

6. Aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Bij buizen met een diameter groter dan 110 mm is het, in geval van een ongecontroleerde gasuitstroom, raadzaam om twee blazen toe te passen. De kans dat de gasuitstroom weer op gang komt na een onverhoopte ontsteking van een waterstof/luchtmengsel neemt dan af. Het stuk raken van beide blazen is niet volledig uit te sluiten. Dit toont de meerwaarde aan van het spoelen met stikstof.
2. Bij het zetten van dubbele blazen (in geval leiding met diameter > 110 mm) kan de keuze gemaakt worden om eerst de buitenste blaas te zetten en daarna te starten met de voorbereidingen van de 2^e (binnenste) blaas. Bij een onverhoopte ontsteking van het nog aanwezige waterstof kan echter een onderdeel van het binnenste BG-stuk losschieten en tot letsel bij de monteur leiden. Met name de borgring van het rubberen terugslagklepje is kritisch. Daarom is het raadzaam om de voorbereidingen voor beide blazen volledig afgerond te hebben (dus inclusief inbrengen van de lansen met blazen). Hierbij is het raadzaam om de ontgassingskraan nog niet te openen, dit om intrede van lucht bij de werkput te beperken. Daarna kan er gestart worden met het opblazen van de buitenste blaas, kort daarna het opblazen van de binnenste blaas en daaropvolgend zal men de stikstofinvoeding dienen te starten. Deze volledige werkwijze heeft de volgende voordelen;
 - Het verkleint de kans op letsel bij de monteur door een losschietend onderdeel van het blaasgas-opzetstuk.
 - Het verkleint de kans op uitstromen van waterstof bij het binnenste blaasgas-opzetstuk door een niet afdichtend terugslagklepje.
 - Het verkleint de kans op de vorming van een brandbaar mengsel omdat de buitenste en binnenste blaas kort na elkaar opgeblazen kunnen worden en daardoor de stikstofspoeling sneller gestart kan worden.

Na het op druk brengen van beide blazen dient de ruimte tussen de blazen in druk verlaagd te worden naar een druk ongeveer gelijk aan de atmosfeer. Daarna wordt de betreffende kraan weer gesloten. De druk tussen de blazen dient bewaakt te worden. Bij een stijgende druk dient er weer afgeblazen te worden. Een andere toepassing die de intrede van lucht voorkomt behoort ook tot de mogelijkheden.

3. Het is raadzaam om deze rapportage onder de aandacht te brengen van fabrikanten van gasblazen zodat zij de gasblazen, lansen, bedieningsinstructies en andere toebehoren op de bovengenoemde werkwijze kunnen afstemmen.
4. In een waterstofnet zal de stroomsnelheid mogelijk drie keer hoger zijn in vergelijking met de stroomsnelheid in een aardgasnet. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken of een blaas bij deze hoge snelheden is te plaatsen. In de huidige Gastec QA criteria (KE 194) wordt uitgegaan van een maximale gassnelheid van 80 m/s.
5. Het is raadzaam om deze rapportage onder de aandacht te brengen van het College van deskundigen Gastec QA. Dit met als doel om KE 194 en KE 214 daar waar nodig in lijn te brengen met de bevindingen uit deze rapportage³.
6. Overweeg, met name bij diameters groter dan DN 100, de inzet van andere manieren van sectioneren in een waterstofdistributienet. Hierbij valt te denken aan knevelen, stoppelen en/of het plaatsen van vaste afsluiters.

³ Op het moment van schrijven van dit rapport worden beide keuringseisen herzien.

Op basis van de bevindingen zoals beschreven in dit rapport en in het gasblazen rapport “HyDelta 2” [1] wordt de inzet van gasblazen als volgt;

Tabel 2 Toepassing van enkele of dubbele blazen afhankelijk van activiteit en leidingdiameter

Omschrijving van activiteit		Diameter van de leiding		
		≤ DN 100	DN 150	≥ DN 200
Gepland werk (afstand blaas tot opening ≤ 1 m)	Uitbreiding op een uitloper	enkel	enkel	dubbel
	Aanbrengen T-stuk	enkel	enkel	dubbel
	Reparatie lekkage na bovengronds lekzoeken	enkel	enkel	dubbel
Incidentbestrijding (afstand blaas tot opening > 1 m)	Doven gasbrand	enkel	enkel	dubbel
	Stoppen gasuitstroom	enkel	dubbel	dubbel

Bij aardgas dienen er volgens VWI G-24 twee gasblazen in serie te worden geplaatst bij;

- leidingen met diameter ≥ DN 150 in geval van toepassing van gasblazen zonder QA
- leidingen met diameter > DN 300

Bij waterstof is het uitgangspunt dat er gasblazen worden gekozen met een QA-keurmerk. Daarnaast is de grens van toepassing van dubbele blazen bij inzet in een waterstofnet verlaagd van > DN 300 bij aardgas naar ≥ DN 200 omdat de uitstroom van gas bij onverhoopt falen van de blaas bij waterstof groter is dan bij aardgas.

Het zetten van dubbele blazen gaat gepaard met spoelen met stikstof.

Om de toepassing eenvoudig te houden kan er voor gekozen worden om dubbele blazen toe te passen waar het volgens bovenstaande tabel niet strikt noodzakelijk is.

Referenties

- [1] Kiwa Technology, "HyDelta: D6B.2A & D6B.2B Report on ignition scenarios and experiments during the use of inflatable gas stoppers to mitigate natural gas and hydrogen leaks in the low pressure gas distribution grid," 2023. [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/8112254>.
- [2] S. Lueb, "Beproeving block & bleed - Het zetten van gasblazen onder waterstofcondities in een gasdistributienet (Enexis)," 2023.
- [3] Kiwa Technology, "Spoelen van waterstofleidingen_GT-200289," 2021.

Bijlagen

I. Achtergrond Block & bleed in combinatie met stikstof spoelen

Om vast te stellen op welke wijze onderzocht ging worden of de mitigerende maatregel “block & bleed in combinatie met stikstof spoelen” effectief is, is de maatregel uitvoerig met de EAG besproken. Dit aan de hand van een onderzoek uitgevoerd in opdracht van Enexis [2] en een uitwisseling van ervaringen vanuit de netbeheerders. Hieronder volgt een nadere toelichting op de wijze van testen.

Bij het plaatsen van twee blazen in serie (block & bleed) wordt de volledige toevoer van gas naar de lekkage gestopt. Direct na het stoppen van de gastoevoer zal de concentratie gas dalen door intrede van lucht (in geval van een grote lekkage). Op basis van de resultaten zoals verkregen bij HyDelta 2 is een lage concentratie waterstof kritisch gebleken. Bij een lekdebiet van $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$ waterstof in een met lucht gevulde 160 mm leiding en een ontstekingsbron bij de uitstroomopening faalde de Kleiss blaas bij twee van de drie metingen. Bij deze twee metingen traden de explosieve ontstekingen na ongeveer 10 minuten op. De 20 meter leiding heeft een inhoud van 315 liter. In 10 minuten is er 60 liter waterstof toegevoerd. De gemiddelde concentratie (het zal geen homogeen mengsel zijn geweest) is 19% gas in lucht. Op sommige plaatsen in de leiding zal er sprake zijn van een ideaal mengsel (30% waterstof in lucht). Dat na het stoppen van de gastoevoer én na het starten van het spoelen met stikstof het aanwezige waterstof wordt verdreven hoeft wat de EAG betreft niet meer onderzocht te worden. Dit blijkt al uit eerdere onderzoeken [3]

Vragen die tijdens een EAG-bijeenkomst zijn benoemd;

- 1) Houden de twee blazen stand (in een block & bleed configuratie) na een onverhoopte ontsteking?

Deze situatie kan bijvoorbeeld optreden als het spoelen van stikstof later dan verwacht wordt opgestart en/of dat het binnentreden van lucht al volop heeft plaats gevonden voordat gestart is met het spoelen met stikstof). Nb in de praktijk is de keuze van het wel/niet open zetten van de afblaaskraan een belangrijke factor bij de mate van intrede van lucht.

- 2) Wat gebeurt er ter plaatse van het zadel (bij een geopende dop van het andere opzetstuk) waarop de blaas met stikstofspoeling aangebracht moet worden als er een onverhoopte ontsteking plaats vindt na het zetten van de buitenste blaas?

Tijdens een EAG-bijeenkomst voorafgaande aan de experimenten is de volgorde van plaatsen van gasblazen bij een waterstofincident besproken. Hierbij werd aangegeven dat, net zoals bij aardgas, de voorkeur wordt gegeven om te starten met de buitenste blazen (zie Bijlage II). Dit omdat de buitenste blazen zich als gevolg van het hoge debiet zich soms niet goed zetten. Bij een klein lek zal de lucht niet snel intreden omdat de ingeblokke hoeveelheid waterstof langzaam wegstroomt. Bij een groot lek zal de overdruk snel zijn afgenomen en kan er intrede van lucht plaats gaan vinden vóórdat er is gestart met het spoelen van stikstof via de binnenste blazen. Om na te gaan wat de gevolgen dan kunnen zijn, wordt besloten om de volgende meetseries uit te voeren.

Meetserie – houden de twee blazen stand bij een krachtige ontsteking

Om vast te stellen of bij toepassing van twee blazen in ieder geval één blaas stand houdt worden metingen uitgevoerd waarbij na plaatsing van de twee blazen stroomafwaarts een waterstoflekkage aangebracht van 0,6 m³ /h. Het vertrekpunt daarbij is een leiding volledig gevuld met lucht. Dit betreft een simulatie van de situatie waarbij een beperkte hoeveelheid waterstof aanwezig is in de leiding na het volledig stoppen van de voeding via twee blazen. Na het starten van de lekkage wordt de vonkontsteker bij de uitstroomopening bekrachtigd. De verwachting is dat, net als bij HyDelta 2, er na ongeveer 10 minuten een heftige ontsteking plaats gaat vinden.

Meetserie – ontsteking na zetten buitenste blaas en geopende dop op het andere opzetstuk

In een opstelling voor block & bleed wordt alleen de buitenste blaas aangebracht. De leiding stroomafwaarts wordt volledig gevuld met waterstof. De afdichting bij het opzetstuk is het rubberen flapje. De ontsteking wordt bekrachtigd nadat de concentratie waterstof gedaald is van 100% naar 30% op een afstand van 15, respectievelijk 10 en 5 meter vanaf de blaas.

Hierbij wordt de concentratie in het midden van de buis gemeten. Bovenin de leiding zal er namelijk op iedere afstand van de blaas langdurig een concentratie van 100% waterstof heersen en onderin langdurig 0% waterstof. Deze meetserie is gericht op het effect op het geopende opzetstuk (is er bijvoorbeeld sprake van een steekvlam vanuit het opzetstuk?) met als enige afdichting het rubberen flapje.

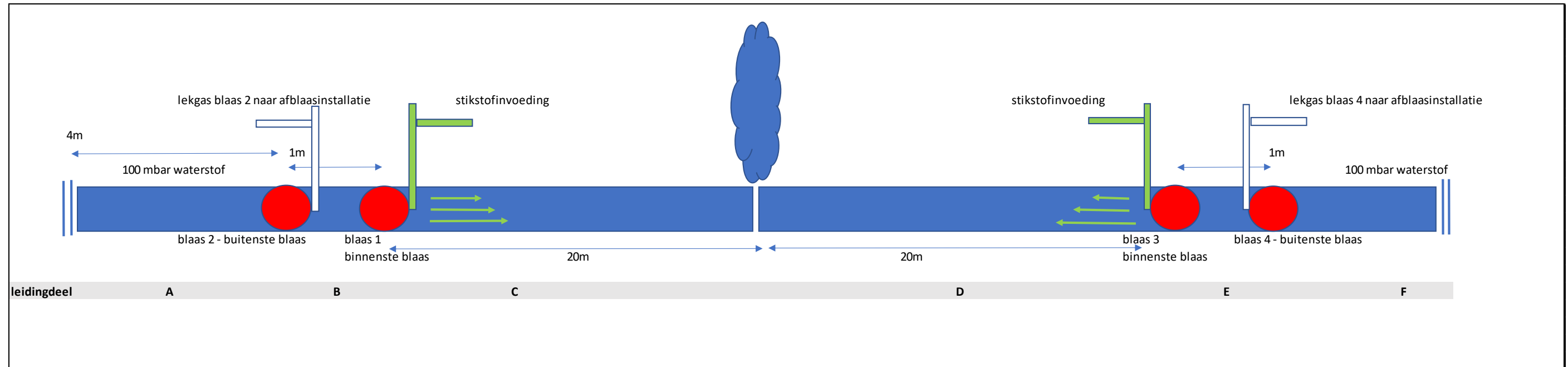
Meetserie – ontsteking na zetten buitenste blaas en niet volledig geplaatste binnenste lans.

In praktijk is het mogelijk dat een monteur een buitenste blaas heeft geplaatst en vervolgens gaat starten met het aanbrengen van de lans ten behoeve van de binnenste blaas. Wat zijn de gevolgen van een onverhoopte ontsteking op het moment dat de monteur de lans heeft ingebracht maar nog niet volledig heeft aangedraaid? De situatie van meest krachtige ontstekingen zoals waargenomen in de hiervoor genoemde meetserie worden ook uitgevoerd met een niet volledig aangedraaide lans.

II. Schematische weergave inzet van gasblazen bij waterstofincidenten

Tijdens een EAG-bijeenkomst is de methodiek van inzet van gasblazen met waterstofincidenten besproken. Na uitwisseling van argumenten en ervaringen is onderstaande aanpak als een juiste mogelijkheid naar voren gekomen.

De blazen op de grootste afstand van de uitstroomopening worden de buitenste blazen genoemd. De andere blazen worden aangeduid als de binnenste blazen.



Beschrijving van de verschillende gebeurtenissen en handelingen;

- Een lekkage wordt opgemerkt door bovengronds lekzoeken of door geur (klein lek) of bij graafwerkzaamheden (groot lek, graafschade)
- De lekkage wordt gelokaliseerd.
- Op een afstand waar een concentratie kleiner dan 10% LEL is gemeten worden blazen gezet (aan beide zijden van het lek)
- Blaas 2 en 4 worden gezet.
- Blaas 1 en 3 worden gezet, er wordt gestart met het spoelen met stikstof
- De positie van het lek wordt benaderd met een persoonlijk beschermingsmiddel (gasdetector)
- Het lek wordt vrijgegraven
- Nadat de lekkage benaderbaar is wordt gemeten of de concentratie kleiner is dan 10% LEL
- Indien de concentratie kleiner is dan 10% LEL, wordt de toevoer van stikstof stopgezet.

In de Veiligheids Werkinstructie G36 wordt onderscheidt gemaakt in de bestrijding van een groot lek (graafschade) en een klein lek (gedetecteerd met bovengronds lekzoeken). In praktijk zullen altijd eerst blaas 2 en 4 worden gezet (de buitenste blazen). Daarna de blazen 1 en 3. De buitenste blazen krijgen de grootste flow te verduren. Deze zetten zich daarom mogelijk wat minder goed dan gewenst. De binnenste blaas is dan makkelijker te zetten. Deze zorgt voor de volledige afdichting omdat eventueel lekgas tussen de blazen wordt afgevoerd. De EAG vindt dit belangrijker dan het sneller kunnen starten met het spoelen van stikstof (in het geval blazen 1 en 3 als eerst worden gezet).

Groot lek (graafschade); Invoeding met stikstof vanaf beide zijden. De afvoer van het waterstof via de lekkage.

Klein lek (een nog met de grondlaag bedekte lekkage); Spoelen met stikstof vanaf de ene binnenste blaas naar de andere binnenste blaas.

III. Overzicht van uitgevoerde metingen

De meetnummers zoals opgenomen in onderstaande tabel volgen elkaar niet op in volgorde van uitvoering. Dit had verschillende praktische oorzaken. In onderstaande tabel zijn metingen aan gelijke lengtes en diameters zoveel als mogelijk geclusterd.

Metingnr.	Datum	Lengte (m)	Diameter (mm)	Gas	Lekdebiet (m ³ /uur)	Ontsteking	Gasblaas	Gedaan in HyDelta 2?
1	15/04/2024	1	160	aardgas	0,15	direct	IPCO	nee
2	15/04/2024	1	160	aardgas	0,20	direct	IPCO	nee
3	15/04/2024	1	160	aardgas	0,30	direct	IPCO	nee
4	15/04/2024	1	160	aardgas	0,30	direct	IPCO	nee
5	15/04/2024	1	160	waterstof	0,35	direct	IPCO	nee
6	15/04/2024	1	160	waterstof	0,35	direct	IPCO	nee
7	15/04/2024	1	160	waterstof	0,35	direct	Kleiss	nee
8	15/04/2024	1	160	waterstof	0,35	direct	Kleiss	nee
9	15/04/2024	1	160	waterstof	0,45	direct	Kleiss	ja, is herhaling
10	08/07/2024	1	160	aardgas	0,075	direct	IPCO	nee
11	08/07/2024	1	160	aardgas	0,075	direct	IPCO	nee
12	08/07/2024	1	160	waterstof	0,160	direct	IPCO	nee
13	08/07/2024	1	160	waterstof	0,160	direct	IPCO	nee
14	08/07/2024	1	160	aardgas	0,075	direct	Kleiss	nee
15	08/07/2024	1	160	aardgas	0,075	direct	Kleiss	nee
16	08/07/2024	1	160	waterstof	0,160	direct	Kleiss	nee
17	08/07/2024	1	160	waterstof	0,160	direct	Kleiss	nee
18	05/07/2024	1	110	aardgas	0,075	direct	IPCO	nee
19	05/07/2024	1	110	aardgas	0,075	direct	IPCO	nee
20	05/07/2024	1	110	waterstof	0,160	direct	IPCO	nee
21	05/07/2024	1	110	waterstof	0,160	direct	IPCO	nee
22	05/07/2024	1	110	waterstof	0,100	direct	IPCO	nee
23	05/07/2024	1	110	waterstof	0,100	direct	IPCO	nee
24	05/07/2024	1	110	aardgas	0,075	direct	Kleiss	nee
25	05/07/2024	1	110	aardgas	0,075	direct	Kleiss	nee
26	05/07/2024	1	110	waterstof	0,160	direct	Kleiss	nee
27	05/07/2024	1	110	waterstof	0,160	direct	Kleiss	nee
28	05/07/2024	1	110	waterstof	0,100	direct	Kleiss	nee
29	05/07/2024	1	110	waterstof	0,100	direct	Kleiss	nee
30	16/04/2024	20	160	aardgas	0,20	direct	IPCO	nee
31	16/04/2024	20	160	aardgas	0,20	direct	IPCO	nee
32	22/04/2024	20	160	aardgas	14	na ± 1 min	IPCO	nee
33	22/04/2024	20	160	aardgas	13	na ± 1 min	IPCO	nee
34	16/04/2024	20	160	waterstof	0,60	direct	IPCO	nee
35	16/04/2024	20	160	waterstof	0,60	direct	IPCO	nee
36	16/04/2024	20	160	waterstof	0,60	direct	Kleiss	ja, is herhaling
37	16/04/2024	20	160	waterstof	0,60	direct	Kleiss	ja, is herhaling
38	22/04/2024	20	160	waterstof	37	na ± 2 min	IPCO	nee
39	22/04/2024	20	160	waterstof	37	na ± 2 min	IPCO	nee
40	22/04/2024	20	160	waterstof	40	na ± 3 min	Kleiss	ja, is herhaling
41	22/04/2024	20	160	waterstof	45	na ± 3 min	Kleiss	ja, is herhaling
42	17/04/2024	20	110	aardgas	0,20	direct	IPCO	nee
43	16/04/2024	20	110	aardgas	0,20	direct	Kleiss	nee
44	16/04/2024	20	110	waterstof	0,60	direct	IPCO	nee
45	16/04/2024	20	110	waterstof	0,60	direct	IPCO	nee
46	16/04/2024	20	110	waterstof	0,60	direct	Kleiss	nee
47	16/04/2024	20	110	waterstof	0,60	direct	Kleiss	nee
48	22/04/2024	20	110	aardgas	19	na ± 2,5 min	IPCO	nee
49	22/04/2024	20	110	aardgas	18	na ± 2,5 min	IPCO	nee
50	22/04/2024	20	110	aardgas	18	na ± 2,5 min	Kleiss	nee
51	22/04/2024	20	110	aardgas	18	na ± 2,5 min	Kleiss	nee
52	22/04/2024	20	110	waterstof	65	na ± 2,5 min	IPCO	nee
53	22/04/2024	20	110	waterstof	65	na ± 2,5 min	IPCO	nee
54	22/04/2024	20	110	waterstof	65	na ± 2,5 min	Kleiss	nee
55	22/04/2024	20	110	waterstof	65	na ± 2,5 min	Kleiss	nee

Metingen 10 t/m 29 zijn uitgevoerd op het terrein van Kiwa, de overige metingen bij de Twente Safety Campus.

Metingnr.	Datum	Diameter (mm)	Lekdebiet (m ³ /uur)	Configuratie	Ontsteking	Gasblazen
56	18/04/2024	160	0,6	2 blazen	direct	Kleiss
57	18/04/2024	160	0,6	2 blazen	direct	Kleiss
58	18/04/2024	160	0,6	2 blazen	direct	IPCO
59	18/04/2024	160	0,6	2 blazen	direct	IPCO
60	18/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	geen*	Kleiss
61	18/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	geen*	Kleiss
62	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	nadat 15m vanaf blaas concentratie 30% is	Kleiss
63	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	nadat 15m vanaf blaas concentratie 30% is	Kleiss
64	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	nadat 10m vanaf blaas concentratie 30% is	Kleiss
65	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	nadat 10m vanaf blaas concentratie 30% is	IPCO
66	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	nadat 5m vanaf blaas concentratie 30% is	Kleiss
67	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + bg	nadat 5m vanaf blaas concentratie 30% is	Kleiss
68	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + losse lans	nadat 10m vanaf blaas concentratie 35% is	IPCO + 2e lans
69	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + losse lans	nadat 10m vanaf blaas concentratie 35% is	IPCO + 2e lans
70	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + losse lans	nadat 10m vanaf blaas concentratie 35% is	Kleiss + 2e lans
71	19/04/2024	160	n.v.t.	1 blaas + losse lans	nadat 10m vanaf blaas concentratie 35% is	Kleiss + 2e lans
72	17/04/2024	110	0,6	2 blazen	direct	Kleiss
73	17/04/2024	110	0,6	2 blazen	direct	Kleiss
74	17/04/2024	110	0,6	2 blazen	direct	IPCO
75	17/04/2024	110	0,6	2 blazen	direct	IPCO
76	17/04/2024	110	n.v.t.	1 blaas + bg	geen*	IPCO
77	18/04/2024	110	n.v.t.	1 blaas + bg	15 m van blaas 30%	IPCO
78	18/04/2024	110	n.v.t.	1 blaas + bg	15 m van blaas 30%	IPCO
79	18/04/2024	110	n.v.t.	1 blaas + bg	15 m van blaas 30%	IPCO
80	18/04/2024	110	n.v.t.	1 blaas + bg	direct na stoppen flow (= extra)	IPCO
81	18/04/2024	110	n.v.t.	1 blaas + bg	direct na stoppen flow (=extra)	IPCO

*Metingen 60, 61 en 76 ten behoeve van concentratie-metingen. De daling van de concentratie waterstof in de leiding blijkt sterk afhankelijk van windcondities. Daarop besloten om niet na een bepaald tijdstip de ontsteking aan te brengen, maar de concentratie te blijven volgen gedurende ontstekingsproeven.

IV. Bevindingen per meting

Tabel 1 Meetresultaten metingen 1 t/m 4

Meting	1	2	3	4
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	IPCO	IPCO
Medium [-]	Aardgas	Aardgas	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	1	1	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0,15	0,2	0,3	0,3
Geluid - LAFmax [dB]	88	86,8	114,6	80,1
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	3,6	2,7	3,7	3,3
Max. temperatuur bij blaas [°C]	85	84	204	99
Omgevingstemperatuur [°C]	10,1	10,1	10,1	8,7
Windsnelheid [m/s]	8	8	8	6
Waarnemingen [-]	Op basis van temperatuurmetingen bij de blaas; per meting meerdere keren ontsteking van aardgas gevolgd door het doven van de vlam.			
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel	Blaas stuk	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Nee	Ja

Tabel 2 Meetresultaten metingen 5 en 6

Meting	5	6
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0.35	0.35
Geluid - LAFmax [dB]	99.1	107.7
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	0,2	1
Max. temperatuur bij blaas [°C]	51	82
Omgevingstemperatuur [°C]	9	9
Windsnelheid [m/s]	7	7
Waarnemingen [-]	binnen 30 sec ontsteking van gas	binnen 30 sec ontsteking van gas
Conditie blaas [-]	Blaas stuk	Blaas stuk
Blaas op druk te houden [-]	Nee	Nee

Tabel 3 Meetresultaten metingen 7 t/m 9

Meting	7	8	9
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160
Lengte buis [m]	1	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0.35	0.35	0.45
Geluid - LAFmax [dB]	84.8	122.8	127.3
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	0	0	0
Max. temperatuur bij blaas [°C]	69	59	n.g. (vocht in de meter)
Omgevingstemperatuur [°C]	9	4	6
Windsnelheid [m/s]	7	7	6
Waarnemingen [-]	binnen 30 sec ontsteking van gas	binnen 30 sec ontsteking van gas	binnen 15 sec ontsteking van gas
Conditie blaas [-]	Blaas stuk	Blaas stuk	Blaas stuk
Blaas op druk te houden [-]	Nee	Nee	Nee

Tabel 4 Meetresultaten metingen 10 t/m 13

Meting	10	11	12	13
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	IPCO	IPCO
Medium [-]	Aardgas	Aardgas	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	1	1	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0.075	0.075	0.16	0.16
Geluid - LAFmax [dB]	78	n.g.	93	97.3
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	7.9	1.0	6.4	5.8
Max. temperatuur bij blaas [°C]	64	54	43	47
Omgevingstemperatuur [°C]	18	18	18.5	19
Windsnelheid [m/s]	0	0	0	0
Waarnemingen [-]	Enkele ontstekingen van gas hoorbaar. Kleine plof door blaas die knapt.	Na ongeveer 1 minuut knapte de blaas. Zichtbare schade buitenste deel blaas. Binnenste deel is ook beschadigd.	Eerst klein plofje, daarna knapt de blaas met luidere knal.	Binnen 1 minuut ontsteking hoorbaar. Blaas knapt hoorbaar en blijft branden.
Conditie blaas [-]	Blaas stuk	Blaas stuk	Blaas stuk	Blaas stuk
Blaas op druk te houden [-]	Nee	Nee	Nee	Nee

Tabel 5 Meetresultaten metingen 14 t/m 17

Meting	14	15	16	17
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Aardgas	Aardgas	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	1	1	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0	0.075	0.16	0.16
Geluid - LAFmax [dB]	78.1	73.4	121.8	122.4
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	3.4	3.6	6.1	6
Max. temperatuur bij blaas [°C]	122	56	60	66
Omgevingstemperatuur [°C]	22	22	22	22
Windsnelheid [m/s]	0	0	0	0
Waarnemingen [-]	Meerdere ontbrandingen van aardgas. Rook zichtbaar. Blaas bleef op druk.	Blaas was bij aanvang al lek. Tijdens meting door pompen op druk gehouden. Meerdere ontstekingen hoorbaar. Rook in de buis.	Hoorbare ontsteking, daarna luidere knal van knappen blaas.	Hoorbare ontsteking, daarna luidere knal van knappen blaas.
Conditie blaas [-]	Smeltschade aansluiting	Smeltschade aansluiting	Blaas stuk	Blaas stuk
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Nee	Nee

Tabel 6 Meetresultaten metingen 18 t/m 19

Meting	18	19
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO
Medium [-]	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	110	110
Lengte buis [m]	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0.075	0.075
Geluid - LAFmax [dB]	70	69.1
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	7.1	24.4
Max. temperatuur bij blaas [°C]	45	151
Omgevingstemperatuur [°C]	16	16
Windsnelheid [m/s]	0	0
Waarnemingen [-]	Wel ontsteking waargenomen.	Wel ontsteking waargenomen.
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 7 Meetresultaten metingen 20 t/m 23

Meting	20	21	22	23
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	IPCO	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110	110	110
Lengte buis [m]	1	1	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0.16	0.16	0.1	0.1
Geluid - LAFmax [dB]	87.2	91.2	90	89.8
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	2.2	4.2	1.8	1.4
Max. temperatuur bij blaas [°C]	85	58	102	57
Omgevingstemperatuur [°C]	17	17	16	16
Windsnelheid [m/s]	0	0	0	0
Waarnemingen [-]	Bijna direct een ontsteking. Blaas bijna direct stuk.	Bijna direct een ontsteking. Blaas bijna direct stuk.	Binnen 1 minuut ontsteking. Blaas bijna direct stuk	Gasuitstroom was al opgestart voordat vonk werd bekrachtigd. Na bekrachtiging vonk direct ontsteking en knappen blaas
Conditie blaas [-]	Blaas stuk	Blaas stuk	Blaas stuk	Blaas stuk
Blaas op druk te houden [-]	Nee	Nee	Nee	Nee

Tabel 8 Meetresultaten metingen 24 en 25

Meting	24	25
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	110	110
Lengte buis [m]	1	1
Debiet [m ³ _n /h]	0.075	0.075
Geluid - LAFmax [dB]	72.8	75.9
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	3.1	6.5
Max. temperatuur bij blaas [°C]	84	92
Omgevingstemperatuur [°C]	17	17
Windsnelheid [m/s]	0	0
Waarnemingen [-]	Meerdere ontstekingen waargenomen.	Meerdere ontstekingen waargenomen.
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 9 Meetresultaten metingen 26 t/m 29

Meting	26	27	28	29
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110	110	110
Lengte buis [m]	1	1	1	1
Debiet [m³n/h]	0.160	0.160	0.100	0.100
Geluid - LAFmax [dB]	88.8	87.3	112.9	114.2
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	3.3	2.6	0.3	2
Max. temperatuur bij blaas [°C]	169	45	166	140
Omgevingstemperatuur [°C]	17	17	17	17
Windsnelheid [m/s]	0	0	0	0
Waarnemingen [-]	Na ongeveer 3 minuten ontsteking en blaas stuk.	Binnen 1 minuut ontsteking. Bij 1e ontsteking blaas niet stuk, later wel. Smeltschade aansluitslang, daardoor los moeten zagen.	Snelle ontsteking. Rook zichtbaar. Na 10 minuten handmatig gestopt. Smeltschade aansluitslang, daardoor los moeten zagen.	Snelle ontsteking. Rook zichtbaar. Na 10 minuten handmatig gestopt. Smeltschade aansluitslang, daardoor los moeten zagen.
Conditie blaas [-]	Blaas stuk	Blaas stuk	Smeltschade aansluiting	Smeltschade aansluiting
Blaas op druk te houden [-]	Nee	Nee	Nee	Nee

Tabel 10 Meetresultaten metingen 30 en 31

Meting	30	31
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO
Medium [-]	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	0.20	0.20
Geluid - LAFmax [dB]	88.4	80
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	4	4.5
Max. temperatuur bij blaas [°C]	n.g. (vocht in de meter)	n.g. (vocht in de meter)
Omgevingstemperatuur [°C]	7	8
Windsnelheid [m/s]	6	5
Waarnemingen [-]	Bij videobeelden in de werkput 1 keer een ontsteking waargenomen.	Bij videobeelden in de werkput 1 keer een ontsteking waargenomen.
Conditie blaas [-]	Blaas blijft heel	Blaas blijft heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 11 Meetresultaten metingen 32 en 33

Meting	32	33
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO
Medium [-]	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	14	13
Geluid - LAFmax [dB]	78	75.4
Max. conc. in de werkput [%]	2.9	2.5
Max. temperatuur bij blaas [°C]	20	18
Omgevingstemperatuur [°C]	9	9
Windsnelheid [m/s]	5	5
Waarnemingen [-]	Bij iedere meting is de zichtbare vlam te doven door het oppompen van de blaas.	
Conditie blaas [-]	Blaas blijft heel	Blaas blijft heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 12 Meetresultaten metingen 34 t/m 37

Meting	34	35	36	37
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	0.6	0.6	0.6	0.6
Geluid - LAFmax [dB]	134	133.7	133.4	134.6
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	3.2	3.5	3.8	3.5
Max. temperatuur bij blaas [°C]	150	188	46	22
Omgevingstemperatuur [°C]	11	11	11	8
Windsnelheid [m/s]	4	4	4	4
Waarnemingen [-]	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.
Conditie blaas [-]	Blaas blijft heel	Blaas klapt eruit	Blaas klapt eruit	Blaas klapt eruit
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Nee	Nee	Nee

Tabel 13 Meetresultaten metingen 38 t/m 41

Meting	38	39	40	41
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	37	37	40	45
Geluid - LAFmax [dB]	103.1	98.2	102.9	97.6
Max. conc. in de werkput [%]	3.3	2.3	3.4	3.3
Max. temperatuur bij blaas [°C]	23	22	22	26
Omgevingstemperatuur [°C]	9	9	9	6
Windsnelheid [m/s]	6	6	6	6
Waarnemingen [-]	Bij iedere meting is de zichtbare vlam te doven door het oppompen van de blaas.			
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabel 14 Meetresultaten metingen 42 en 43

Meting	42	43
Fabrikant blaas [-]	IPCO	Kleiss
Medium [-]	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	110	110
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	0.2	0.2
Geluid - LAFmax [dB]	70.6	84.2
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	7.2	7.2
Max. temperatuur bij blaas [°C]	10	16
Omgevingstemperatuur [°C]	8	9
Windsnelheid [m/s]	4	3
Waarnemingen [-]	Meerdere ontstekingen waargenomen, geen inslag van de vlam. Lengte totale meting ongeveer 30 minuten.	Meerdere ontstekingen waargenomen, geen inslag van de vlam. Lengte totale meting ongeveer 30 minuten.
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 15 Meetresultaten metingen 44 t/m 47

Meting	44	45	46	47
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110	110	110
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	0.6	0.6	0.6	0.6
Geluid - LAFmax [dB]	128.9	130.2	131.2	131.4
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	16	7.1	5.5	5.1
Max. temperatuur bij blaas [°C]	17	20	20	18
Omgevingstemperatuur [°C]	9	9	9	9
Windsnelheid [m/s]	2	2	4	4
Waarnemingen [-]	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabel 16 Meetresultaten metingen 48 t/m 51

Meting	48	49	50	51
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Aardgas	Aardgas	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	110	110	110	110
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	19	18	18	18
Geluid - LAFmax [dB]	85	82.9	64.4	68.3
Max. conc. in de werkput [%]	4.2	4	3.8	4
Max. temperatuur bij blaas [°C]	19	19	21	21
Omgevingstemperatuur [°C]	8	8	8	8
Windsnelheid [m/s]	4	4	4	4
Waarnemingen [-]	Bij iedere meting is de zichtbare vlam te doven door het oppompen van de blaas.			
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabel 17 Meetresultaten metingen 52 t/m 55

Meting	52	53	54	55
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110	110	110
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	65	65	65	65
Geluid - LAFmax [dB]	102.1	100.3	100.4	101.4
Max. conc. in de werkput [%]	4.1	5.7	5.7	4.9
Max. temperatuur bij blaas [°C]	17	16	14	13
Omgevingstemperatuur [°C]	7	7	7	7
Windsnelheid [m/s]	5	5	5	5
Waarnemingen [-]	Bij iedere meting is de zichtbare vlam te doven door het oppompen van de blaas.			
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabel 18 Meetresultaten metingen 56 t/m 59

Meting	56	57	58	59
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss	IPCO	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	0.6	0.6	0.6	0.6
Geluid - LAFmax [dB]	134.5	133.5	133.1	134.3
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	7.6	3	4.2	4.3
Max. temperatuur bij blaas [°C]	77	148	159	154
Omgevingstemperatuur [°C]	11	11	10	10
Windsnelheid [m/s]	5	5	4	4
Waarnemingen [-]	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.	Krachtige ontbranding waargenomen.
Conditie blaas [-]	Binnenste en buitenste blaas beide stuk	Binnenste blaas is stuk gegaan - buitenste blaas blijft heel	Binnenste blaas is stuk gegaan - buitenste blaas blijft heel	Binnenste blaas is stuk gegaan - buitenste blaas blijft heel
Blaas op druk te houden [-]	Nee (binnenste en buitenste niet)	Buitenste wel, binnenste niet	Buitenste wel, binnenste niet	Buitenste wel, binnenste niet

Tabel 19 Meetresultaten metingen 60 en 61

Meting	60	61
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	n.v.t.	n.v.t.
Max. concentratie [%]	n.v.t.	n.v.t.
Max. temperatuur bij blaas [°C]	n.v.t.	n.v.t.
Omgevingstemperatuur [°C]	11	11
Windsnelheid [m/s]	5	5
Waarnemingen [-]	Meting ten behoeve van concentratiebepaling.	
Conditie blaas [-]	n.v.t.	n.v.t.
Blaas op druk te houden [-]	n.v.t.	

Tabel 20 Meetresultaten metingen 62 en 63

Meting	62	63
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	132.3	133.1
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	88	78
Max. temperatuur bij blaas [°C]	210	211
Omgevingstemperatuur [°C]	7	7
Windsnelheid [m/s]	6	6
Waarnemingen [-]	Blaasgas-opzetstuk klapt eruit.	Blaasgas-opzetstuk blijft heel.
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 21 Meetresultaten metingen 64 en 65

Meting	64	65
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	134.4	135.5
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	70	86
Max. temperatuur bij blaas [°C]	187	49
Omgevingstemperatuur [°C]	0	0.3
Windsnelheid [m/s]	8	8
Waarnemingen [-]	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2
Conditie blaas [-]	Blaas stuk	Blaas stuk
Blaas op druk te houden [-]	Nee	Nee

Tabel 22 Meetresultaten metingen 66 en 67

Meting	66	67
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss
Medium [-]	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	n.g.	82.6
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	72	85
Max. temperatuur bij blaas [°C]	23	15
Omgevingstemperatuur [°C]	9	11
Windsnelheid [m/s]	7	7
Waarnemingen [-]	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

Tabel 23 Meetresultaten metingen 68 t/m 71

Meting	68	69	70	71
Fabrikant blaas [-]	IPCO + 2e lans	IPCO + 2e lans	Kleiss + 2e lans	Kleiss + 2e lans
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	160	160	160	160
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	130.9	134.9	134.2	134.5
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	73	72	90	46
Max. temperatuur bij blaas [°C]	191	23	45	178
Omgevingstemperatuur [°C]	9	9	9	9
Windsnelheid [m/s]	8	8	9	9
Waarnemingen [-]	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Buitenste blaas stuk - scheurtje in blaas binnenste lans	Buitenste blaas stuk -niet opgepompte binnenste blaas heel	Buitenste blaas stuk -niet opgepompte binnenste blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Blaas in lans wel, buitenste blaas niet	Blaas in lans wel, buitenste blaas niet	Ja, beide blazen

Tabel 24 Meetresultaten metingen 72 t/m 75

Meting	72	73	74	75
Fabrikant blaas [-]	Kleiss	Kleiss	IPCO	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110	110	110
Lengte buis [m]	20	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	0.6	0.6	0.6	0.6
Geluid - LAFmax [dB]	130.7	130.2	131.8	130.8
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	6.5	6.3	4.9	6.7
Max. temperatuur bij blaas [°C]	16	13	20	10
Omgevingstemperatuur [°C]	6	7	7	0
Windsnelheid [m/s]	4	2	3	5
Waarnemingen [-]	Ontsteking met forse kracht.	Ontsteking met forse kracht.	Ontsteking met forse kracht.	Ontsteking met forse kracht.
Conditie blaas [-]	Beide blijven heel	Beide blijven heel	Beide blijven heel	Beide blijven heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja, beide blazen	Ja, beide blazen	Ja, beide blazen	Ja, beide blazen

Tabel 25 Meetresultaten meting 76

Meting	76
Fabrikant blaas [-]	IPCO
Medium [-]	Waterstof
Diameter [mm]	110
Lengte buis [m]	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	n.v.t.
Max. concentratie [%]	n.v.t.
Max. temperatuur bij blaas [°C]	n.v.t.
Omgevingstemperatuur [°C]	6
Windsnelheid [m/s]	5
Waarnemingen [-]	Meting ten behoeve van concentratiebepaling.
Conditie blaas [-]	n.v.t.
Blaas op druk te houden [-]	n.v.t.

Tabel 26 Meetresultaten metingen 77 t/m 79

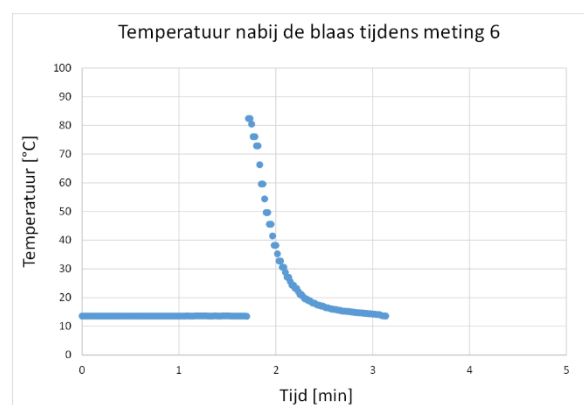
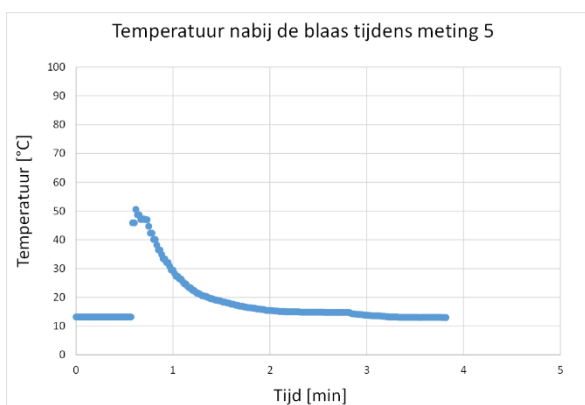
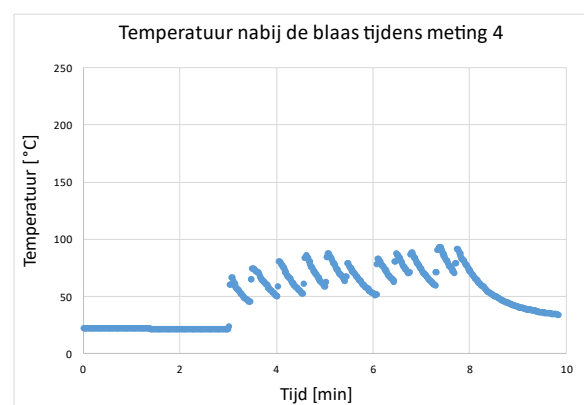
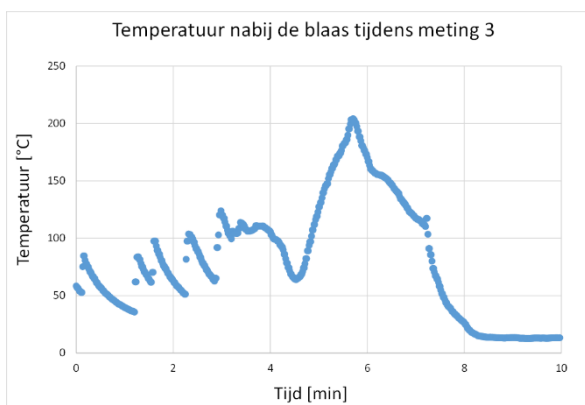
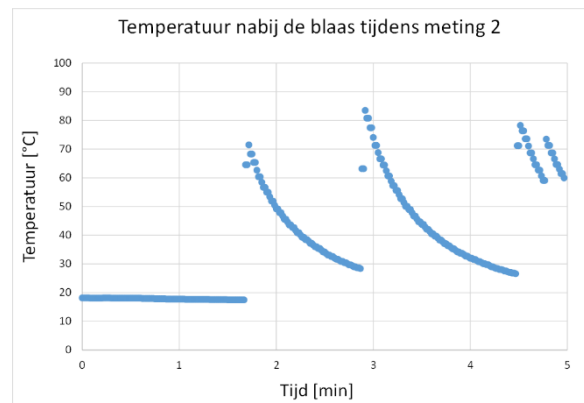
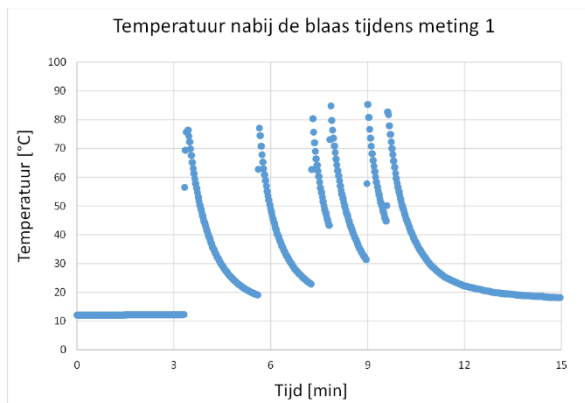
Meting	77	78	79
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110	110
Lengte buis [m]	20	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	75	n.g.	77.7
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	86	52	81
Max. temperatuur bij blaas [°C]	Op locatie geen ontsteking waargenomen, data niet opgeslagen		
Omgevingstemperatuur [°C]	9	11	11
Windsnelheid [m/s]	3	3	3
Waarnemingen [-]	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja	Ja

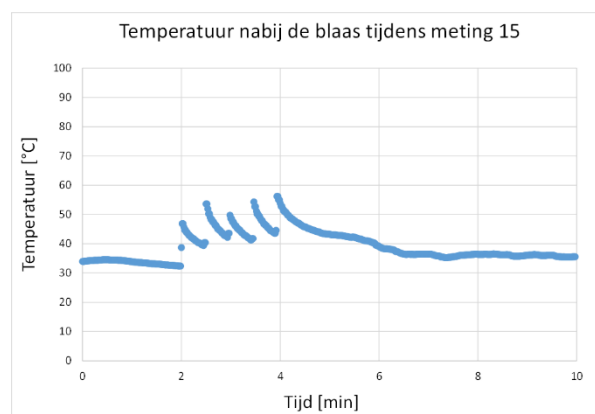
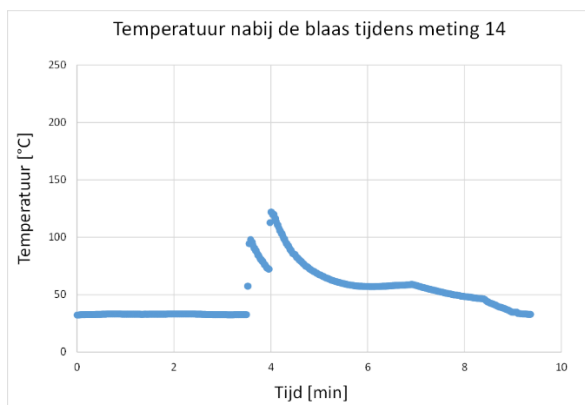
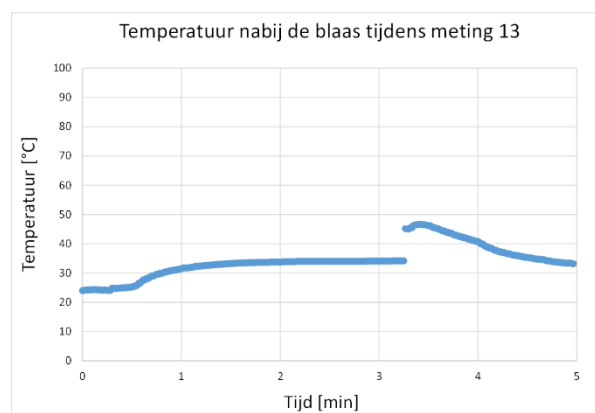
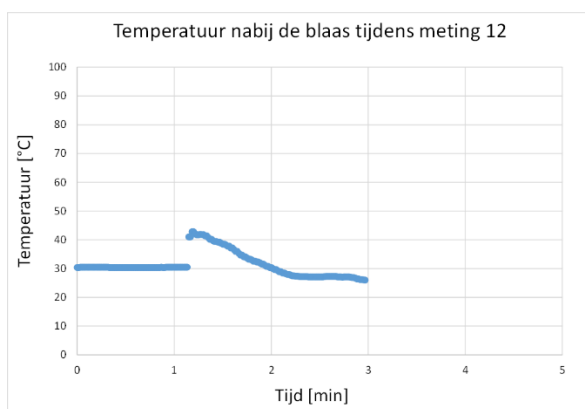
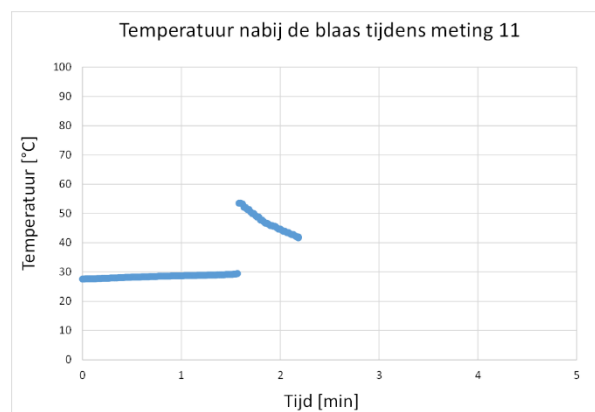
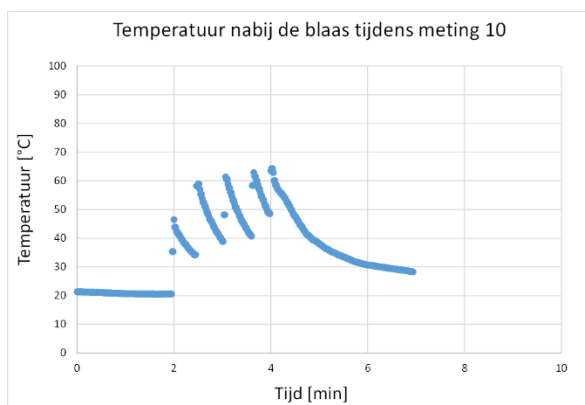
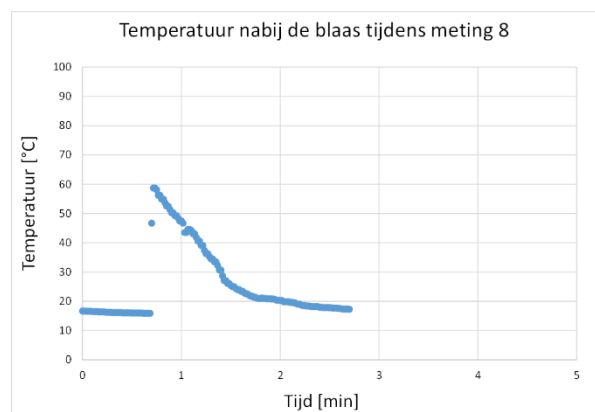
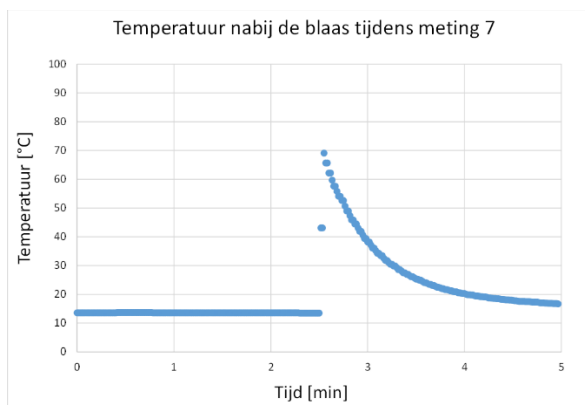
Tabel 27 Meetresultaten metingen 80 en 81

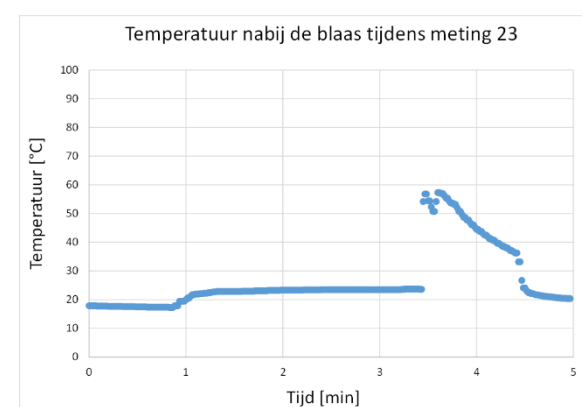
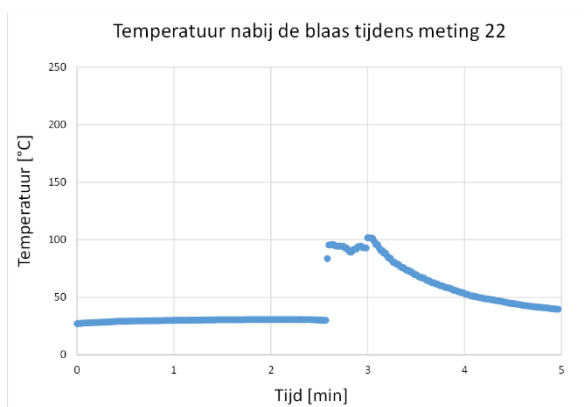
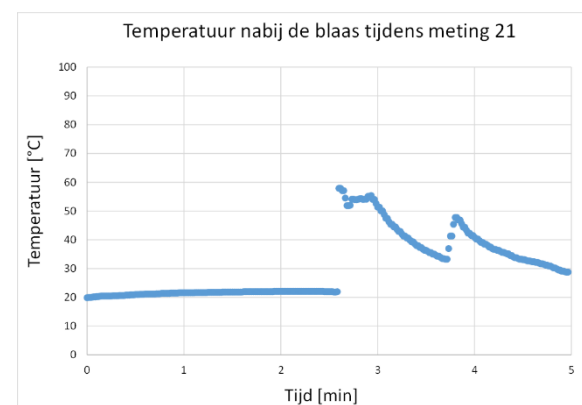
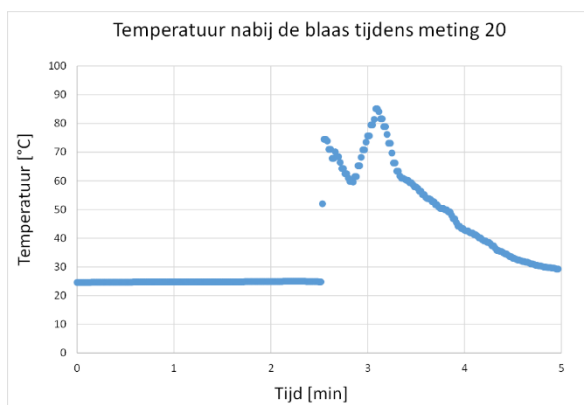
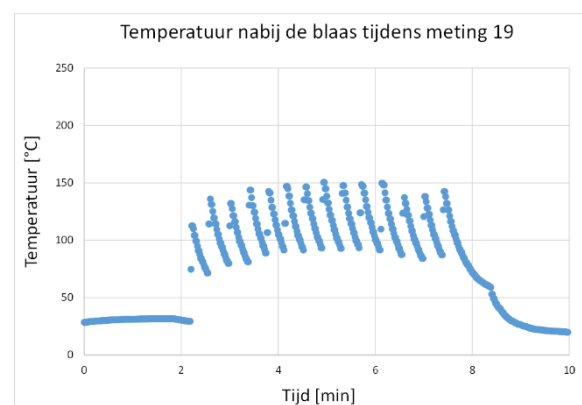
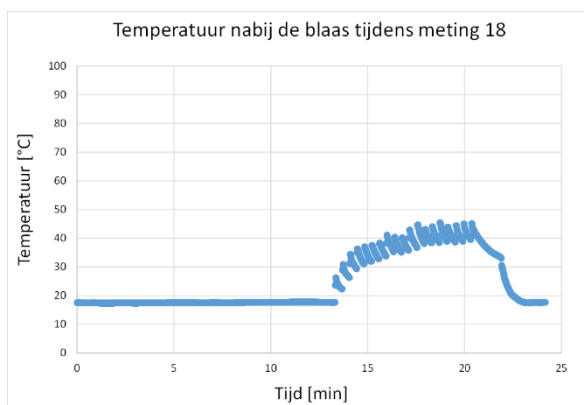
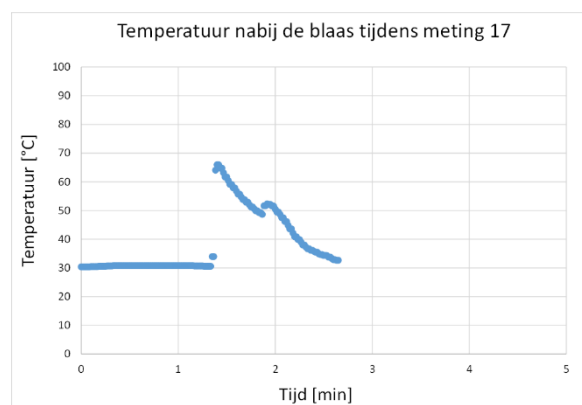
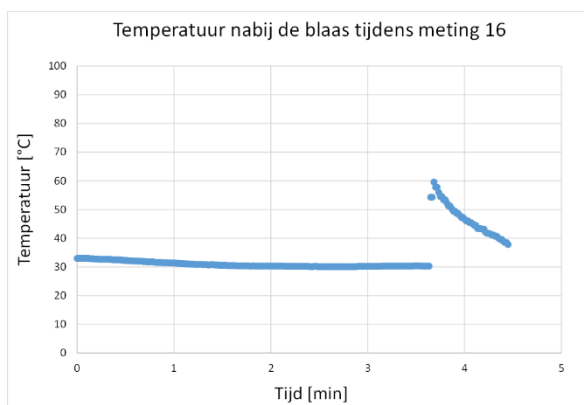
Meting	80	81
Fabrikant blaas [-]	IPCO	IPCO
Medium [-]	Waterstof	Waterstof
Diameter [mm]	110	110
Lengte buis [m]	20	20
Debiet [m ³ _n /h]	n.v.t.	n.v.t.
Geluid - LAFmax [dB]	49.5	90.8
Max. concentratie bij uitstroomopening [%]	77	67
Max. temperatuur bij blaas [°C]	21	21
Omgevingstemperatuur [°C]	11	11
Windsnelheid [m/s]	3	3
Waarnemingen [-]	Zie beschrijving in 3.4.2	Zie beschrijving in 3.4.2
Conditie blaas [-]	Blaas heel	Blaas heel
Blaas op druk te houden [-]	Ja	Ja

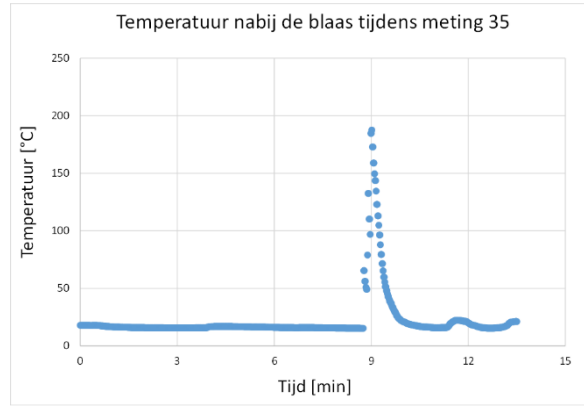
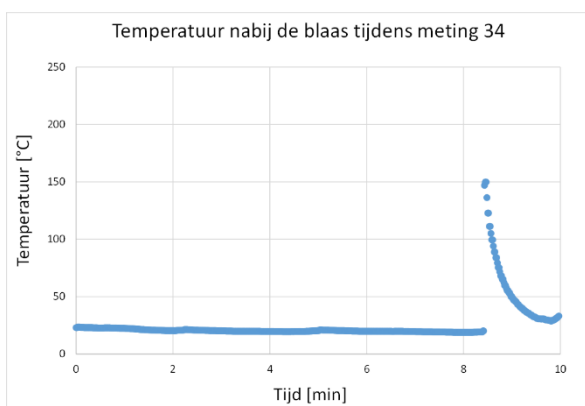
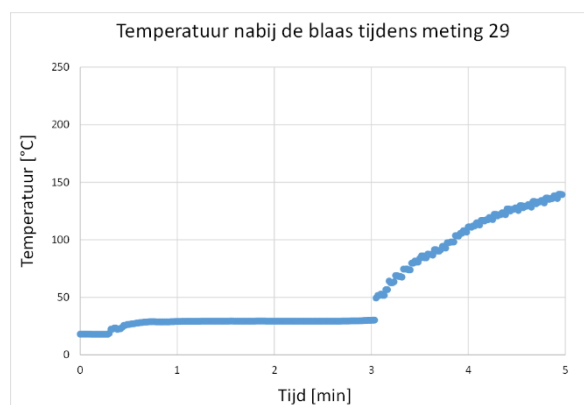
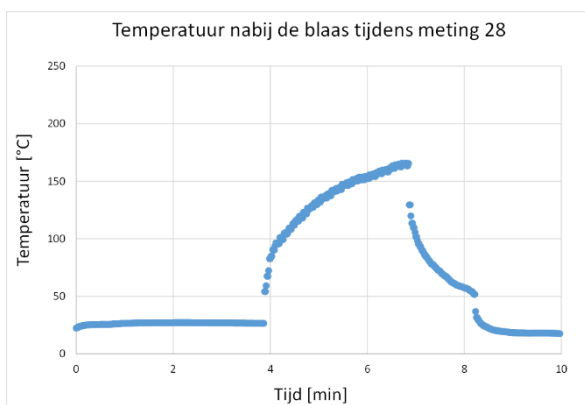
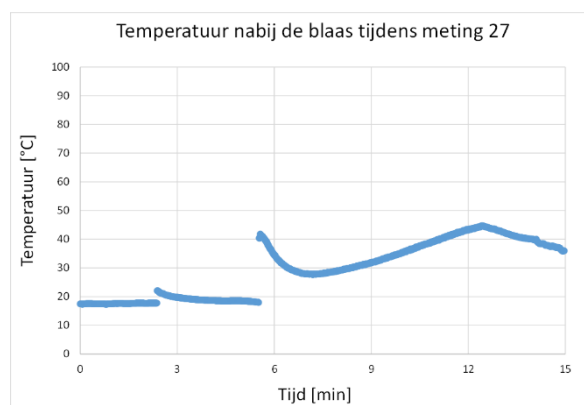
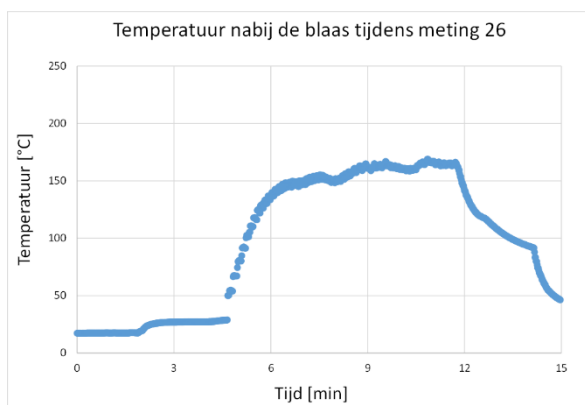
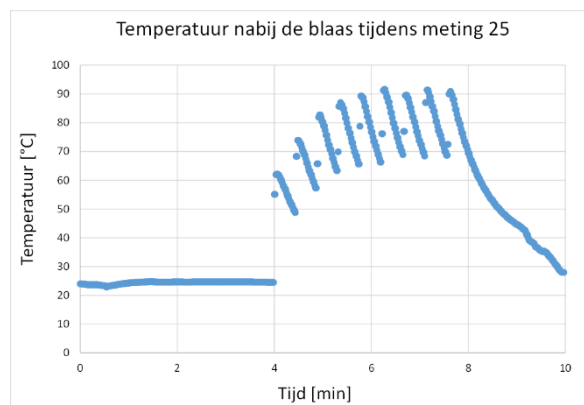
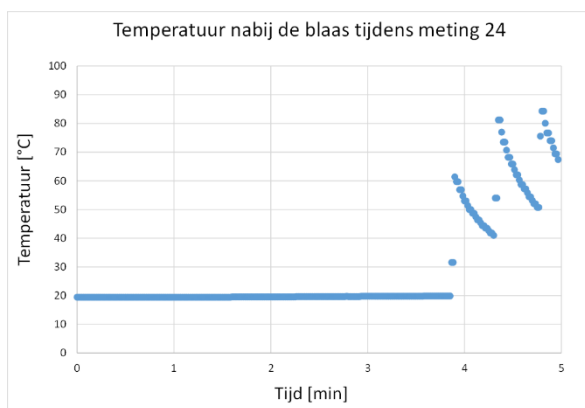
V. Temperatuurmetingen ontstekingsproeven

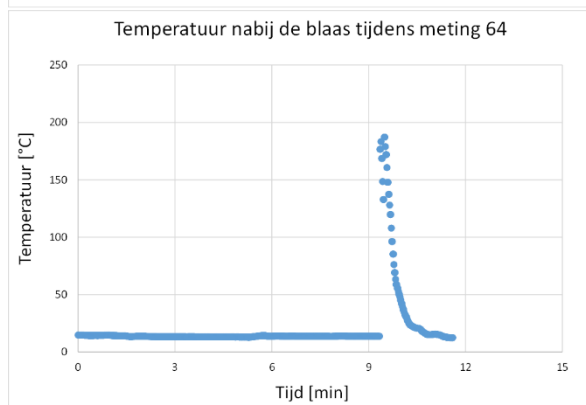
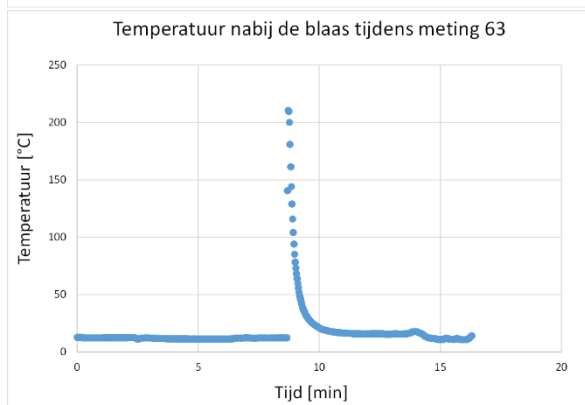
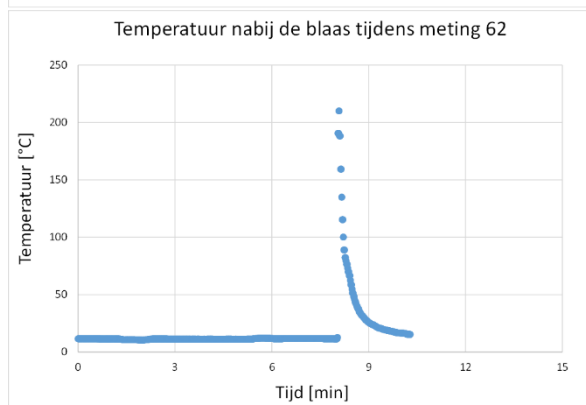
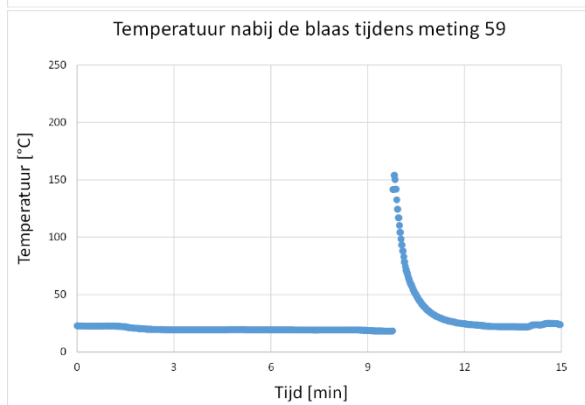
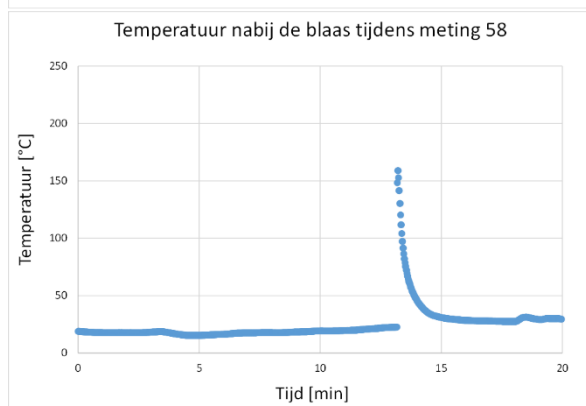
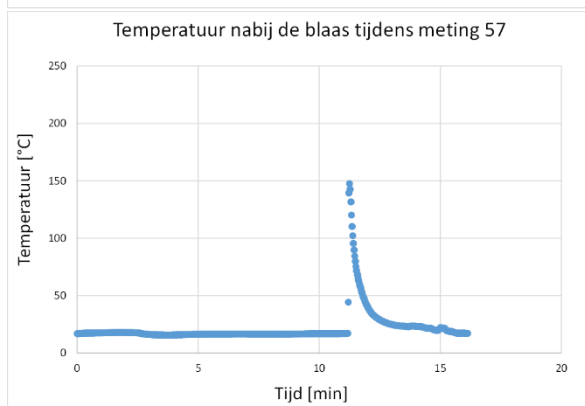
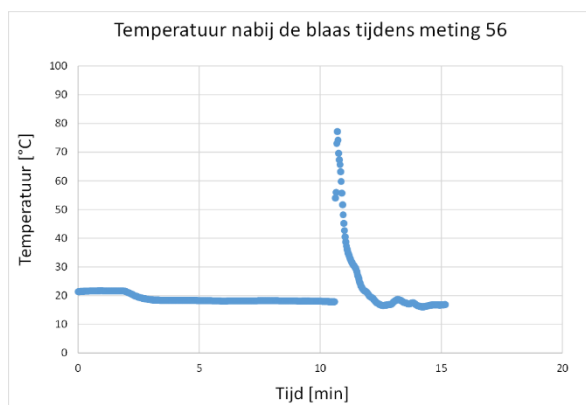
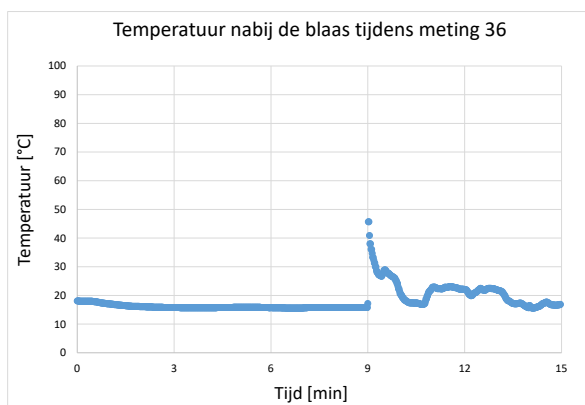
Daar waar de temperaturen tijdens de meting stijgt zijn grafieken per meting opgenomen.

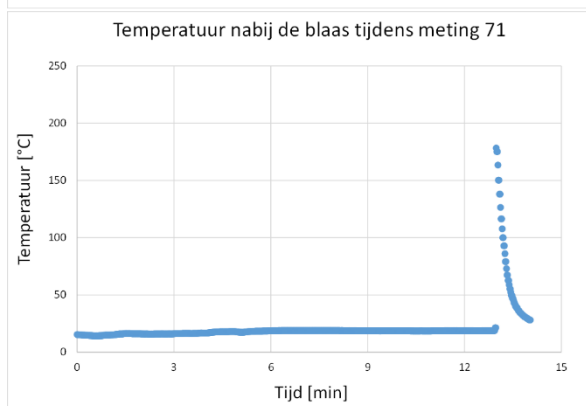
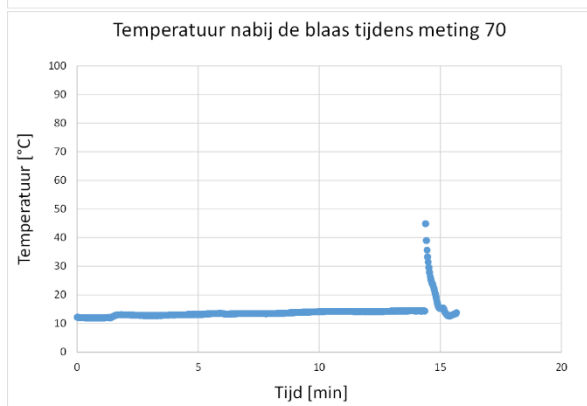
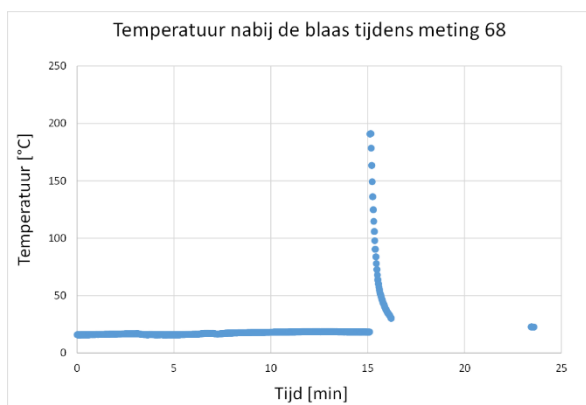
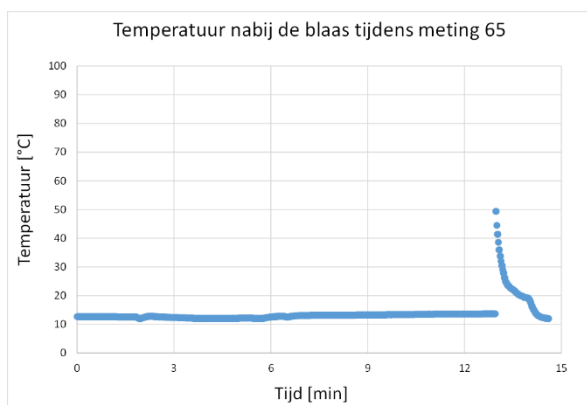










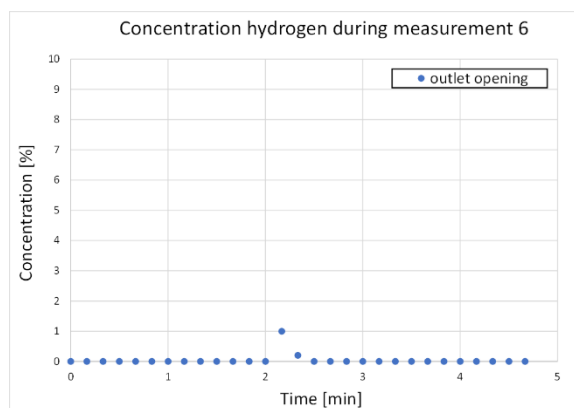
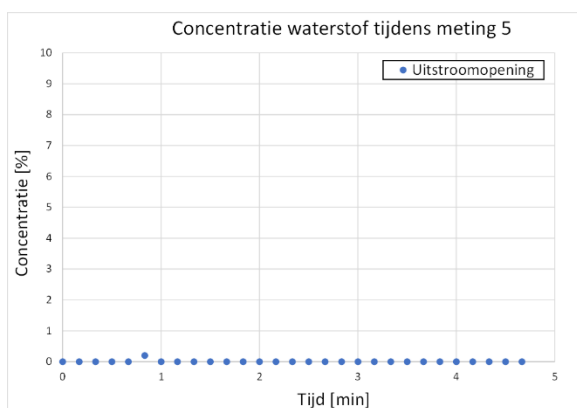
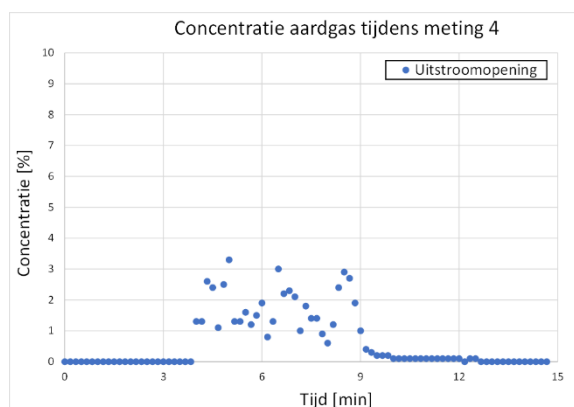
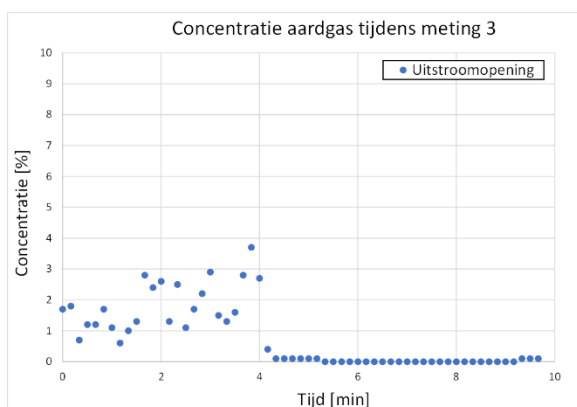
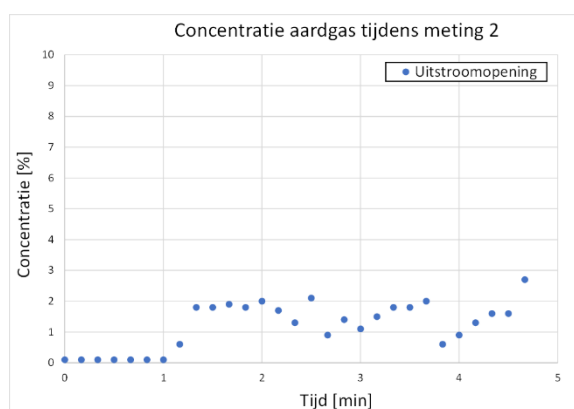
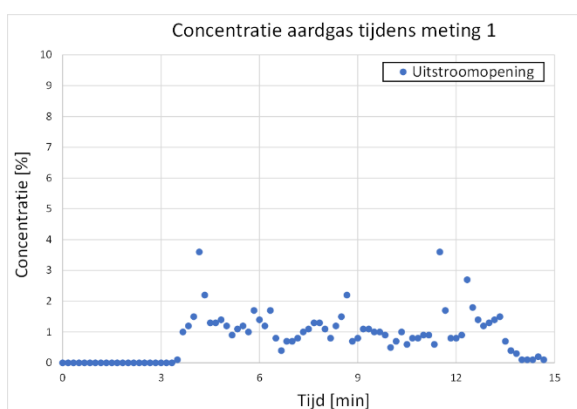


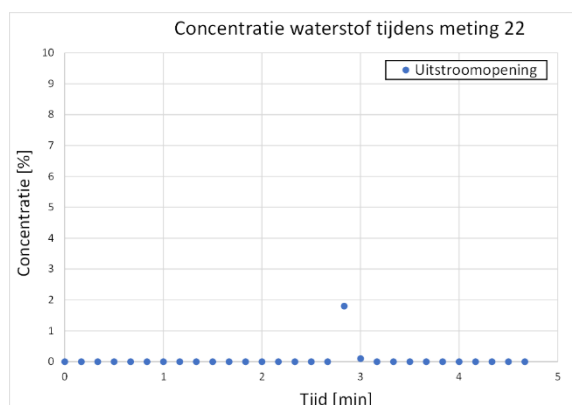
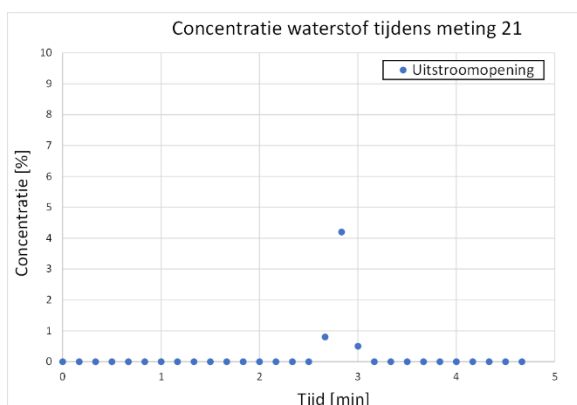
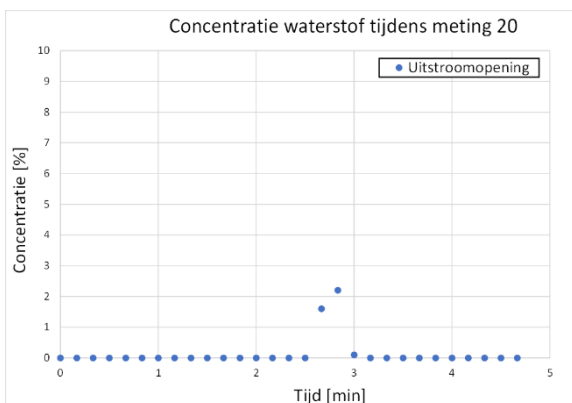
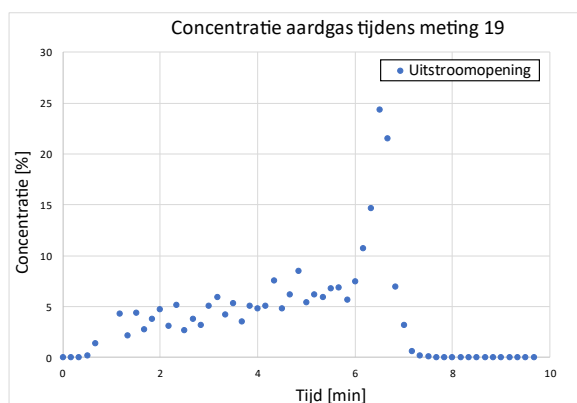
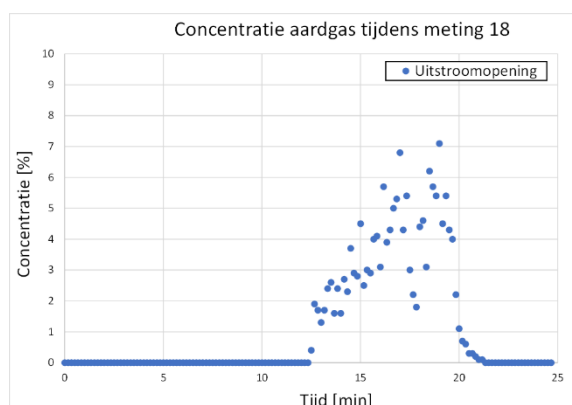
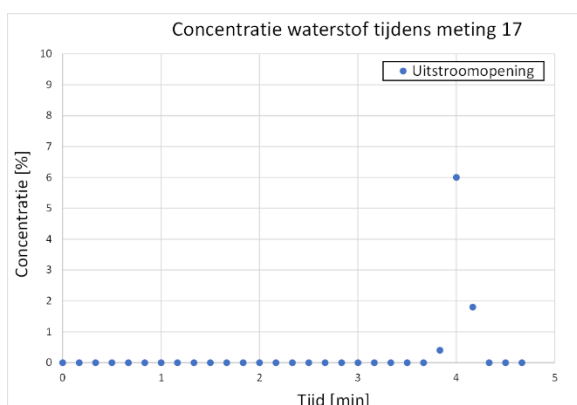
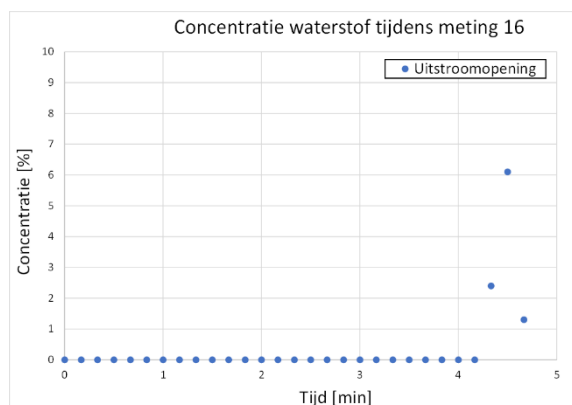
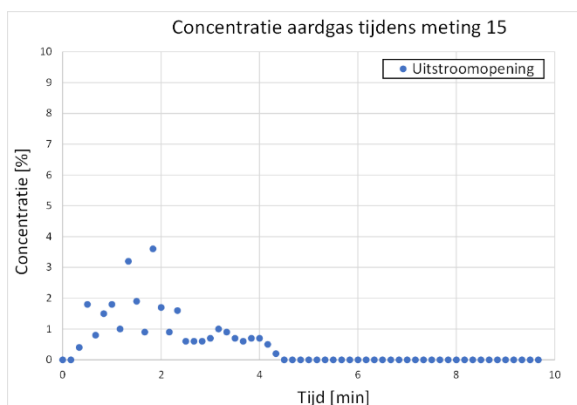
VI. Concentratiemetingen ontstekingsproeven

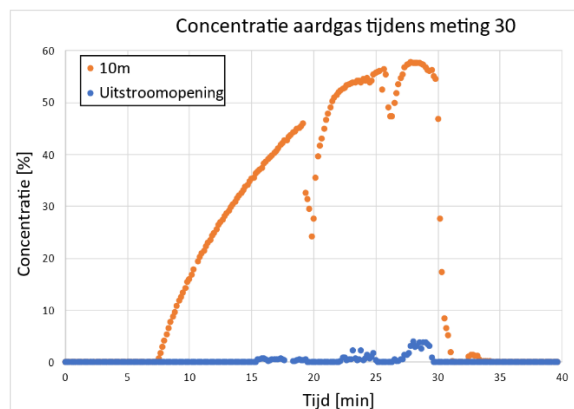
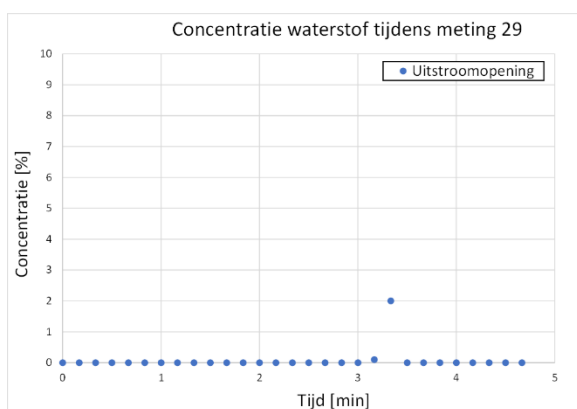
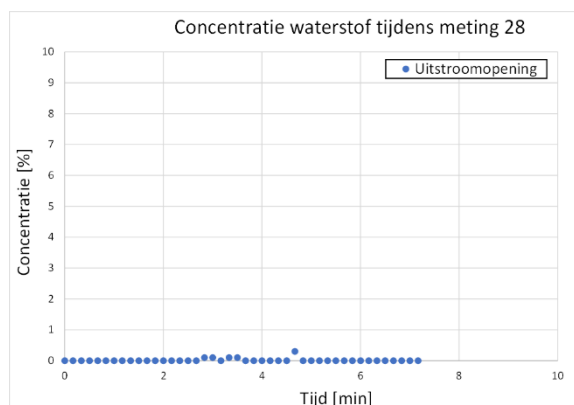
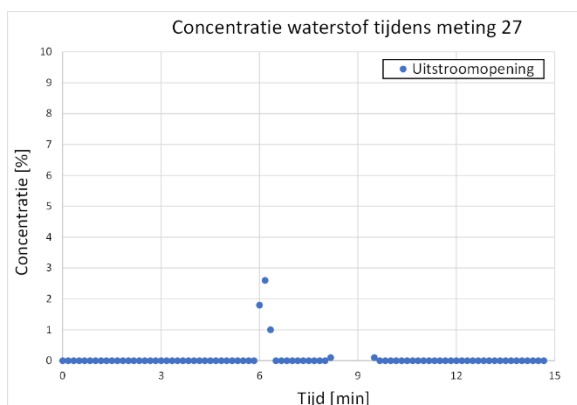
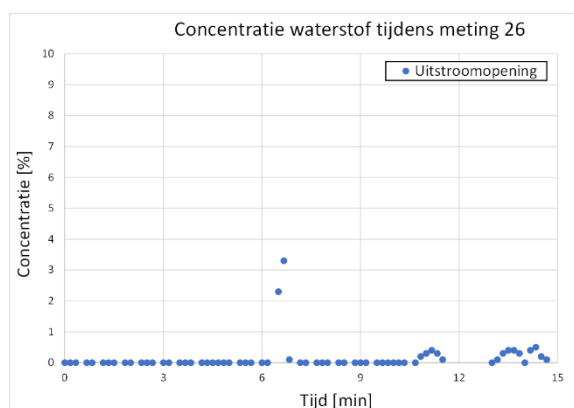
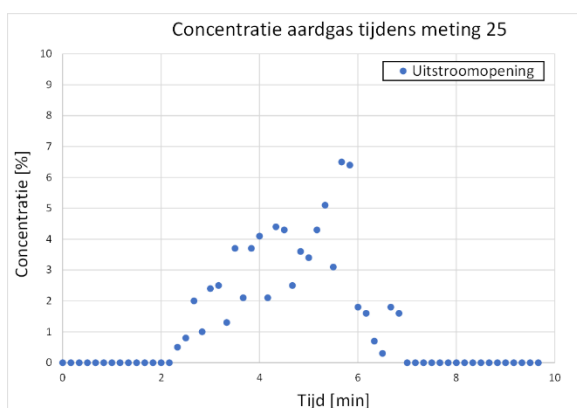
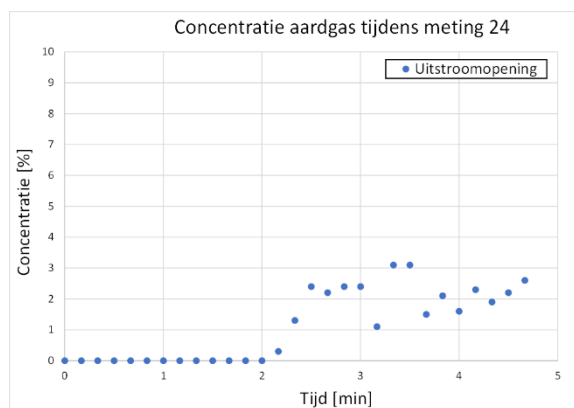
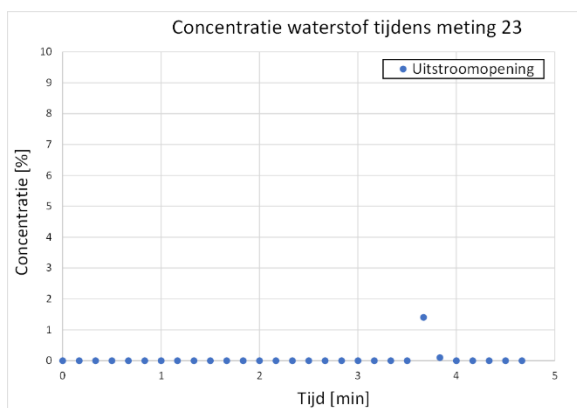
In deze bijlage, afhankelijk van het soort meting, de resultaten van de concentratiemetingen;

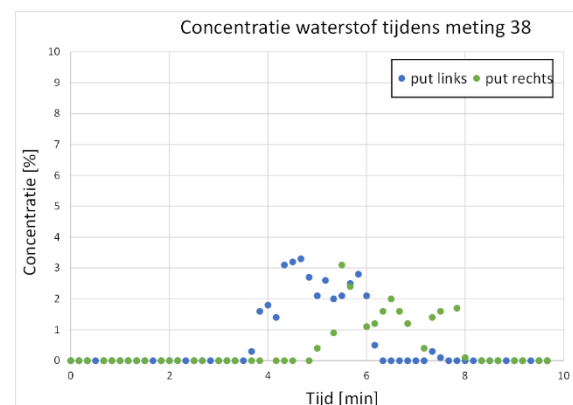
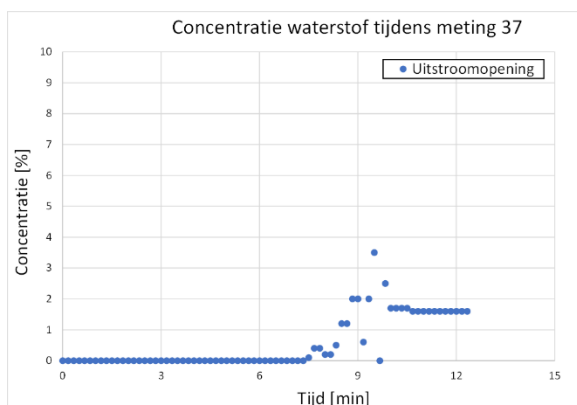
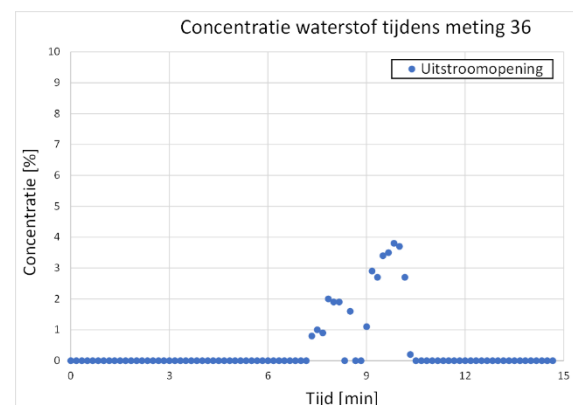
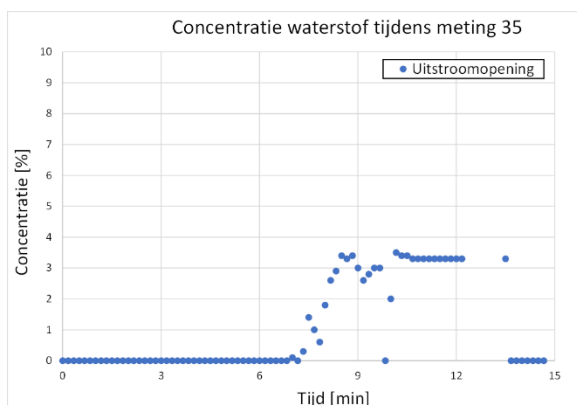
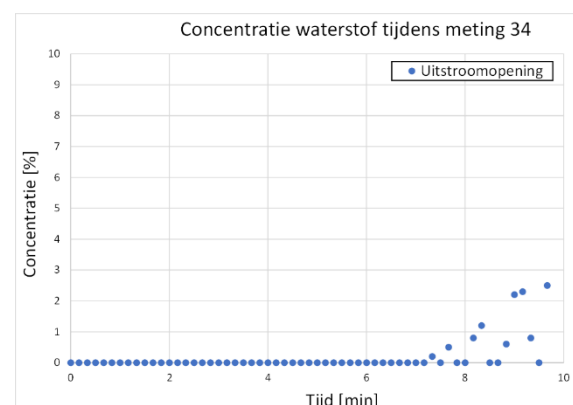
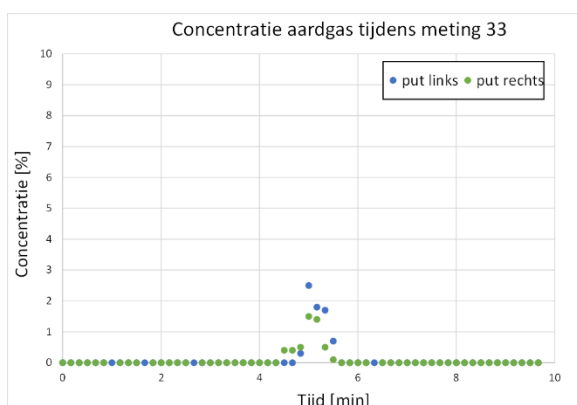
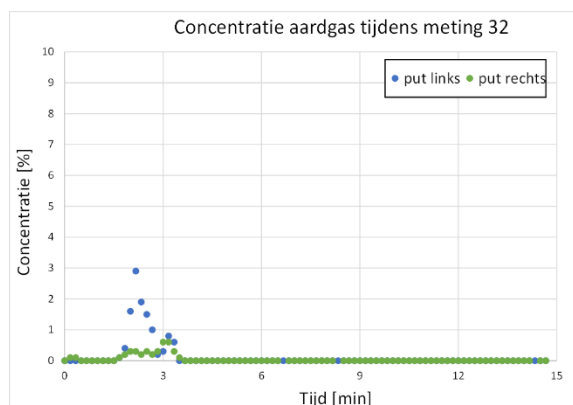
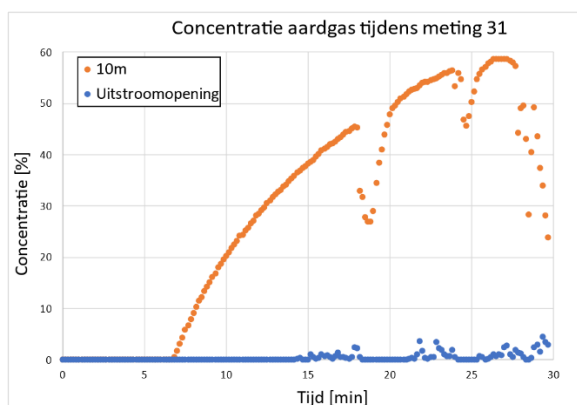
- nabij de uitstroomopening;
- 0,5 meter onder de rand van de werkput (links en rechts);
- of op een specifiek punt in de buis met een lengte van 20 meter.

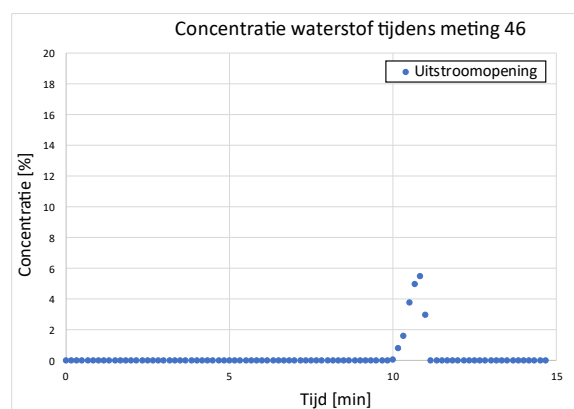
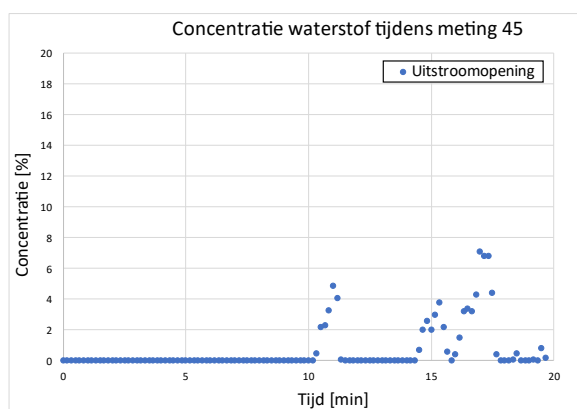
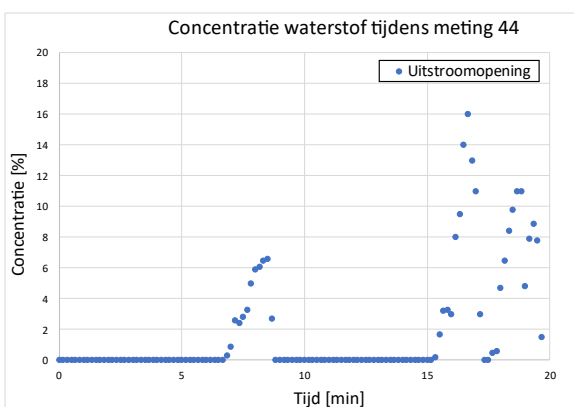
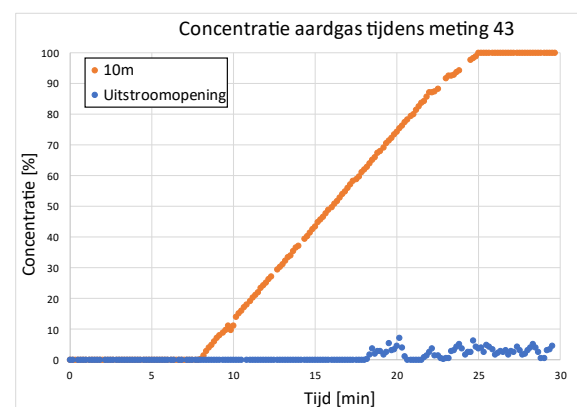
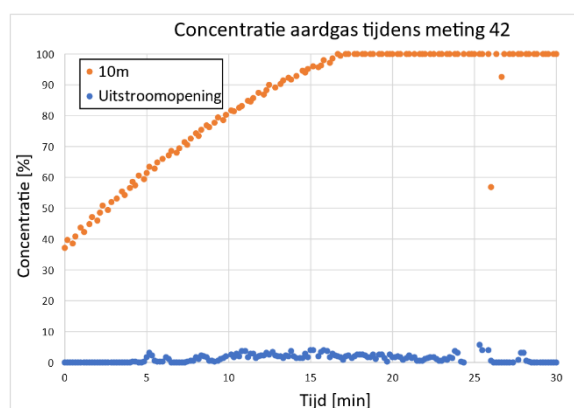
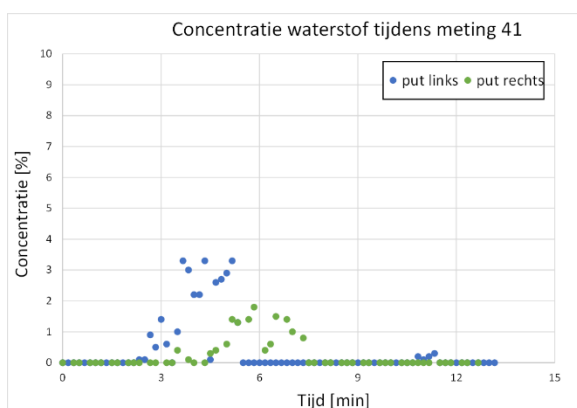
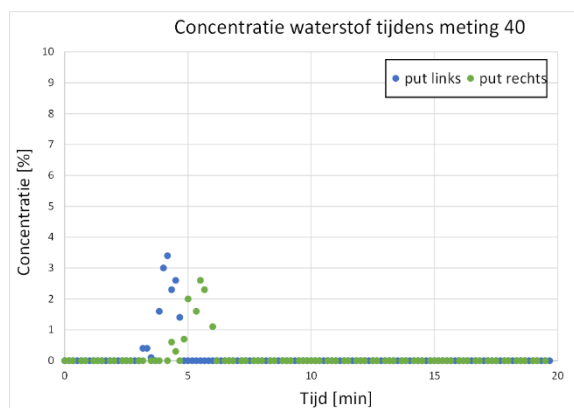
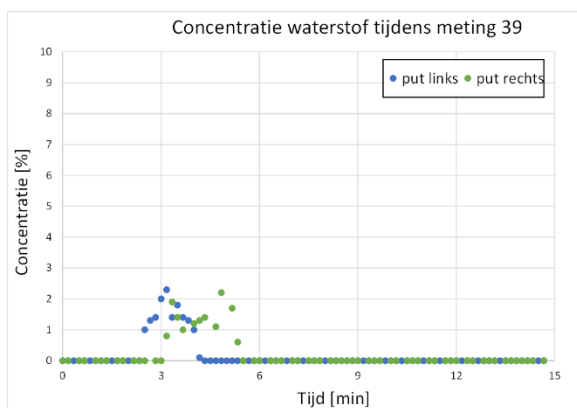
Opmerking: de aardgas en de waterstof detectoren nemen iedere 10 seconden een meting. Hierdoor én vanwege de lengte van de aanzuigleiding kan het gebeuren dat er wel een brandbaar mengsel bij de uitstroomopening ontstaat terwijl dit niet uit onderstaande grafieken blijkt.

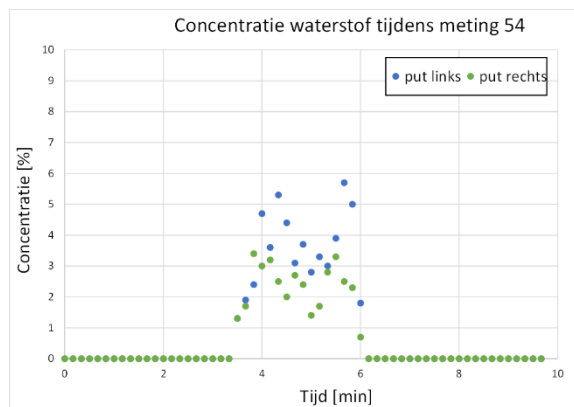
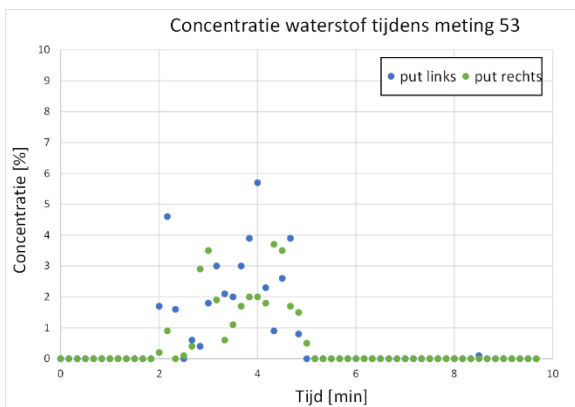
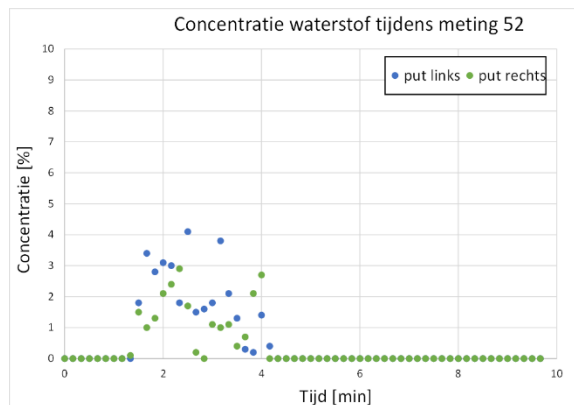
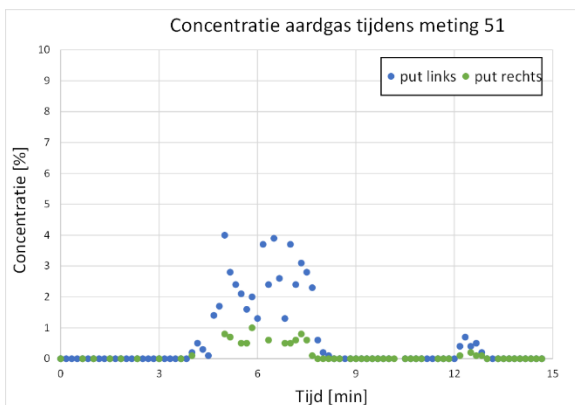
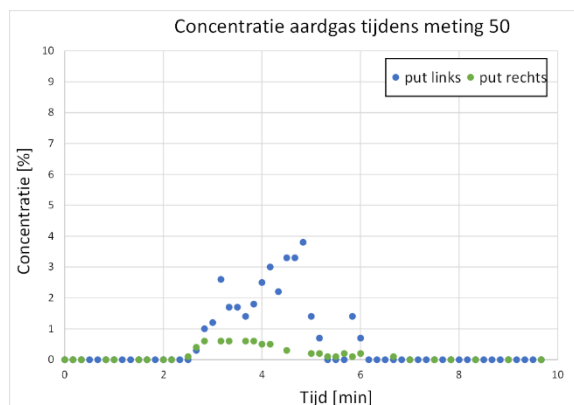
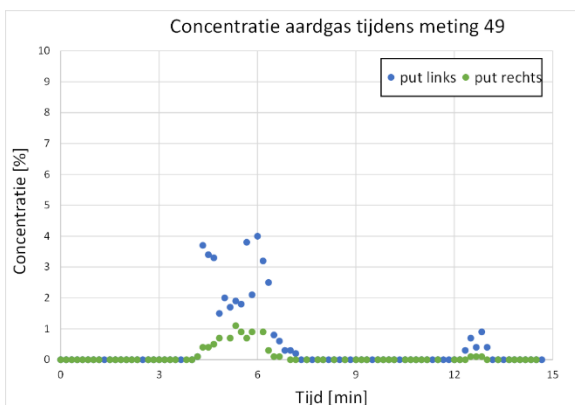
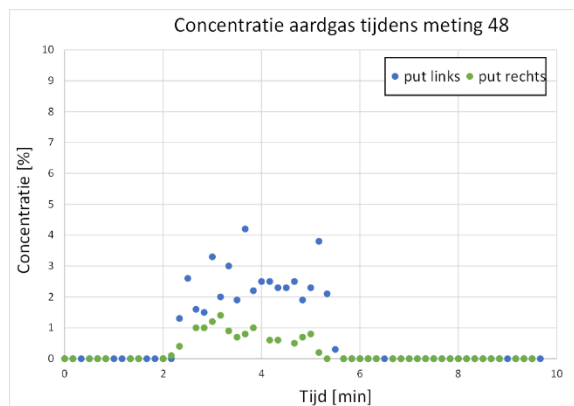
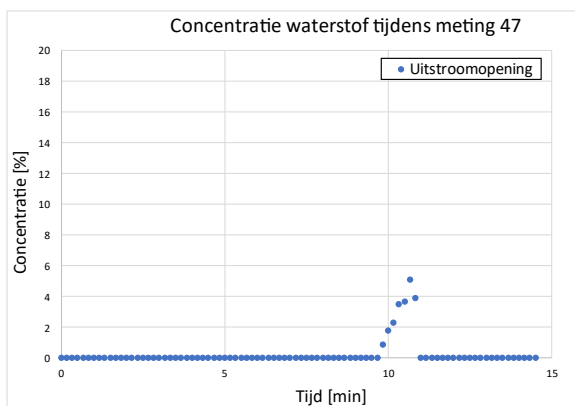


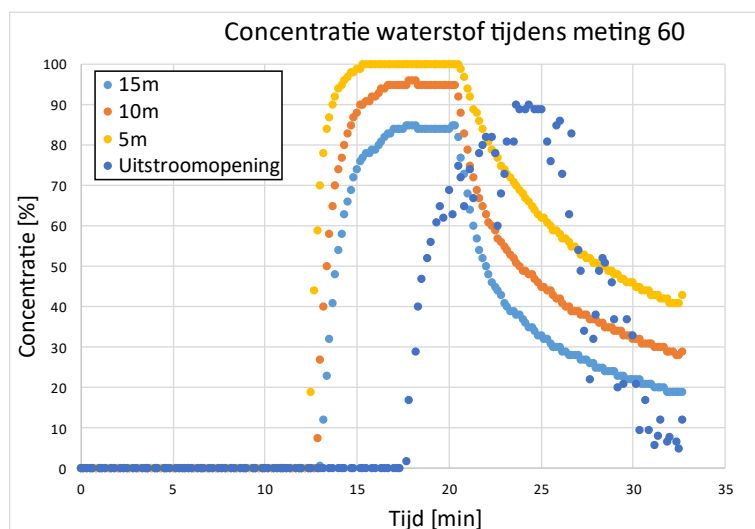
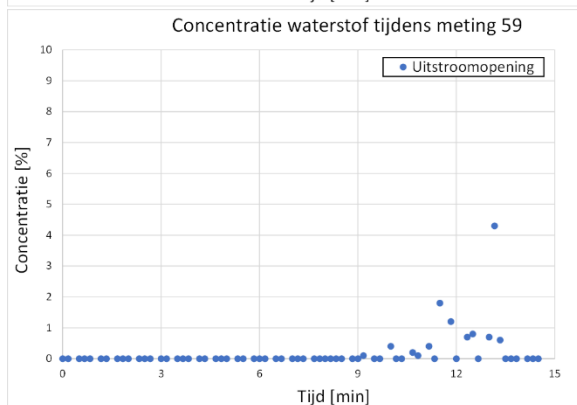
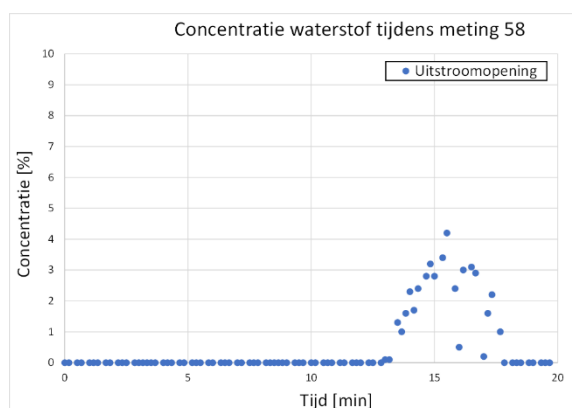
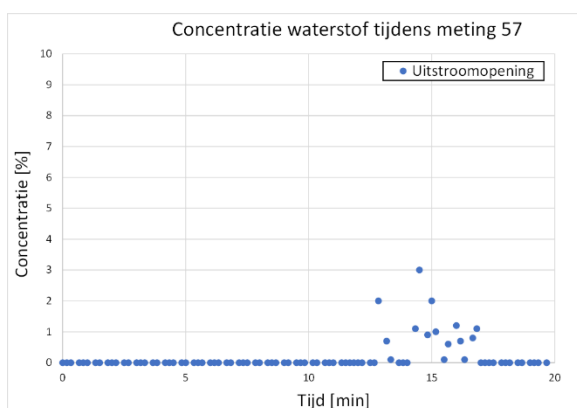
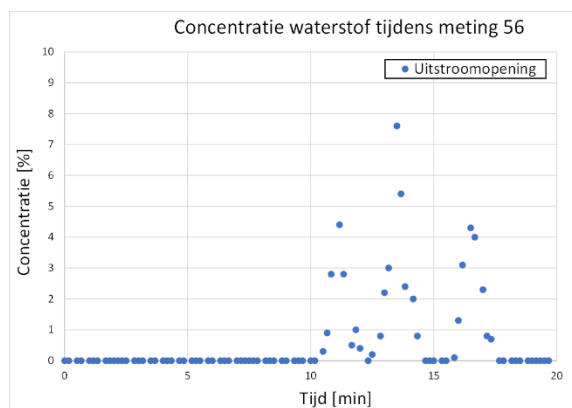
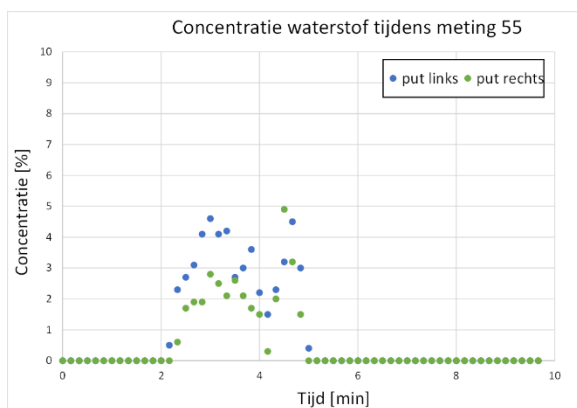


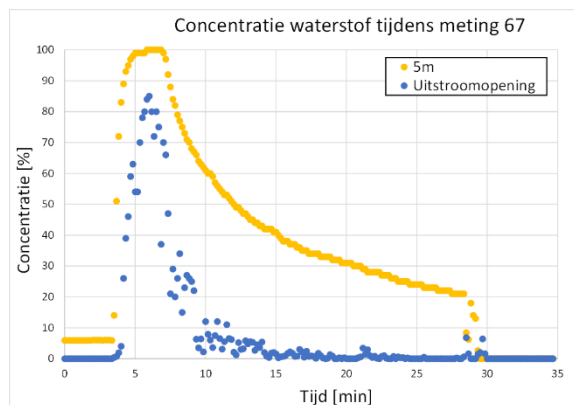
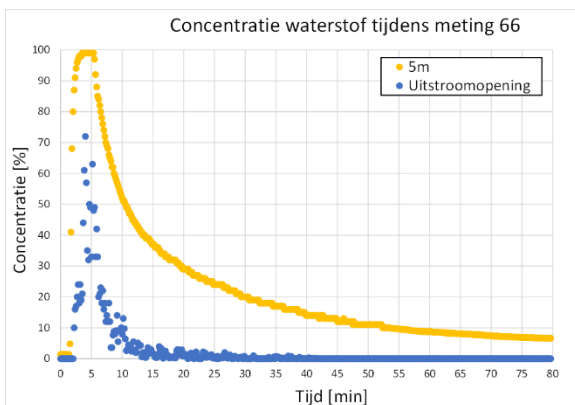
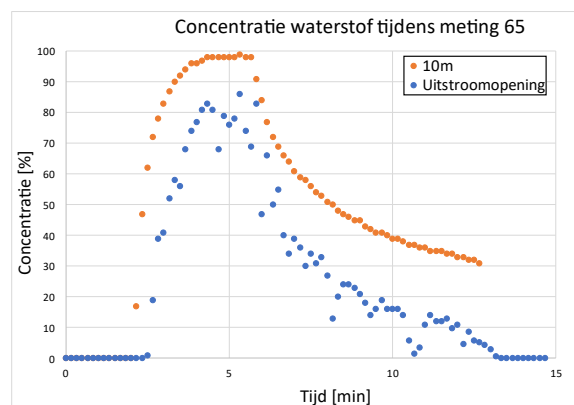
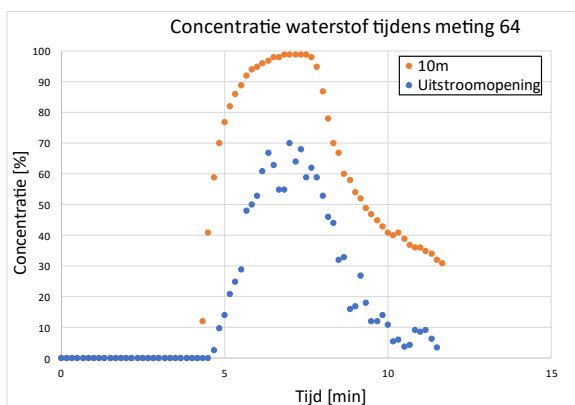
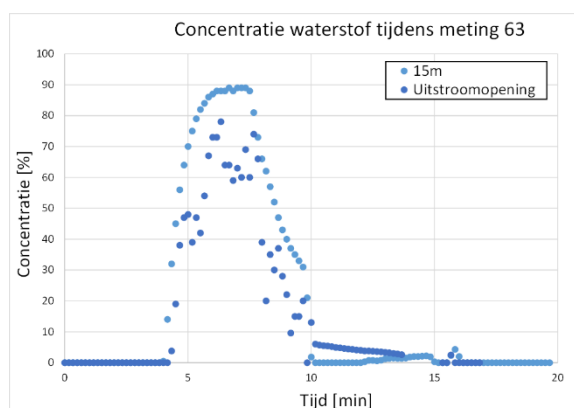
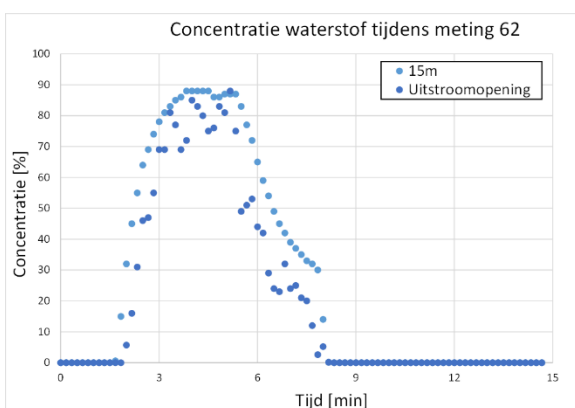
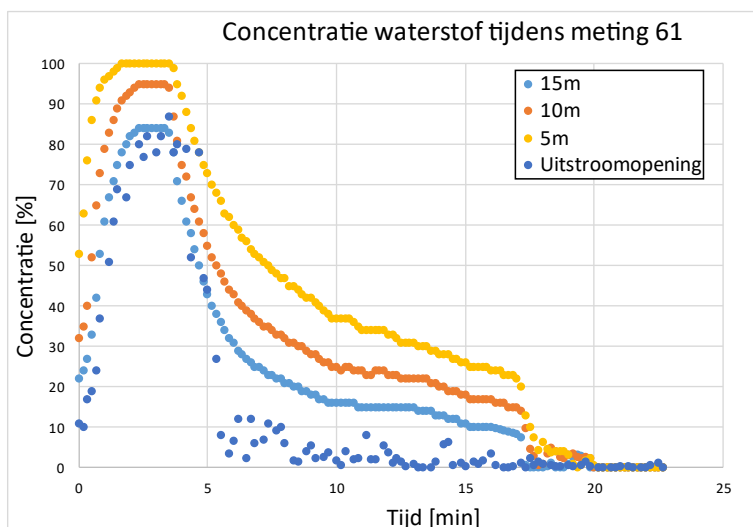


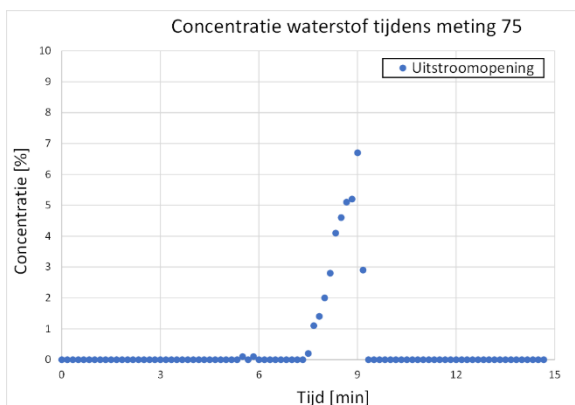
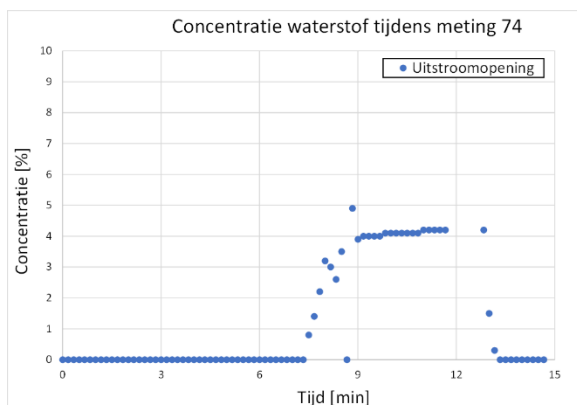
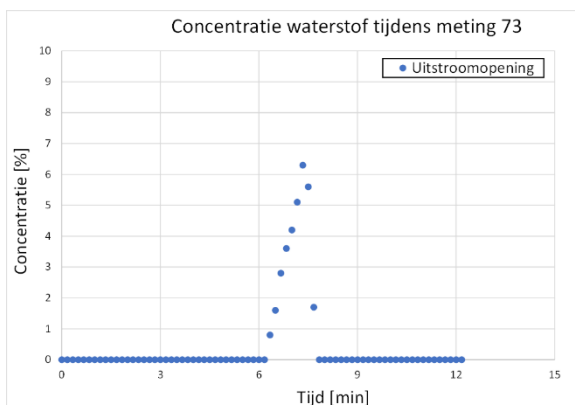
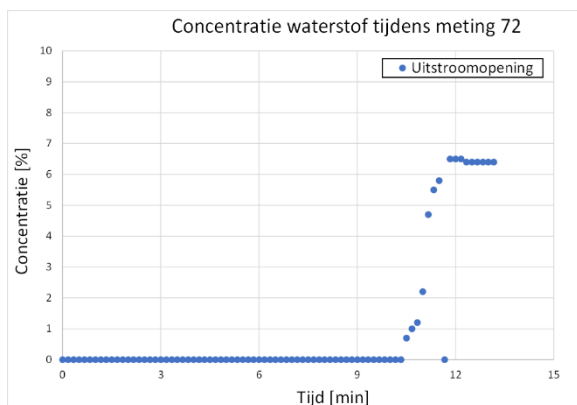
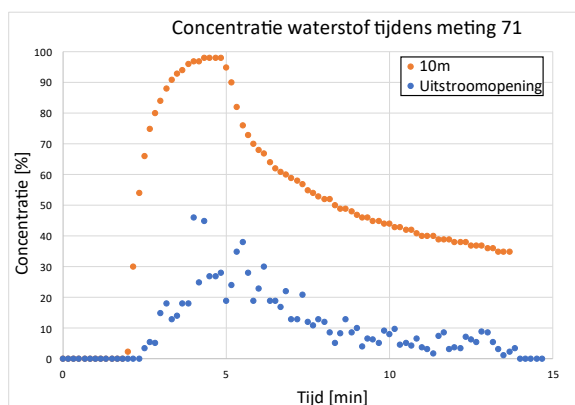
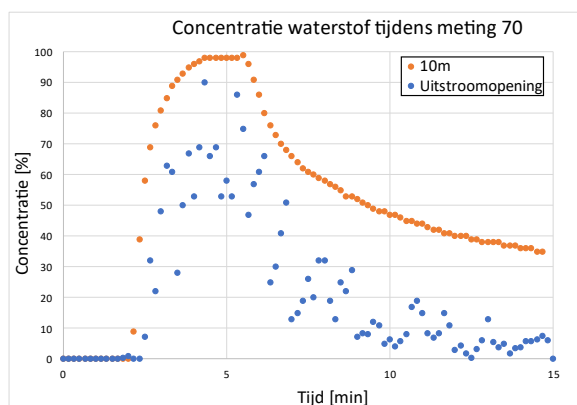
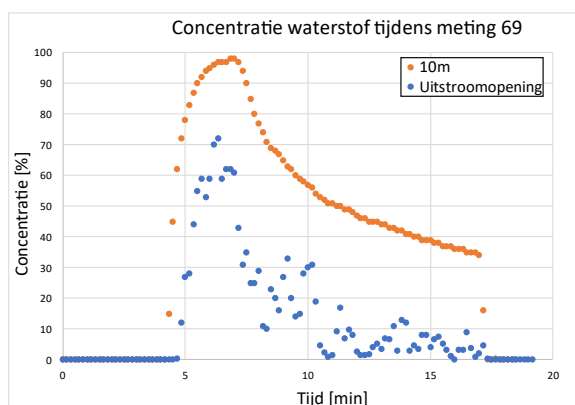
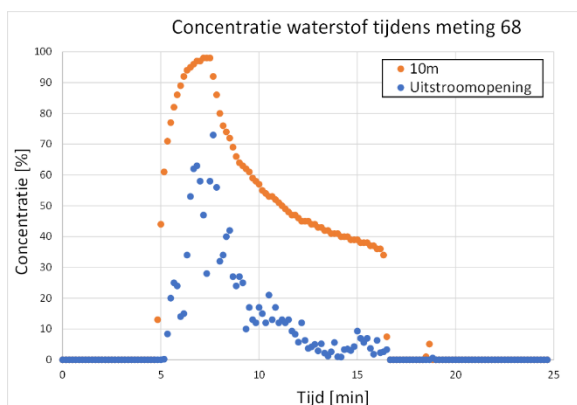


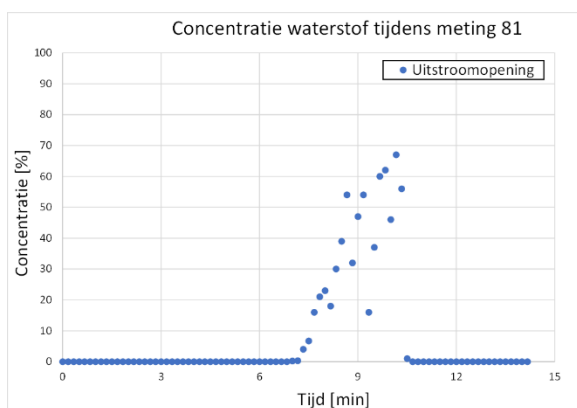
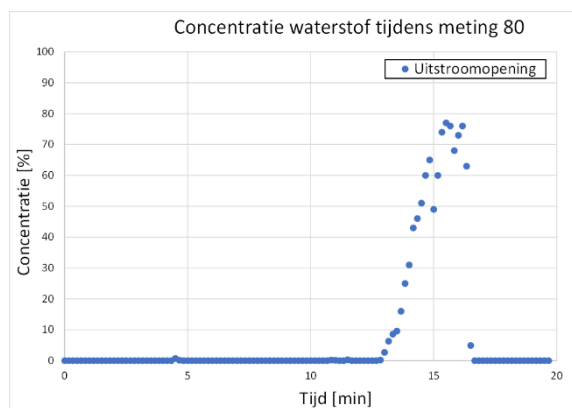
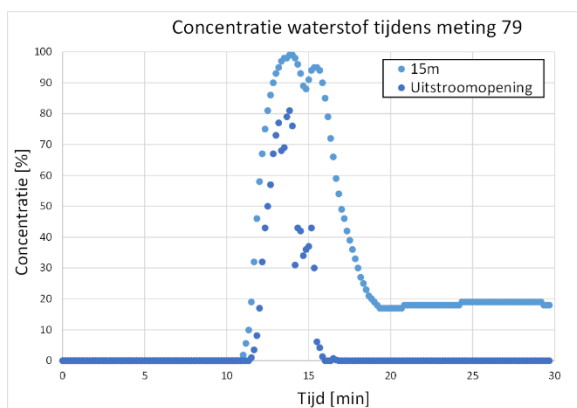
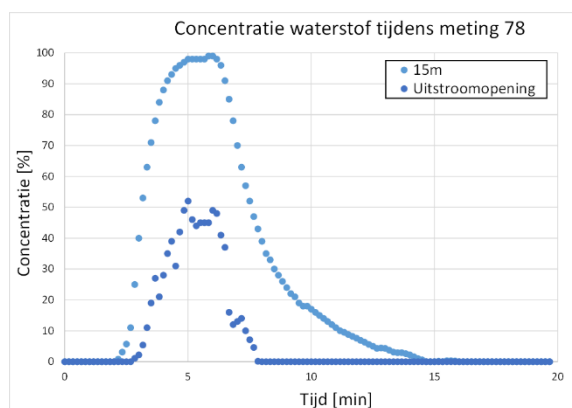
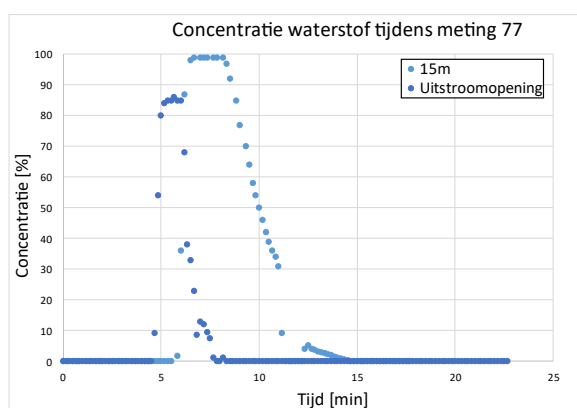
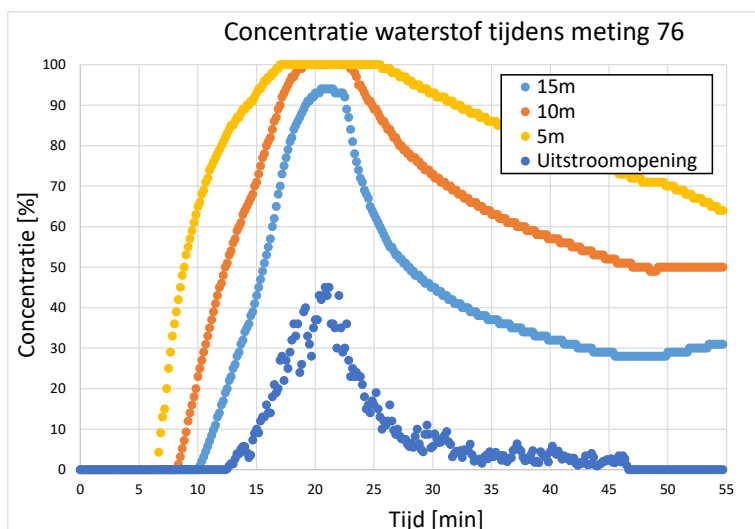












VII. Beoordeling van gebruikte blazen

Na afloop van de experimenten zijn de blazen beoordeeld. Deze beoordeling bestond uit

- 1) Een visuele beoordeling op de aanwezigheid van beschadigingen of het falen van de blaas.
- 2) Een dichtheidscontrole

In de tabellen op de volgende pagina's zijn deze bevindingen opgenomen. Op de pagina's daarna zijn foto's van de blazen met afwijkingen weergegeven.

Op de allerlaatste pagina zijn foto's opgenomen van de lansconstructies van IPCO en foto's van een deel van lansconstructies van Kleiss.

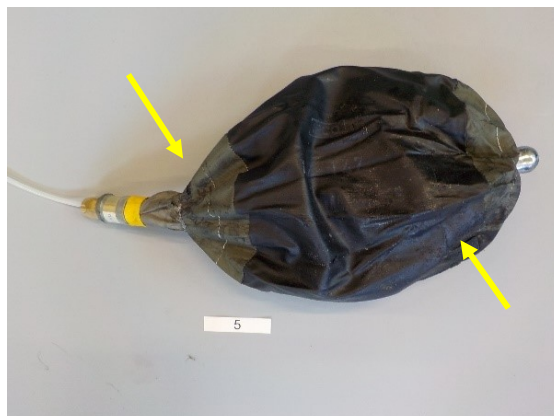
Metingnr	Datum	Lengte (m)	Diameter (mm)	Gas	Fabrikant	Codering fabrikant blaas	Visuele beoordeling blaas	Dichtheid (3 minuten op testdruk*)	Beoordeling aansluiting van blaas	Opmerkingen
1	15/04/2024	1	160	AG	IPCO	zie 3	-	-	-	-
2	15/04/2024	1	160	AG	IPCO	zie 3	-	-	-	-
3	15/04/2024	1	160	AG	IPCO	04-241902.35	brandschade	niet op druk te krijgen	brandschade	-
4	15/04/2024	1	160	AG	IPCO	zie 5	-	-	-	-
5	15/04/2024	1	160	H2	IPCO	04-241902.25	brandschade en scheur	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
6	15/04/2024	1	160	H2	IPCO	04-241902.31	scheur	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
7	15/04/2024	1	160	H2	Kleiss	16-03-24/08 - MDS B500 D3 (P3)	brandschade en scheur	niet op druk te krijgen	smeltschade	-
8	15/04/2024	1	160	H2	Kleiss	05-09-22/82 - MDS B500 D3 (P3)	brandschade en scheur	niet op druk te krijgen	smeltschade	-
9	15/04/2024	1	160	H2	Kleiss	16-03-24/03 - MDS B500 D3 (P3)	brandschade en scheur	niet op druk te krijgen	smeltschade	-
10	08/07/2024	1	160	AG	IPCO	04-241902.38	geen afwijkingen	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
11	08/07/2024	1	160	AG	IPCO	04-241902.34	brandschade	niet op druk te krijgen	brandschade	-
12	08/07/2024	1	160	H2	IPCO	04-241902.44	iets brandschade en 2 scheurtjes	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
13	08/07/2024	1	160	H2	IPCO	04-241902.37	brandschade	niet op druk te krijgen	brandschade	-
14	08/07/2024	1	160	AG	Kleiss	04-05-24/13 - MDS B500 D3 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	smeltschade	-
15	08/07/2024	1	160	AG	Kleiss	04-05-24/18 - MDS B500 D3 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	smeltschade	-
16	08/07/2024	1	160	H2	Kleiss	04-05-24/11 - MDS B500 D3 (P3)	brandgaatje	niet op druk te krijgen	smeltschade	-
17	08/07/2024	1	160	H2	Kleiss	04-05-24/04 - MDS B500 D3 (P3)	brandgaatje	niet op druk te krijgen	smeltschade	-
18	05/07/2024	1	110	AG	IPCO	04-241902.08	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
19	05/07/2024	1	110	AG	IPCO	04-241902.01	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
20	05/07/2024	1	110	H2	IPCO	04-241902.02	brandschade en gescheurd	niet op druk te krijgen	brandschade en scheur	-
21	05/07/2024	1	110	H2	IPCO	04-241902.16	brandschade	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
22	05/07/2024	1	110	H2	IPCO	04-241902.20	brandschade	niet op druk te krijgen	brandschade	-
23	05/07/2024	1	110	H2	IPCO	04-241902.13	brandschade	niet op druk te krijgen	brandschade	-
24	05/07/2024	1	110	AG	Kleiss	16-03-24/18 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
25	05/07/2024	1	110	AG	Kleiss	16-03-24/03 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
26	05/07/2024	1	110	H2	Kleiss	16-03-24/16 - MDS B500 D2 (P3)	brandgaatje	niet op druk te krijgen	smeltschade	-
27	05/07/2024	1	110	H2	Kleiss	16-03-24/05 - MDS B500 D2 (P3)	brandgaatje	niet op druk te krijgen	smeltschade	moest losgezaagd worden om uit lans te krijgen
28	05/07/2024	1	110	H2	Kleiss	16-03-24/09 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	niet op druk te krijgen	smeltschade - vulslang (inwendig) gesmolten	moest losgezaagd worden om uit lans te krijgen
29	05/07/2024	1	110	H2	Kleiss	16-03-24/04 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	niet op druk te krijgen	smeltschade (vulsslang gesmolten)	moest losgezaagd worden om uit lans te krijgen

Metingnr	Datum	Lengte (m)	Diameter (mm)	Gas	Fabrikant	Codering fabrikant blaas	Visuele beoordeling blaas	Dichtheid (3 minuten op testdruk*)	Beoordeling aansluiting van blaas	Opmerkingen
30	16/04/2024	20	160	AG	IPCO	zie 31	-	-	-	-
31	16/04/2024	20	160	AG	IPCO	04-241902.39	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
32	22/04/2024	20	160	AG	IPCO	zie 33	-	-	-	-
33	22/04/2024	20	160	AG	IPCO	04-241902.24	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
34	16/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.27	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
35	16/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.40	blaas volledig gescheurd	niet op druk te krijgen	op overgang gescheurd	-
36	16/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/07 - MDS B500 D3 (P3)	gescheurd	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
37	16/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/01 - MDS B500 D3 (P3)	gescheurd	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
38	22/04/2024	20	160	H2	IPCO	zie 39	-	-	-	-
39	22/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.41	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
40	22/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 70 en 71 (in lans)	-	-	-	-
41	22/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 70 en 71 (in lans)	-	-	-	-
42	17/04/2024	20	110	AG	IPCO	04-241902.03	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
43	16/04/2024	20	110	AG	Kleiss	16-03-24/02 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
44	16/04/2024	20	110	H2	IPCO	04-241902.12	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
45	16/04/2024	20	110	H2	IPCO	04-241902.18	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
46	16/04/2024	20	110	H2	Kleiss	16-03-24/11 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
47	16/04/2024	20	110	H2	Kleiss	16-03-24/08 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
48	22/04/2024	20	110	AG	IPCO	zie 49	-	-	-	-
49	22/04/2024	20	110	AG	IPCO	04-241902.07	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
50	22/04/2024	20	110	AG	Kleiss	zie 51	-	-	-	-
51	22/04/2024	20	110	AG	Kleiss	16-03-24/13 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
52	22/04/2024	20	110	H2	IPCO	zie 53	-	-	-	-
53	22/04/2024	20	110	H2	IPCO	04-241902.05	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
54	22/04/2024	20	110	H2	Kleiss	zie 55	-	-	-	-
55	22/04/2024	20	110	H2	Kleiss	16-03-24/06 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
56	18/04/2024	20	160	H2	Kleiss	05-09-22/76 - MDS B500 D3 (P3)	blaas losgerukt	niet op druk te krijgen	schroefdraad los van slang	binnenste blaas
56	18/04/2024	20	160	H2	Kleiss	05-09-22/60 - MDS B500 D3 (P3)	blaas losgerukt	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	buitenste blaas
57	18/04/2024	20	160	H2	Kleiss	05-09-22/72 - MDS B500 D3 (P3)	blaas losgerukt	niet op druk te krijgen	schroefdraad los van slang	binnenste blaas
57	18/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/05 - MDS B500 D3 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	buitenste blaas
58	18/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.32	blaas volledig gescheurd	niet op druk te krijgen	op overgang gescheurd	binnenste blaas
58	18/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.88	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	buitenste blaas
59	18/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.42	blaas volledig gescheurd	niet op druk te krijgen	op overgang gescheurd	binnenste blaas
59	18/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.30	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	buitenste blaas
60	18/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 62	-	-	-	-
61	18/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 62	-	-	-	-

Metingnr	Datum	Lengte (m)	Diameter (mm)	Gas	Fabrikant	Codering fabrikant blaas	Visuele beoordeling blaas	Dichtheid (3 minuten op testdruk*)	Beoordeling aansluiting van blaas	Opmerkingen
62	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/09 - MDS B500 D3 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
63	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 71	-	-	-	-
64	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/02 - MDS B500 D3 (P3)	vulleiding door de blaas gestoken	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	-
65	19/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.23	blaas volledig gescheurd	niet op druk te krijgen	op overgang gescheurd	-
66	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 70	-	-	-	-
67	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	zie 70	-	-	-	-
68	19/04/2024	20	160	H2	IPCO	zie 58 buitenste blaas	-	-	-	-
69	19/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.33	blaas volledig gescheurd	niet op druk te krijgen	op overgang gescheurd	buitense blaas
69	19/04/2024	20	160	H2	IPCO	04-241902.36	scheuren buitenste laag	op druk te houden	geen afwijkingen	in binnenste lans
70	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/06 - MDS B500 D3 (P3)	blaas losgerukt	niet op druk te krijgen	geen afwijkingen	buitense blaas
71	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/10 - MDS B500 D3 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	buitense blaas
70 & 71	19/04/2024	20	160	H2	Kleiss	16-03-24/04 - MDS B500 D3 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	in binnenste lans
72 & 73	17/04/2024	20	110	H2	Kleiss	16-03-24/12 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	buitense blaas
73 & 73	17/04/2024	20	110	H2	Kleiss	16-03-24/07 - MDS B500 D2 (P3)	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	binnenste blaas
74 & 75	17/04/2024	20	110	H2	IPCO	04-241902.19	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	buitense blaas
75 & 75	17/04/2024	20	110	H2	IPCO	04-241902.10	metalen dop iets scheef, rest geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	binnenste blaas
76	17/04/2024	20	110	H2	IPCO	zie 81	-	-	-	-
77	18/04/2024	20	110	H2	IPCO	zie 81	-	-	-	-
78	18/04/2024	20	110	H2	IPCO	zie 81	-	-	-	-
79	18/04/2024	20	110	H2	IPCO	zie 81	-	-	-	-
80	18/04/2024	20	110	H2	IPCO	zie 81	-	-	-	-
81	18/04/2024	20	110	H2	IPCO	04-241902.22	geen afwijkingen	op druk te houden	geen afwijkingen	-
* testdruk		IPCO opgeblazen tot 0,6 bar		Kleiss 110mm opgeblazen tot 0,4 bar			Kleiss 160 mm opgeblazen tot 0,2 bar			



Blaas meting 3; De blaas is nagenoeg volledig verbrand.



Blaas meting 5; Brandschade aan de blaas en een scheur in de blaas.



Blaas meting 6; De blaas is gescheurd.



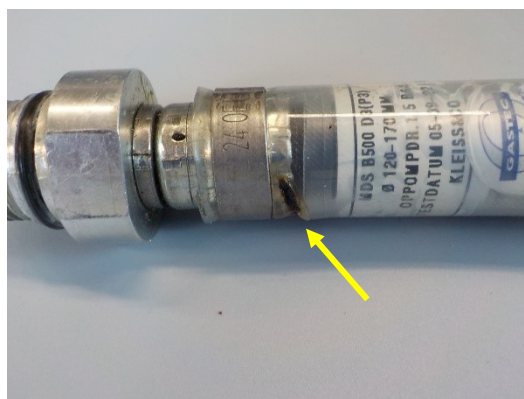
Blaas meting 7; Brandschade aan de blaas en een scheur.



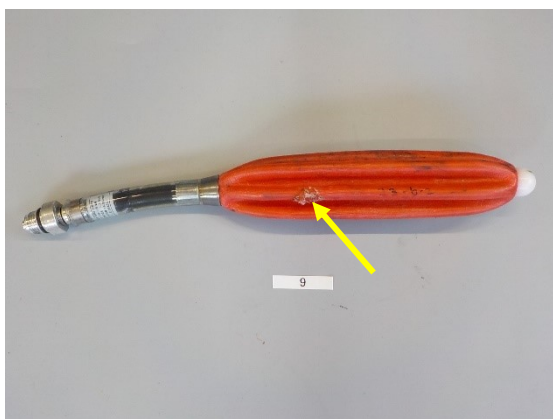
Blaas meting 7; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas



Blaas meting 8; Brandschade aan de blaas en een scheur.



Blaas meting 8; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas.



Blaas meting 9; Brandschade aan de blaas en een scheur.



Blaas meting 9; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas.



Blaas meting 11; Brandschade aan de blaas c.q. aansluitleiding.



Blaas meting 11; Brandschade aan de blaas c.q. aansluitleiding.



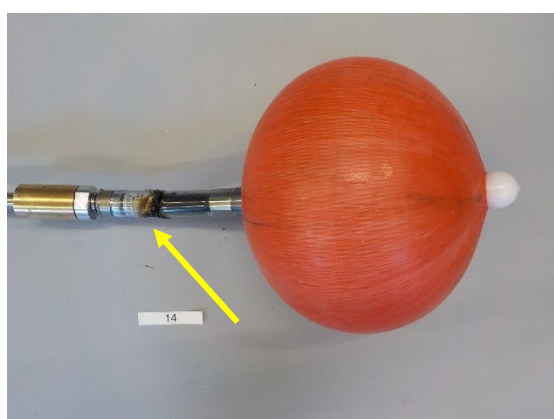
Blaas meting 12; Brandschade leidend tot een scheur.



Blaas meting 12; Brandschade leidend tot een scheur.



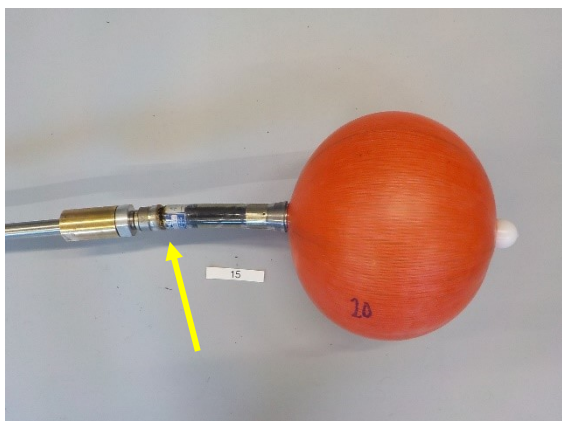
Blaas meting 13; Volledig gescheurde blaas als gevolg van brand.



Blaas meting 14; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas.



Blaas meting 14; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas.



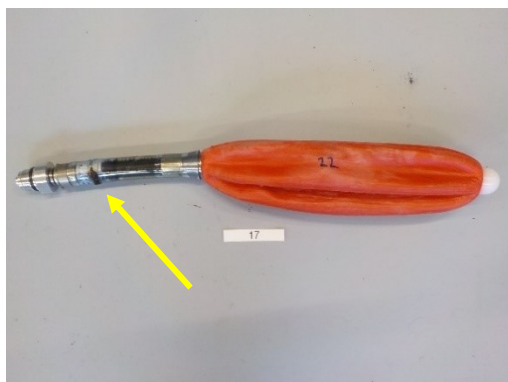
Blaas meting 15; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas.



Blaas meting 16; Brandschade en scheur in de blaas.



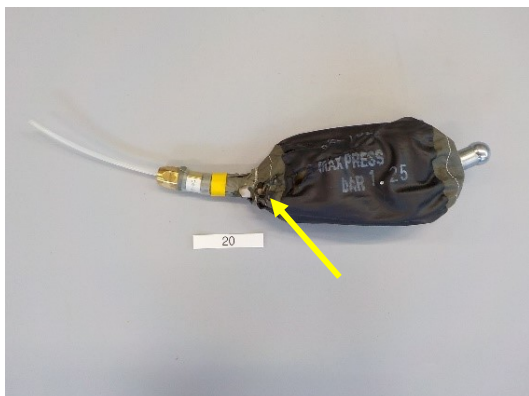
Blaas meting 16; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas.



Blaas meting 17; smeltschade aan de aansluiting van de blaas



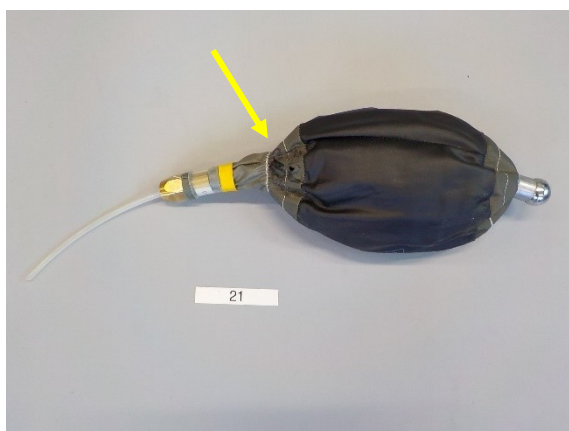
Blaas meting 17; Brandschade en scheur in de blaas.



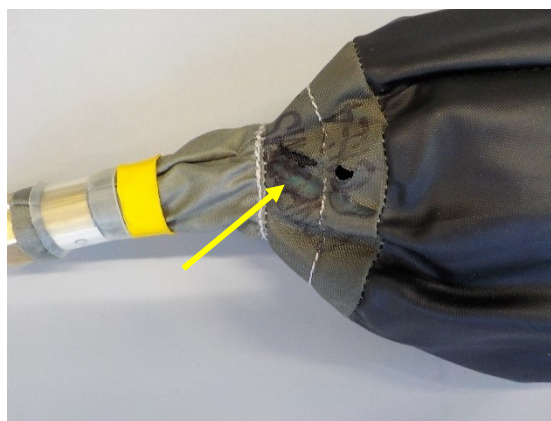
Blaas meting 20; Brandschade en scheur in de blaas.



Blaas meting 20; Brandschade en scheur in de blaas.



Blaas meting 21; Brandschade en gaatje in de blaas.



Blaas meting 21; Brandschade en gaatje in de blaas.



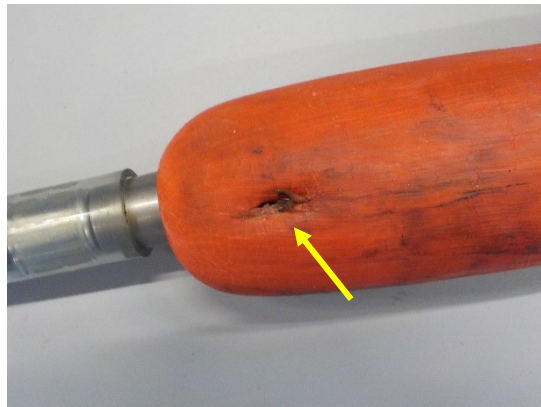
Blaas meting 22; Volledig gescheurde blaas als gevolg van brand (bij uitnemen zo gevormd).



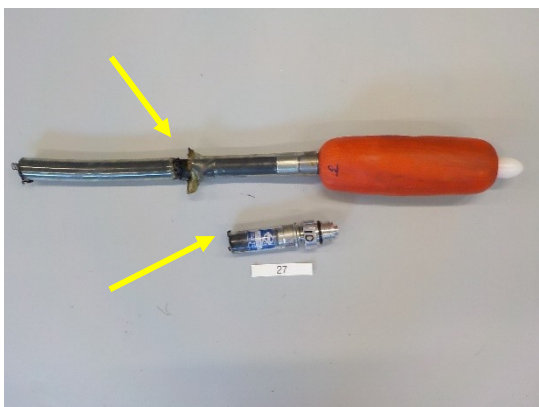
Blaas meting 23; Volledig gescheurde blaas als gevolg van brand (bij uitnemen zo gevormd).



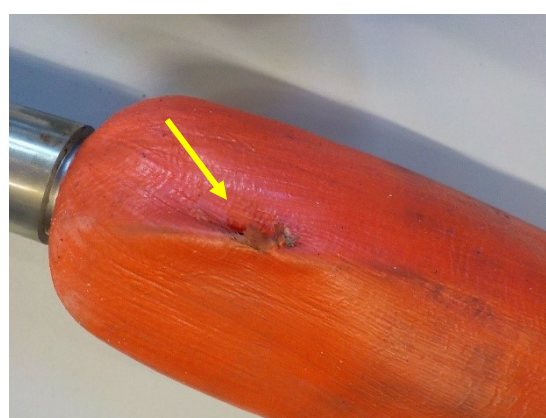
Blaas meting 26; smeltschade aan de aansluiting van de blaas



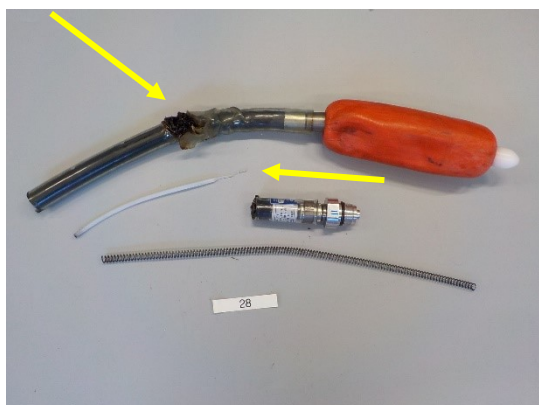
Blaas meting 26; Brandgaatje in de blaas.



Blaas meting 27; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas. Deze moest losgezaagd worden om uit lans en buis te krijgen.



Blaas meting 27; Brandgaatje in de blaas.



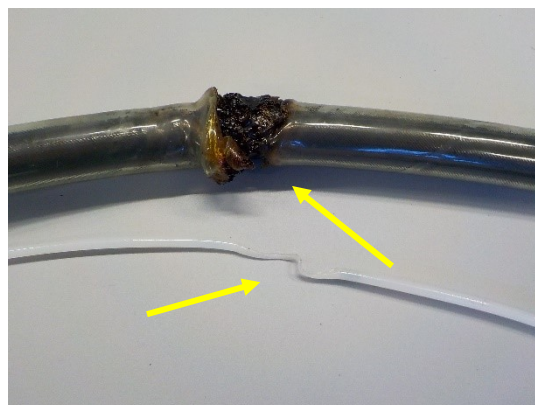
Blaas meting 28; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas. Deze moest losgezaagd worden om uit lans en buis te krijgen.



Blaas meting 28; smeltschade - vulslang (inwendig) gesmolten



Blaas meting 29; Smeltschade aan de aansluiting van de blaas. Deze moest losgezaagd worden om uit lans en buis te krijgen.



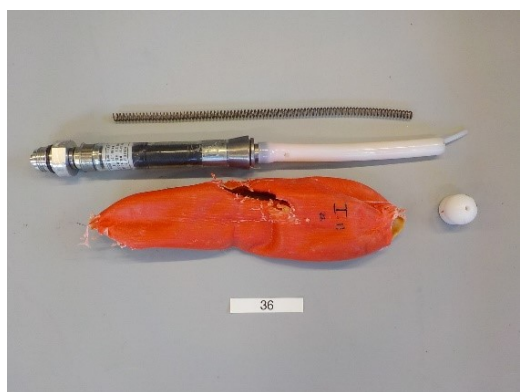
Blaas meting 29; smeltschade (vulslang gesmolten)



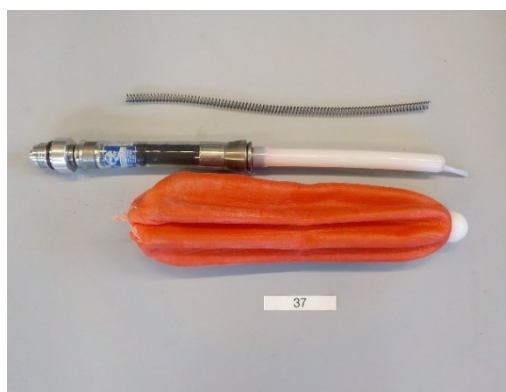
Blaas meting 35; De blaas is volledig gescheurd



Blaas meting 35; Detail van de scheur.



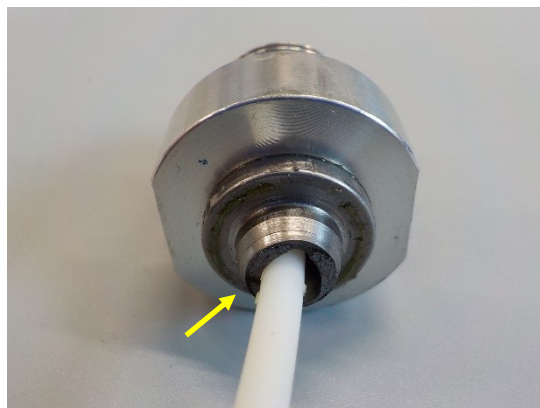
Blaas meting 36; De blaas is gescheurd en losgeraakt van de aansluiting.



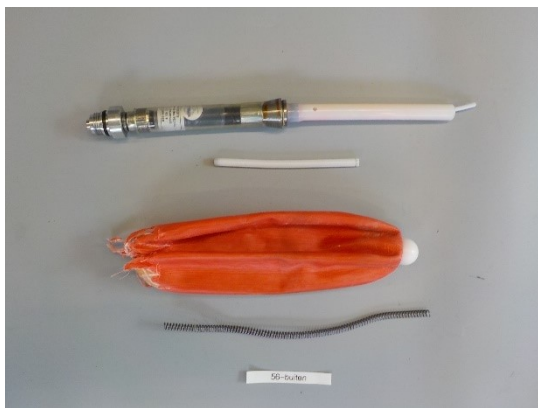
Blaas meting 37; De blaas is gescheurd en losgeraakt van de aansluiting.



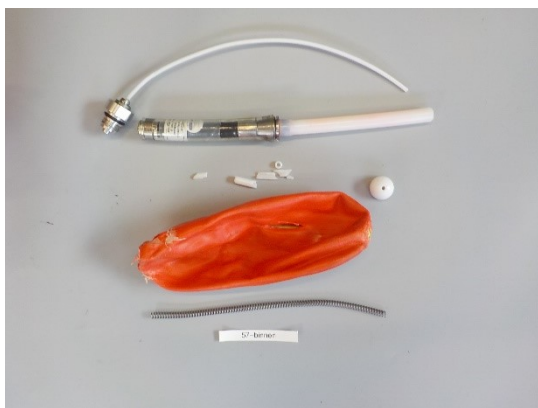
Binnenste blaas meting 56; De blaas is gescheurd en losgeraakt van de aansluiting.



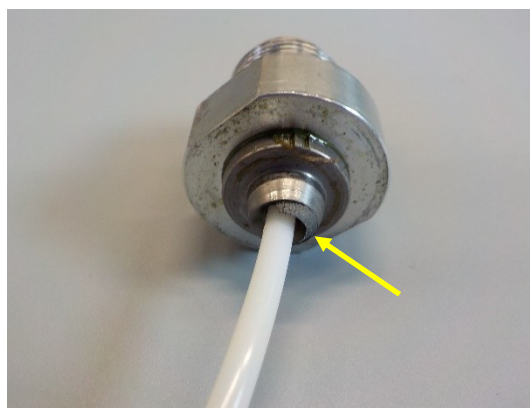
Binnenste blaas meting 56; De koppeling met schroefdraad is van de slang afgebroken.



Buitenste blaas meting 56 ; De blaas is gescheurd en losgeraakt van de aansluiting.



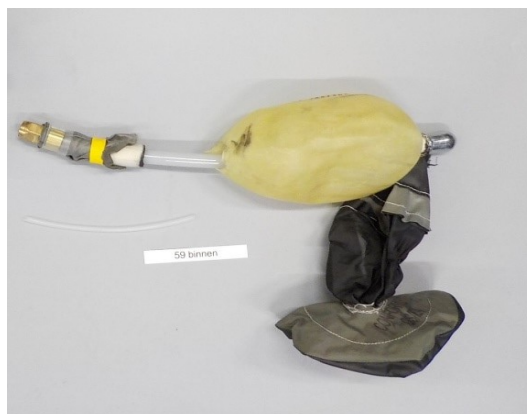
Binnenste blaas meting 57; De blaas is gescheurd en losgeraakt van de aansluiting. Een onderdeel van de vulleiding is stuk.



Binnenste blaas meting 57; De koppeling met schroefdraad is van de slang afgebroken.



Binnenste blaas meting 58; De blaas is volledig gescheurd.



Binnenste blaas meting 59; De blaas is volledig gescheurd (zo gevormd door het uitnemen uit de lans).



Blaas meting 64; De vul-meetslang is door de blaas gestoken.



Blaas 65; De blaas is volledig gescheurd



Buitenste blaas 69; De blaas is volledig gescheurd. De aansluiting is van de blaas losgeraakt.



Blaas 69 in binnenste lans; Scheuren in buitenste laag (ten tijde van het experiment was de blaas niet opgeblazen).



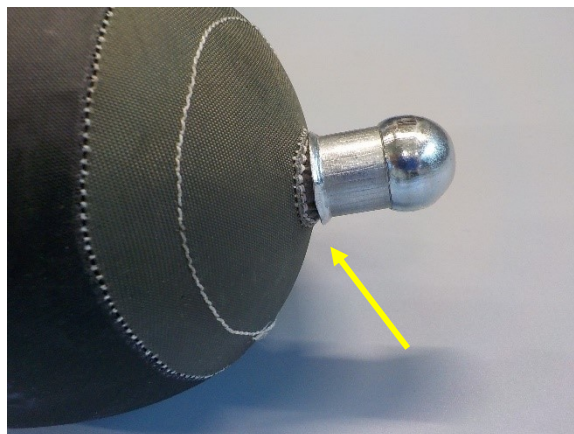
Blaas 69 in binnenste lans; Scheuren in buitenste laag (ten tijde van het experiment was de blaas niet opgeblazen).



Blaas 70; De blaas is gescheurd en losgeraakt van de aansluiting.



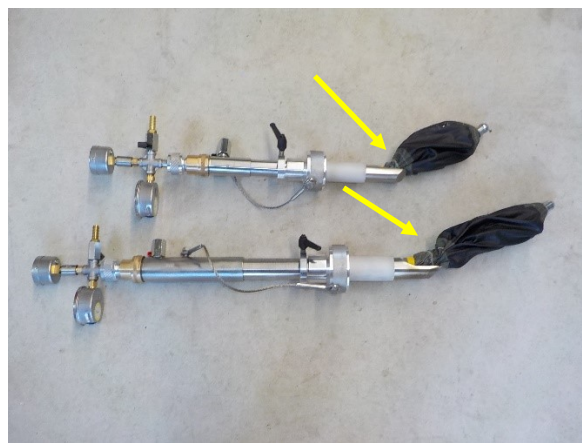
Blaas 75 & 75; De metalen dop zit iets scheef.



Blaas 75 & 75; De metalen dop zit iets scheef.



Een deel van de Kleiss lansconstructies voor de blazen in de buizen 110 mm en 160 mm. Bij de grotere blaas is een korte aansluitleiding op de blaas mogelijk, omdat de schroefdraadkoppeling verder in het onderste deel van de lans steekt. De gele pijlen geven de smeltschade aan zoals deze meermaals is aangetroffen. Dat is ook de plek waar de aansluitleiding van de blaas uit de lans komt.



De IPCO lansconstructies voor de blazen in de buizen 110 mm en 160 mm. De blaas zelf begint vrijwel direct nadat deze uit de lans komt.