

# HyDelta

## **WP1B – Gasstations**

### D1B.1 – Functioneren van gasstations met veerbelaste regelaars op waterstof

Status: final

## Document summary

### Corresponding author

Corresponderende auteur	Ir. Sander van Woudenberg
Verbonden aan	Kiwa Technology BV
Email adres	sander.van.woudenberg@kiwa.com

### Document historie

Versie	Datum	Auteur	Verbonden aan	Samenvatting van de wijzigingen
1	11-Jan-2022	Sander van Woudenberg	Kiwa Technology BV	Eerste versie; concept
2	14-Feb-2022	Sander van Woudenberg	Kiwa Technology BV	Tweede versie; verwerking commentaar
3	14-Mar-2022	Sander van Woudenberg	Kiwa Technology BV	Derde versie; verwerking commentaar

### Verspreidingsniveau

Verspreidingsniveau		
<b>PU</b>	Public	X
<b>R1</b>	Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> <li>Partners inclusief Expert Assessment Group</li> <li>Andere deelnemers aan het project inclusief Sounding Board</li> <li>Externe entiteit gespecificeerd door het consortium (please specify)</li> </ul>	
<b>R2</b>	Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> <li>Partners inclusief Expert Assessment Group</li> <li>Andere deelnemers aan het project inclusief Sounding Board</li> </ul>	
<b>R3</b>	Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> <li>Partners inclusief Expert Assessment Group</li> </ul>	

### Document beoordeling

Partner	Naam
Kiwa Technology BV	Sander Lueb/ Arie Kooiman/ Cees Lock
Enexis	Raymond van Hooijdonk/ John Voogt
Rendo	Johan Jonkman
Alliander	Peter Verstegen
Stedin	Ricardo Verhoeve
Gasunie	Steffen Elgersma
NBNL, Gasunie, Kiwa, DNV, TNO, NEC	HyDelta Supervisory Group

## Executive summary

The Dutch system operators (DSO's) are planning to examine if existing – or slightly modified – gas pressure reducing and metering stations which are currently applied for **natural gas**, will also be suitable to be utilized for **hydrogen** (H<sub>2</sub>).

Right now, only limited knowledge is available about applying the current gas pressure reducing and metering stations for **natural gas** are suitable to operate with **hydrogen** to adequately, reliably and safely reduce pressure.

The goal of this research program focuses on the following key question: is an existing gas pressure reducing and metering station, operated with **natural gas** and equipped with a spring loaded safety valve, also suitable for **hydrogen**.

For the execution of the experimental program, a gas pressure reducing and metering station is made available by Enexis on behalf of the DSO's. The design capacity of the station is 100 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (**natural gas**) (according to gAvilar specifications) with a minimum inlet pressure of 3 bar. The gas pressure reducing and metering station is in compliance with the NEN 1059: 2019.

Also, a high pressure delivery station (HAS) is made available by RENDO on behalf of the DSO's. The design capacity of this station is about 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (**natural gas**) at 4 bar inlet pressure. This HAS is also in compliance with the NEN 1059: 2019.

The experimental program is executed according to a test protocol which describes the different steps to be followed, the operational conditions and the circumstances of the specific measurements. The capacity of the safety valves are exceeding the capacity of the gas pressure reducing and metering station.

The gas pressure reducing and metering station is tested first with **natural gas** to a maximum flow of 200 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Secondly, the station is tested with **hydrogen** to a maximum flow of 600 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Additionally, other tests focusing on leak tightness and closing pressure have been executed according to the test protocol.

The high pressure delivery station (HAS) is tested first with **natural gas** to a maximum flow of 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Subsequently, the test is repeated with **hydrogen** to a maximum flow of 90m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Also here, additional tests have been executed in accordance with the test protocol.

## Conclusion

Based on the experiments, the main conclusion of this report can be formulated as:

The gas pressure reducing and metering station, equipped with spring loaded safety valves and designed for **natural gas**, can be used to adequately, reliably and safely reduce the pressure for **hydrogen**. The tests with the different safety valves show only small differences between **natural gas** and **hydrogen** when comparing the results for the steps from the test protocol.

### Remark:

- The conclusion of this research involves the technical functionality of a gas pressure reducing and metering station. The long-term effects on the components have not been tested in this test program and as such, no conclusions can be drawn on this specific matter.

## Samenvatting

De Nederlandse regionale netbeheerders willen van bestaande – of eventueel beperkt aangepaste – gasdrukregelstations voor **aardgas** de geschiktheid vaststellen voor gebruik met zuiver **waterstof** (H<sub>2</sub>).

Op dit moment is slechts zeer beperkt bekend of de huidige (aard)gasdrukregelstations geschikt zijn om ook waterstof op een correcte, betrouwbare en veilige wijze te reduceren in druk.

De doelstelling van dit onderzoek spitst zich toe op de volgende kernvraag; hoe goed functioneert een bestaand aardgasdrukregelstation met veerbelaste regelaars als **waterstof** als medium wordt gebruikt in plaats van **aardgas**.

Voor het uitvoeren van de testen is namens de netbeheerders door Enexis een districtstation beschikbaar gesteld. De ontwerpcapaciteit van het districtstation bedraagt 100 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (**aardgas**) (volgens opgaaf specificaties gAvilar) bij de minimum inlaatdruk van 3 bar. Het gasdrukregelstation voldoet aan NEN 1059: 2019.

Tevens is namens de netbeheerders door RENDO een HAS (Hogedrukafleverstation) beschikbaar gesteld. De ontwerpcapaciteit van dit gasdrukregelstation bedraagt circa 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (**aardgas**) bij 4 bar inlaatdruk. Deze HAS voldoet aan de NEN 1059: 2019.

Voor uitvoering van de testen is een meetprotocol opgesteld waarin voor alle testen de te nemen stappen, omstandigheden en metingen zijn gespecificeerd. De capaciteit van de specifieke regelaars ligt hoger dan de capaciteit van het districtstation.

Het districtstation is eerst getest met **aardgas** tot een maximum debiet van 200 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Vervolgens is het gasdrukregelstation getest met **waterstof** tot een maximum debiet van 600 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Tevens andere testen zoals lekdichtheid en sluitdruk beproefd volgens het meetprotocol.

Het Hogedrukafleverstation is eerst getest met **aardgas** tot een maximum debiet van 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Vervolgens is het Hogedrukafleverstation getest met **waterstof** tot een maximum van 90m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h. Ook hier zijn aanvullende testen uitgevoerd volgens een vooraf opgesteld meetprotocol.

## Conclusie

Op basis van de metingen, zoals in dit rapport gepresenteerd, luidt de hoofdconclusie:

Het geteste gasdrukregelstations met de geteste, veerbelaste regelaars ontworpen voor **aardgas** kunnen zonder aanpassingen worden toegepast voor **waterstof**. De gasdrukregelaars laten slechts geringe verschillen zien wanneer respectievelijk het medium **aardgas** of **waterstof** wordt toegepast en de resultaten van het meetprotocol vergeleken worden.

### Opmerking:

- De conclusie betreft alleen het technisch functioneren. Over langetermijneffecten kan geen uitspraak worden gedaan.

## Table of contents

Document summary .....	2
Executive summary .....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding .....	7
Aanleiding .....	7
Probleemstelling.....	7
Doelstelling.....	7
Aanpak.....	8
2. Gasdrukregelstation .....	9
Gasdrukregelstation .....	9
Opbouw van het gasdrukregelstation .....	10
Gasdrukregelstation in de testopstelling .....	10
3. Meetprotocol .....	11
4. Meetresultaten – Itron 233 regelaar.....	15
4.1 Lekktheid (inwendig) – metingnummer 1 .....	15
4.1.1 Inlaatafsluiter (veiligheidsafsluiter VA) .....	15
4.1.2 Uitlaatafsluiter (handbediend) .....	15
4.2 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4 .....	16
4.3 Lekktheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5 .....	17
4.3.1 Veiligheidsafsluiter .....	17
4.3.2 Veiligheidsafsluitklep.....	17
4.4 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6.....	17
4.5 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8.....	18
4.6 Geluidsemisatie.....	20
5. Meetresultaten – Elster Instromet 243 regelaar.....	21
5.1 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4 .....	21
5.2 Lekktheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5 .....	22
5.2.1 Veiligheidsafsluiter .....	22
5.2.2 Veiligheidsafsluitklep.....	22
5.3 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6.....	22
5.4 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8.....	23
5.5 Geluidsemisatie.....	25
6. Meetresultaten – Fiorentini Dival 600 regelaar .....	26
6.1 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4 .....	26

6.2 Lekdichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5 .....	27
6.2.1 Veiligheidsafsluiter .....	27
6.2.2 Veiligheidsafsluitklep.....	27
6.3 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6.....	27
6.4 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8.....	28
6.5 Geluidsemisatie.....	30
6.7 Gasfilter .....	31
7. Meetresultaten – IGA1843 regelaar.....	32
7.1 Lekdichtheid (inwendig) – metingnummer 1 .....	32
7.1.1 Inlaatafsluiter (VAK) .....	32
7.2 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4 .....	33
7.3 Lekdichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5 .....	34
7.3.1 Veiligheidsafsluitklep (VAK(AAN)) .....	34
7.4 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6.....	34
7.5 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8.....	35
7.6 Geluidsemisatie.....	36
7.7 Gasfilter .....	37
Conclusies.....	38
Aanbevelingen.....	40
Referenties .....	41
I Overzicht van vragen HyDelta WP1B .....	42
II Overzicht samenstelling begeleidings- en sparringsgroep.....	43
III Begrippenlijst.....	44
IV Toegepaste componenten gasdrukregelstation(s) .....	45
V Schema van de testopstelling.....	48
VI Berekening lekkage afsluiters.....	51
VII Grafiek drukstabiliteit Itron (tweede meting).....	53
VIII Grafiek drukstabiliteit Elster Instromet (tweede meting).....	54
IX Grafiek drukstabiliteit Fiorentini Dival (tweede meting).....	55
X Grafiek drukstabiliteit IGA1843 (tweede meting).....	56
XI Geluidsemissies per regelaar.....	57
XII Meetgegevens per regelaar .....	60

## 1. Inleiding

### Aanleiding

De Nederlandse regionale netbeheerders willen van bestaande – of eventueel beperkt aangepaste – gasdrukregelstations voor aardgas ( $L_{\text{gas}}$ <sup>1</sup>) de geschiktheid vaststellen voor gebruik met zuiver<sup>2</sup> waterstof ( $H_2$ ).

### Probleemstelling

Op dit moment is slechts zeer beperkt bekend of de huidige (aard)gasdrukregelstations voor wat betreft het technisch functioneren geschikt zijn om ook waterstof op een correcte, betrouwbare en veilige wijze te reduceren in druk. Waterstof heeft andere fysische eigenschappen dan aardgas en om dezelfde hoeveelheid energie te leveren als met aardgas, moet de doorstromende hoeveelheid waterstof driemaal hoger zijn bij gelijke druk<sup>3</sup>. Nagegaan moet worden of deze factoren invloed hebben op het technisch functioneren van het station.

Door Kiwa Technology is in 2020 is een nieuw (aard)gasdrukregelstation op waterstof getest. Dit gasdrukregelstation (met gasgestuurde regelaar bijbehorende componenten) bleek geschikt voor gebruik met waterstof. Zie rapport Kiwa - Gasdrukregelstation voor waterstof - Netbeheer Nederland - GT-200308, april 2021.

Het grote verschil met het HyDelta programma is dat het (aard)gasdrukregelstation voor bovenstaand onderzoek was uitgerust met een gasgestuurde regelaar en een veel grotere capaciteit had.

### Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is inzicht te krijgen in de werking en geschiktheid van een gasdrukregelstation als, in plaats van aardgas, het medium waterstof wordt toegepast. Door middel van testen zullen de volgende aspecten onderzocht worden:

- De uitwendige lektheid van het gasstation in zijn geheel bij gebruik van waterstof.
- De juiste werking van de componenten bij gebruik van waterstof.
- De inwendige doorlaat van de afsluiters en veiligheden.
- De werking van de veiligheden.
- De werking / het regelgedrag van verschillende veerbelaste regelaars.

Zoals hierboven toegelicht zal, om dezelfde hoeveelheid energie te leveren als met aardgas, het volumetrisch debiet van het waterstof in het gasnet en daarmee dus ook in de gasdrukregelstations hoger moeten zijn. De verwachting is dat dit met dezelfde componenten en drukken realiseerbaar is op basis van het onderzoek uit 2020. In dit onderzoek moet worden vastgesteld, door middel van praktijkproeven, welke effecten het verhogen van de snelheid heeft op de complete werking van het (aard)gasdrukregelstation.

<sup>1</sup> Het  $L_{\text{gas}}$  (laag calorisch gas) bestaat uit 86 vol% methaan + 14% stikstof.

<sup>2</sup> Waterstof (5.0) zuiverder dan 99%.

<sup>3</sup> Energiedichtheid: aardgas 38 MJ/kg – waterstof 120 MJ/kg.  
Calorische waarde: aardgas 31,7 MJ/m<sup>3</sup><sub>n</sub> – waterstof 10,8 MJ/m<sup>3</sup><sub>n</sub>.

## Aanpak

Voor het uitvoeren van de testen is namens de netbeheerders een gasdrukregelstation beschikbaar gesteld, opgebouwd uit een veerbelaste regelaar, een veiligheidsafsluiter (VA) en een aan de regelaar gemonteerde veiligheidsafsluitklep (VAK(AAN)) en bijbehorende afsluiters, filter en leidingwerk. In dit gasdrukregelstation zijn drie verschillende type regelaars getest. De capaciteit van het gasdrukregelstation (volgens opgaaf gAvilar tekening, zie bijlage IV) bedraagt  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  (aardgas) bij de minimum inlaatdruk van 3 bar<sup>4</sup>. De nominale inlaatdruk bedraagt 8 bar en de nominale uitlaatdruk is 100 mbar. Het gasdrukregelstation voldoet aan NEN 1059:2019. Vanwege de omvang van de waterstofdebieten die bij deze proeven worden afgeblazen, zijn om vergunning-technische redenen de proeven uitgevoerd op de Twente Safety Campus te Enschede.

Het gasdrukregelstation is eerst getest met aardgas tot een maximum van  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ , hetgeen overeenkomt met de capaciteit van de regelaar. Vervolgens is het gasdrukregelstation getest met waterstof tot een maximum debiet van  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ . Hierbij zijn de gassnelheden in de uitgaande leiding van het gasdrukregelstation voor aardgas gemaximeerd op 20 m/s (door een DN50 leiding bij 100 mbar) zoals voorgeschreven in de NEN 1059:2019. Hiervoor is gekozen om alle beoogde gasdrukregelkleppen te kunnen beproeven in één type gasdrukregelstation. Zo kan getest worden of de uitgaande gassnelheid geen verstoring op de beïnvloedingsleiding van de veerbelaste regelaars geeft.

Tevens is een HAS (Hogedrukafleverstation) beschikbaar gesteld, opgebouwd uit een (veerbelaste) regelaar en twee veiligheidsafsluitkleppen (VAK(AAN)) en bijbehorende afsluiters, filter en leidingwerk. De capaciteit van het gasdrukregelstation bedraagt circa  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  (aardgas) bij een inlaatdruk van 4 bar<sup>4</sup>. De nominale inlaatdruk bedraagt 8 bar en de nominale uitlaatdruk is 100 mbar. Het gasdrukregelstation voldoet aan NEN 1059:2019.

Het Hogedrukafleverstation is eerst getest met aardgas tot een maximum debiet van  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ . Vervolgens is het gasdrukregelstation getest met waterstof tot een maximum debiet van  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Voor uitvoering van de testen is een meetprotocol opgesteld en met vertegenwoordigers van Netbeheer Nederland besproken waarin voor alle testen de te nemen stappen, omstandigheden en metingen zijn gespecificeerd. Voor wat betreft de voorgeschreven temperaturen is bij voorbaat geconstateerd dat deze niet of nauwelijks kunnen worden beïnvloed, immers de gassen worden vanuit flessenpakketten aangevoerd en de metingen vinden plaats in de openlucht (geen laboratorium omstandigheden). De omgevingstemperatuur en de gastemperatuur tijdens de metingen wijken af van de temperaturen zoals deze zijn voorgeschreven in het meetprotocol. Dit heeft geen significant effect op de conclusies.

Bij de testen met waterstof zijn de gassnelheden driemaal hoger dan bij aardgas. Vastgesteld moet worden dat de gemeten druk op de header van de uitlaatleiding representatief is voor de 'netdruk', ook met een verhoging van het gasdebiet. Hiertoe is aan de uitlaatzijde een buffervat opgenomen waarin de stromingssnelheid van het gas aanzienlijk vermindert. Hiermee is de aanwezigheid van een gasdistributienet gesimuleerd.

Bij een deel van de metingen is gebruik gemaakt van de standaard testkoffer voor gasdrukregelinstallaties, de PLEXOR (zie hiervoor het meetprotocol, hoofdstuk 3).

<sup>4</sup> In dit rapport zijn overdrukken vermeld (bv 3 bar komt overeen met 4 bar absoluut).



## 2. Gasdrukregelstation

### Gasdrukregelstation

Figuur 1 toont de gasdrukregelstations waaraan het onderzoek is uitgevoerd. Links het districtstation en rechts het Hogedrukafleverstation<sup>5</sup>.



Figuur 1: Gasdrukregelstation (districtstation) links en Hogedrukafleverstation (HAS) rechts

Voor het districtstation geldt dat de nominale inlaatdruk 8 bar is, de nominale uitlaatdruk is 100 mbar en maximale capaciteit bij 3 bar is 100 m<sup>3</sup>/h **aardgas** (L<sub>gas</sub>). Dit station met bouwjaar 2019 is voorzien van een veerbelaste regelaar, met aangebouwde VAK (VAK(AAN)). De inlaatafsluiter fungeert als veiligheid aangestuurd door de combinatie van een OPSO pneumax commandoventiel en een cilinder van Actuatech GD106. Er zijn metingen uitgevoerd met de volgende drie regelaars:

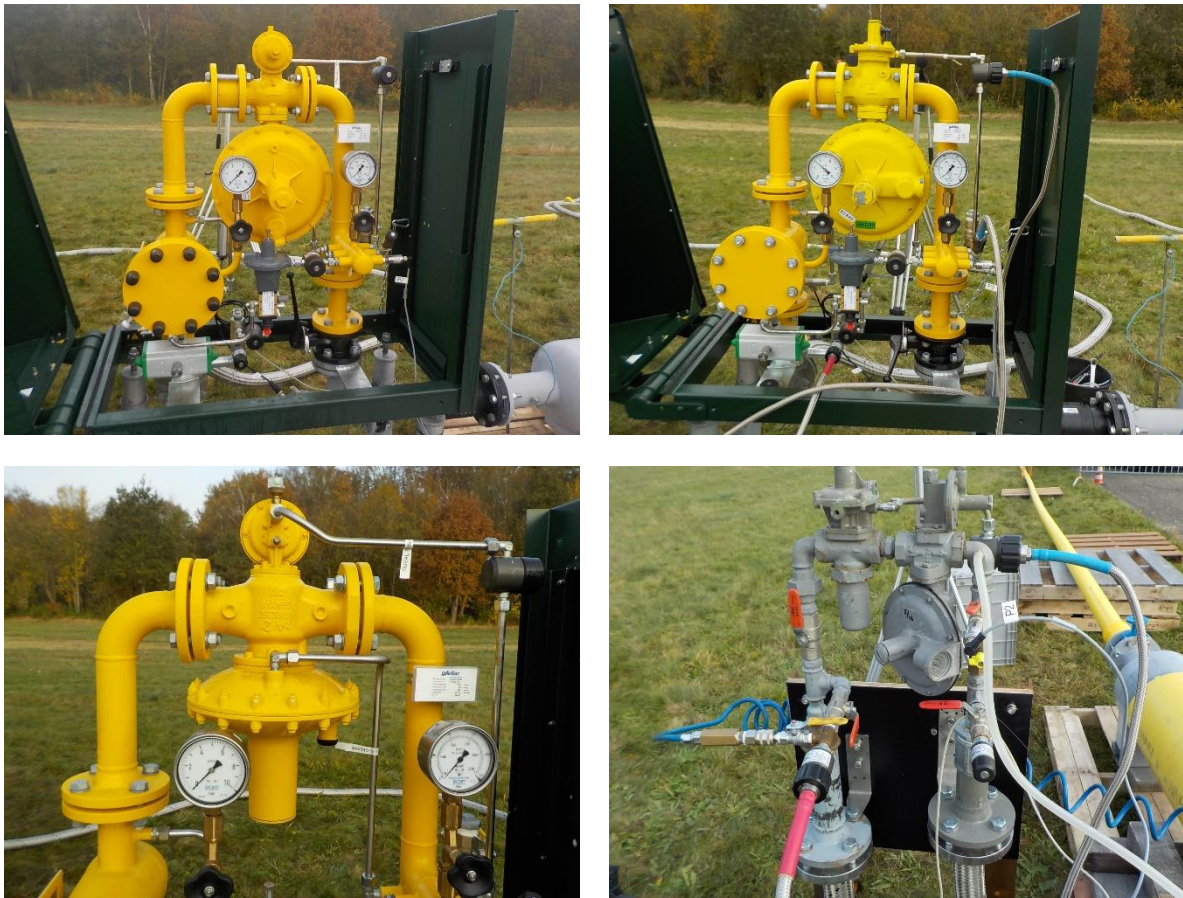
1. Een Itron 233.
2. Een Elster-Instromet type 243-12-1-SRL.
3. Een Fiorentini, type DIVAL 600

Bij de metingen is de functionaliteit van het gasdrukregelstation getest met zowel **aardgas** als **waterstof** bij een inlaatdruk van 3 bar.

Voor het Hogedrukafleverstation geldt dat de nominale inlaatdruk 4 of 8 bar is, de nominale uitlaatdruk is 100 mbar. De capaciteit is circa 30 m<sup>3</sup>/h **aardgas** (L<sub>gas</sub>) bij 4 bar inlaatdruk. Het Hogedrukafleverstation (HAS) is uitgerust met een IGA1843 en is tevens getest met **aardgas** en **waterstof** bij een inlaatdruk van 3 bar.

5) een HAS bevindt zich normaliter in een minikastjes maar is voor deze proef in de open lucht op een frame gemonteerd.

In onderstaande figuur 2 staan alle regelaars afgebeeld.



*Figuur 2: Alle regelaars die in dit testprogramma beproefd zijn met linksboven de Itron 233, daarnaast rechts de Elster Instromet 243, daaronder links de Fiorentini Dival 600 en daarnaast rechts de IGA 1843.*

### Opbouw van het gasdrukregelstation

Het betreft een enkelstraats-districtstation ondergebracht in een roestvaststalen behuizing (half kuubs kast) bestaande uit de volgende componenten:

- Inlaatafsluiter type kogelkraan die tevens dienst doet als veiligheidsafsluiter (VA).
- Stoffilter.
- Veerbelaste drukregelaar met aangebouwde veiligheid (veiligheidsafsluitklep (VAK(AAN))).
- Uitlaatafsluiter type vlinderklep.

Zie voor een gedetailleerde beschrijving van de toegepaste componenten bijlage V.

Voor de HAS komt de opbouw grotendeels overeen. De HAS bestaat uit de volgende componenten:

- Inlaatafsluiter type kogelkraan (handbediend).
- Stoffilter.
- VAK.
- Veerbelaste regelaar met aangebouwde VAK(AAN).
- Uitlaatafsluiter type kogelkraan.

Zie voor een gedetailleerde beschrijving van de toegepaste componenten bijlage V.

### Gasdrukregelstation in de testopstelling

Zie voor een schema en foto's van de testopstelling bijlage 0. Tevens is in deze bijlage een overzicht toegevoegd van de meetpunten voor de verschillende druksensoren.

### 3. Meetprotocol

In dit hoofdstuk is het meetprotocol vermeld voorafgegaan door enkele opmerkingen.

#### Opmerkingen:

- Aardgas wordt in dit meetprotocol aangeduid met CH<sub>4</sub>.
- De testen worden uitgevoerd met aardgas en waterstof (aangeduid met H<sub>2</sub>) met een minimale inlaatdruk van 3 bar.
- De H<sub>2</sub> volumestroom is 3x de aardgas volumestroom.
- Met aardgas wordt bedoeld laagcalorisch aardgas (86 vol% methaan + 14% stikstof).
- Drukinstellingen met aardgas en waterstof zijn identiek.
- Waar relevant zijn de testen gebaseerd op of afgeleid van EN 334 en EN 14382.
- Testen mogen worden gecombineerd.
- De hieronder vermelde omgevingstemperaturen zullen mogelijk niet haalbaar zijn omdat de testen in de buitenlucht worden uitgevoerd.
- Hetzelfde geldt voor de gastemperatuur, omdat het gas (aardgas of waterstof) wordt toegevoerd vanuit flessenpakketten waarbij de druk wordt gereduceerd van maximaal 200 bar naar 3 bar.
- Voorafgaand aan de testen dient de uitwendige lektheid van de gasstations aangetoond te worden (voor zowel aardgas als waterstof) met behulp van een lekdetector (CH<sub>4</sub> / H<sub>2</sub>) en door afzepen.

De onderstaande metingen en controles (1 t/m 8) zijn achtereenvolgens uitgevoerd.

1. Sluiten de in- en de uitlaatafsluiter goed af (inwendig)?
  2. Reageert de VA bij de juiste ingestelde druk?
    - 2.1. En binnen de juiste tijd?
  3. Sluit de VA volledig af (inwendig)?
  4. Reageert de VAK bij de juiste ingestelde druk?
  5. Sluit de VAK volledig af (inwendig)?
  6. Wat is sluitdruk/inwendige dichtheid van de regelaar?
  7. Wat is het regelgedrag per regelaar met aardgas en waterstof?
    - Regelt de regelaar op de juiste wijze (stabiel) met H<sub>2</sub> zoals met aardgas met verschillende debieten en snelle debietsveranderingen alsook lage debieten en eventueel pendelgedrag?
    - Gaat de regelaar pendelen?
  8. Capaciteitstest regelaar indien de volumestroom 3x wordt verhoogd bij P<sub>i</sub> = 3 bar (dus 3x KG waarde).
    - Effect op beïnvloeding en meetleidingen (bij optie 1 en 4)
    - Effect op regeling (regelaar) (bij optie 1 en 4)
    - Effect op veiligheden (correct aanspreken)
    - Voldoet het filter met H<sub>2</sub>? (drukverschil in relatie tot de snelheden)
    - Wat zijn geluidseffecten?
- A. Metingnummer 1: Inwendige dichtheid inlaatafsluiter en uitlaatafsluiter  
Deze test is **eenmaal** uitgevoerd met CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub>
- a. Inlaatafsluiter (VA)
  - b. Uitlaatafsluiter
    - Inlaatdruk 3 bar (+/- 0,1 bar)
    - Initiële uitlaatdruk 90 mbar
    - Omgevingstemperatuur 15 °C +/- 5 °C
    - Gastemperatuur 15 °C +/- 5 °C
    - Nauwkeurigheid drukmeting +/- 1 mbar
    - Drukbevaking gedurende 15 minuten met 3 bar inlaatdruk en geblokkeerde regelaar

Criterium: de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012, rate C (zie bijlage VI)

- B. Metingnummer 2 en 4: Aanspreekdruk van beveiligingen (zonder flow)  
Deze test wordt per meting (2 en 4) **driemaal** uitgevoerd met CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub>  
Omgevingstemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Uitgevoerd met testkoffer (PLEXOR)  
Nauwkeurigheid drukmeting +/- 0,1 mbar

criterium: volgens NEN 1059, artikel 9.31: Het drukbeveiligingssysteem moet automatisch in werking treden als, bij falen van het drukregelsysteem, de druk in het stroomafwaartse systeem de toegelaten grenzen overschrijdt. Daarbij moet rekening worden gehouden met de te verwachten afwijkingen van het drukbeveiligingssysteem tot de ingestelde waarden (nauwkeurigheidssklasse (NK))

- C. Metingnummer 3 en 5: Lekdichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden  
Deze test wordt **eenmaal** uitgevoerd met CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub>  
Inlaatdruk 3 bar (+/- 0,1 bar)  
Initiële uitlaatdruk 100 mbar  
Omgevingstemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Gastemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Uitgevoerd met testkoffer (PLEXOR)  
Drukbeveiliging gedurende 15 minuten met 3 bar inlaatdruk en gesloten regelaar, en gedurende 15 minuten 100 mbar met open regelaar

criterium: de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012, rate C (zie bijlage VI)

- D. Metingnummer 6: Sluitdruk / inwendige gasdichtheid van de regelaar  
Deze test wordt **tweemaal** uitgevoerd met CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub> (dus 4 metingen)  
Geprogrammeerd sluiten van de uitlaatklep in 1 à 2 seconden bij initiële flow van 30 m<sup>3</sup>/h CH<sub>4</sub> en 90 m<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> (Itron, Elster en Fiorentini) en 5 m<sup>3</sup>/h CH<sub>4</sub> en 15 m<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> (IGA)  
Inlaatdruk 3 bar (+/- 0,1 bar)  
Initiële uitlaatdruk 100 mbar  
Volume bij uitlaat > 0,2 m<sup>3</sup> tussen regelaar en regelklep

criterium: geen significant verschil in sluitdruk bij de toepassing met CH<sub>4</sub> en H<sub>2</sub>

- E. Metingnummer 7: Regelgedrag  
Deze test wordt tweemaal uitgevoerd met CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub> (dus 4 metingen)  
Inlaatdruk 3 bar (+/- 0,1 bar)  
Initiële uitlaatdruk 100 mbar  
Omgevingstemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Gastemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Drukmeting +/- 1 mbar  
Debiet toename / -afname gecontroleerd van min naar max  
Snelheid van debietverandering van minimaal naar maximaal en weer naar minimaal in 10 minuten.  
Druk en debiet elektronisch vastgelegd met een tijdsresolutie beter 5 s<sup>-1</sup>  
Gemiddeld debiet (één keer) per 10 s, nauwkeurigheid beter dan +/- 15%  
Regelklep geprogrammeerd bediend

criterium: geen significant verschil in uitlaatdruk en drukstabiliteit bij de toepassing met CH<sub>4</sub> en H<sub>2</sub>

- F. Metingnummer 8: Capaciteit – uitlaatdruk en drukstabiliteit tijdens toe- en afname  
Deze test wordt tweemaal uitgevoerd met CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub> (dus 4 metingen). Voor de 4 opties zijn verschillende deelmetingen van toepassing (zie tabel 1)  
Inlaatdruk 3 bar (+/- 0,1 bar)  
Initiële uitlaatdruk 100 mbar  
Omgevingstemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Gastemperatuur 15 °C +/- 5 °C  
Gecontroleerde debiettoename en afname (max waarde van CH<sub>4</sub> hanteren bij toepassing H<sub>2</sub> en dan 3 keer verhogen)

Snelheid van debietverandering van minimaal naar maximaal en weer naar minimaal in 10 minuten  
 Druk en debiet elektronisch vastgelegd met een tijdsresolutie beter  $5 \text{ s}^{-1}$   
 Gemiddeld debiet (één keer) per 10 s, nauwkeurigheid beter dan +/- 15%  
 Regelklep geprogrammeerd bediend

Aanvullend per deelmeting:

F1 Drukken beïnvloedings- en meetleidingen registreren (metingen op de header en op het buffervat).

F2 Uitgaande druk registreren.

F3 Effect op veiligheids vaststellen op basis van resultaat beïnvloedingsleiding en meetleidingen (niet daadwerkelijk VA en VAK laten vallen), mogelijk een aanvullend meetpunt aanbrengen (als beïnvloedingsleiding niet op de header zit).

F4 Drukverschil filter volgen tijdens debietverandering, tevens een foto voor en na de metingen van het gebruikte filter maken (bij aardgas en bij waterstof).

F5 Geluid registreren met een geluidsmeter. Op één meter afstand en op één meter hoogte boven onderkant kast.

criterium: geen significant verschil in gedrag bij de toepassing CH<sub>4</sub> en met H<sub>2</sub>

Tabel 1 – Overzicht van uit te voeren metingen per regelaar

		Itron 233	E-Instromet 243-12-1-SRL	Fiorentini Dival 600	IGA 1843
Metingnr.	Omschrijving meting				
1	Inwendige dichtheid in- en uitlaatafsluiter	V	-	-	V
2	Ingreep VA	V	-	-	V**
2.1	Sluittijd VA	V	-	-	V**
3	Inwendige dichtheid VA	Zie bij 1	V	V	V**
4	Ingreep VAK	V	V	V	V
5	Inwendige dichtheid VAK(AAN)	V	V	V	V
6	Sluitdruk/inwendige dichtheid regelaar	V	V	V	V
7	Regelgedrag	V	V	V	V
8	Capaciteit	V	V	V	V
8.1	Effect beïnvloedings- en meetleidingen	V	V	V	V
8.2	Effect op regeling	Zie bij 8.1	Zie bij 8.1	Zie bij 8.1	Zie bij 8.1
8.3	Effect op veiligheids	Zie bij 8.1	Zie bij 8.1	Zie bij 8.1	Zie bij 8.1
8.4	Voldoet filter met H <sub>2</sub>	V	V	V	V
8.5	Geluidsmeting	V	V	V	V
<b>V = testen</b> <b>- = niet testen</b> <b>*Meting capaciteit met Fiorentini Dival begrensd op 600 m<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub> door de gassnelheid in de uitlaatleiding en de limiterende capaciteit van het gasregelstation zelf.</b> <b>**HAS heeft tweemaal een VAK, waarvan één de functie van VA heeft.</b>					

Opmerkingen (afwijkingen in uitvoering t.o.v. oorspronkelijke plan):

- De regelklep achter het buffervat kon niet geprogrammeerd bediend worden (de aansturing van de klep raakte defect) in aanloop naar de opstart van de testdagen. De testen met het Hogedrukafleverstation zijn in een later stadium opnieuw uitgevoerd met een andere, motorgestuurde klep.
- Drukopnemer P1 raakte defect na afloop van meetdag 1. P1 betreft de ingaande druk, deze is gevolgd met de analoge drukkometer.
- De beschikbare datalogger logt veel minder frequent dan voorzien door een leveringsprobleem van oorspronkelijk bestelde logger. Deze bestelde datalogger kwam pas aan het einde van meetdag 2 aan in Apeldoorn en was niet gekalibreerd.
- Het loggen van het debiet zoals gebruikt met de HAS-kast (mass-flowmeter / rotormeter) bleek in de eerste reeks metingen niet mogelijk, daardoor een handmatige opname gedaan voor meting 1 tot en met 6. Testen 7 en 8 zijn in een later stadium opnieuw uitgevoerd met een andere, rotormeter die wel kon loggen.
- Uitwendige lekkages aan de installaties zijn beproefd door middel van afzeppen.

Het districtstation is aanvankelijk aangesloten met een flexibele leiding aan de inlaat en een flexibele leiding aan de uitlaat (beide met een lengte van 8 meter en een inwendige diameter van 54 mm, binnenzijde is geribbeld). De flexibele leiding aan de uitlaat (tussen het station en buffervat) zorgde voor dusdanig veel weerstand dat de druk in het buffervat bij de metingen met de Itron 233 regelaar onderuit ging. Bij een debiet van 150 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h aardgas was de druk direct na de regelaar 100 mbar en in het buffervat 5 mbar. Bij een debiet 600 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h waterstof was de druk direct na de regelaar 100 mbar en in het buffervat 25 mbar. Om die reden is de flexibele leiding bij de metingen met de het gasstation uitgenomen en is het buffervat rechtstreeks aangesloten op de uitlaat van het gasstation. Met deze aanpassing konden de testen vervolgens wel goed uitgevoerd worden.

## 4. Meetresultaten – Itron 233 regelaar

In dit hoofdstuk zijn de meetresultaten opgenomen van de metingen aan het districtstation met daarin de Itron 233 regelaar. De meetresultaten zijn weergegeven conform de meetvolgorde en de testnummering zoals vermeld in het meetprotocol. Gedurende de metingen was de temperatuur gemiddeld 12,2 graden (met een standaard deviatie van 0,4 graden). Alle meetresultaten zijn opgenomen in bijlage XII van dit rapport.

### 4.1 Lekkage (inwendig) – metingnummer 1

De inhoud van het gedeelte tussen de inlaatafsluiter (VA) en de handbediende afsluiter is circa 35 dm<sup>3</sup>. Voor de berekening van de lekkages zijn tevens andere inhoudswaarden nodig. Zo is de inhoud tussen de VA en de VAK gesteld op 6,7 dm<sup>3</sup>, de inhoud tussen de VAK en de uitlaatafsluiter op 8,8 dm<sup>3</sup>, de inhoud tussen de VA en de afsluitklep dus 15,5 dm<sup>3</sup> en de inhoud tussen de uitlaatafsluiter, kunststof “short radius bocht” en de vlinderklep achter het drukvat op 203,9 dm<sup>3</sup>. (218,3 dm<sup>3</sup> met flexibele slang).

#### 4.1.1 Inlaatafsluiter (veiligheidsafsluiter VA)

Voor het meten aan de veiligheidsafsluiter (VA) is deze gesloten, de VAK staat open en de handbediende afsluiter tussen de VAK en het buffervat is gesloten. Tevens is de vlinderklep achter het buffervat gesloten en er is de druk voor de veiligheidsafsluiter 3 bar.

#### Aardgas

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,16 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van 37,8 ± 10% mm<sup>3</sup>/s.

#### Waterstof

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,14 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van 33,1 ± 10% mm<sup>3</sup>/s.

#### Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage, zie bijlage VI.
- De inlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150 \text{ mm}^3/\text{s}$ ).

**Conclusie:** de inwendige lekkage van de inlaatafsluiter voldoet aan de eisen.

#### 4.1.2 Uitlaatafsluiter (handbediend)

Voor het bepalen van de lekkage van de handbediende uitlaatafsluiter is de VA gesloten, de VAK is geopend, de handbediende afsluiter is gesloten en de vlinderklep achter het drukvat gesloten. 3 bar voor de VA, circa 90 mbar tussen VA en handbediende afsluiter en atmosferisch tussen handbediende afsluiter en vlinderklep. De handelingen bij de verschillende testen zijn beschreven in Bijlage XII onder de tabel.

#### Aardgas

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,013 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van 48,0 ± 10% mm<sup>3</sup>/s.

#### Waterstof

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,17 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van 623,1 ± 10% mm<sup>3</sup>/s.

#### Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage zie bijlage VI.
- Gedurende de meting met waterstof kwam het buffervat in de schaduw te liggen waardoor een drukdaling gemeten is onder invloed van temperatuur (de wet van Gay-Lussac ( $P_1/T_1 = P_2/T_2$ ) laat het temperatuur effect duidelijk zien). Dezelfde meting met aardgas laat een lichte drukstijging zien. Hierdoor lijkt een grote lekkage gemeten voor waterstof, hetgeen niet het geval is als we de resultaten met aardgas bekijken. Op basis hiervan wordt geoordeeld dat de uitlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150 \text{ mm}^3/\text{s}$ ).

**Conclusie:** de inwendige lekkage van de uitlaatafsluiter voldoet aan de eisen.

## 4.2 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4

De aanspreekdrukken – en voor de VA ook de sluittijd – zijn in onderstaande tabellen opgenomen.

Tabel 2 – Aanspreekdruk en sluittijd VA

Veiligheidsafsluiter VA – Ingestelde waarde is 180 mbar <sup>*)</sup>			
Medium	Aanspreekdruk [mbar]	Sluittijd [s]	Inlaatdruk (nominaal) [bar]
Aardgas	180	< 1	3
	180	< 1	3
	180	< 1	3
Waterstof	182	< 1	3
	181	< 1	3
	180	< 1	3

\*) De veiligheden zijn ingesteld aan de hand van de afgelezen druk op de analoge manometer van de betreffende gasstraat. Hierin zit een bepaalde onnauwkeurigheid ten opzichte van de digitale manometer bij de testen. Gezien de (gemiddelde) meetresultaten voor aardgas wordt uitgegaan van een ingestelde waarde voor de VA van 180 mbar.

Tabel 3 – Aanspreekdruk VAK(AAN)

Veiligheidsafsluitklep VAK(AAN) – Ingestelde waarde is 180 mbar <sup>*)</sup>	
Medium	Aanspreekdruk [mbar]
Aardgas	179
	179
	181
Waterstof	179
	179
	177

\*) De veiligheden zijn ingesteld aan de hand van de afgelezen druk op de manometer van de betreffende gasstraat. Hierin zit een bepaalde onnauwkeurigheid ten opzicht van de gekalibreerde manometer bij de testen. Gezien de (gemiddelde) meetresultaten voor aardgas wordt uitgegaan van een ingestelde waarde voor de VAK(AAN) van 180 mbar.

Uit Tabel 2 – blijkt dat de aanspreekdruk voor de VA bij **aardgas** heel constant is op 180 mbar. Dit voldoet aan de criteria volgens de NK 1 (toegestane afwijking  $\pm 1,8$  mbar). Bij **waterstof** varieert de aanspreekdruk ook nagenoeg niet, de gemeten waarden liggen tussen de 180 en 182 mbar. De variatie bij **waterstof** is van dezelfde orde van grootte en voldoet eveneens aan de NK 1. Hierbij is aangenomen dat de aanspreekdruk van de VAK(AAN) stond ingesteld op 180 mbar.

Uit Tabel 3 – blijkt dat de aanspreekdruk voor de VAK(AAN) bij **aardgas** varieert tussen 179 en 181 mbar. Dit voldoet aan de criteria volgens de NK 1 (toegestane afwijking  $\pm 1,8$  mbar). Bij **waterstof** varieert de aanspreekdruk tussen 177 en 179 mbar. Strikt genomen valt de laatste meting van 177 mbar meting niet binnen de NK 1, echter tweemaal is de aanspreekdruk met 179 mbar wel goed. Op basis van deze redenatie voldoet de VAK(AAN) eveneens aan de NK 1. Hierbij is aangenomen dat de aanspreekdruk van de VAK(AAN) stond ingesteld op 180 mbar.



**Conclusies:**

- De sluittijd van de VA voldoet aan de norm.
- De variatie in aanspreekdruk is zowel bij het commandoventiel (van de VA) alsook bij de VAK(AAN) bij **waterstof** ongeveer gelijk aan die van **aardgas**.  
Het commandoventiel voldoet bij **waterstof** wel aan de NK (gesteld bij aardgas).

## 4.3 Lekdichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5

## 4.3.1 Veiligheidsafsluiter

Zie voor de VA paragraaf 4.1.1.

## 4.3.2 Veiligheidsafsluitklep

**Aardgas**

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,21 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $27,7 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

**Waterstof**

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,03 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $5,8 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage, zie bijlage VI.
- Gedurende de meting met waterstof kwam de testopstelling in de schaduw te liggen waardoor een drukdaling gemeten is onder invloed van temperatuur (de wet van Gay-Lussac ( $P_1/T_1 = P_2/T_2$ ) laat het temperatuur effect duidelijk zien). Op basis hiervan wordt geoordeeld dat de uitlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150$  mm<sup>3</sup>/s).

**Conclusie:** de inwendige lektheid van de veiligheidsafsluitklep voldoet aan de eisen.

## 4.4 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6

De sluitdrukken voor de metingen aan de Itron 233 regelaar zijn weergegeven hieronder.

Tabel 4 – Sluitdrukken

Medium	Inlaatdruk [bar]	Sluitdruk [mbar]
<b>Aardgas</b>	3	108,0
	3	108,0
<b>Waterstof</b>	3	108,8
	3	108,2

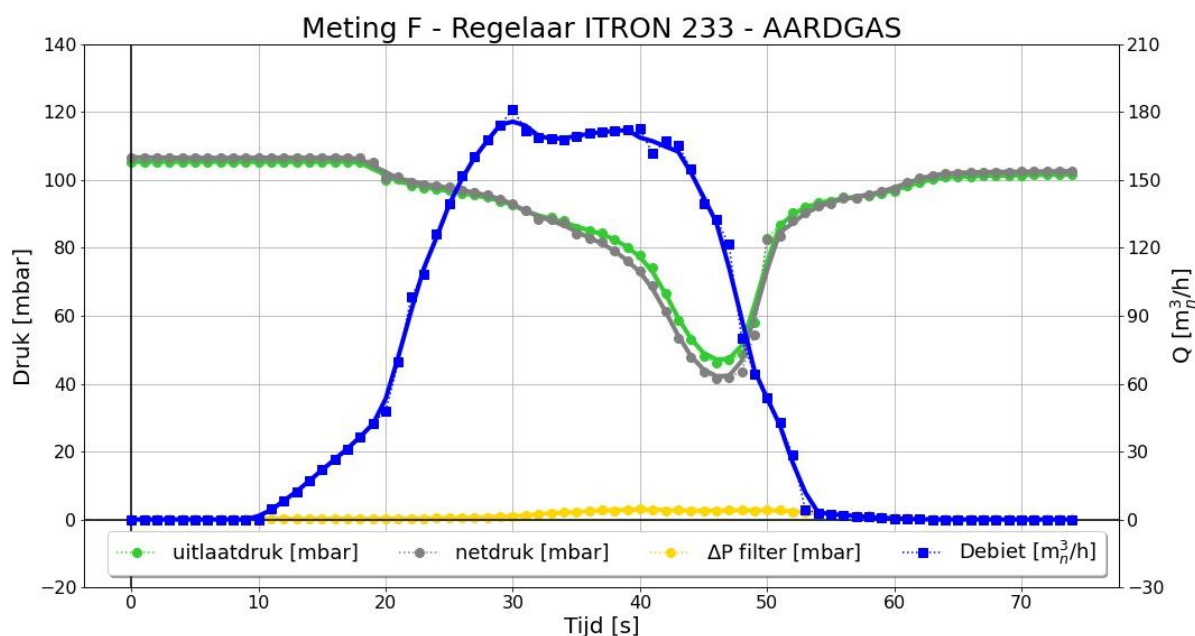
**Conclusie:** de sluitdruk is bij **aardgas** nagenoeg gelijk aan de sluitdruk bij **waterstof**.

## 4.5 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8

In Figuur 3 is het resultaat weergegeven van de meting met **aardgas** en in Figuur 4 met **waterstof** waarbij het debiet gedurende dertig seconden geleidelijk is opgevoerd en vervolgens in dertig seconden weer is teruggebracht. De meting is twee keer uitgevoerd op dezelfde wijze. De druk in het net (gerepresenteerd door het buffervat) wordt verlaagd naar 70 mbar om te kijken hoe de regelaar verder openstuurt (en meer gas levert) om dit op te vangen. In het geval van de Itron 233 wordt een maximaal debiet **aardgas** bereikt van 180 m<sup>3</sup>/h in plaats van de verwachte 205 m<sup>3</sup>/h. De regelaar stuurt minder ver open dan gevraagd als correctie bij deze drukval en zit dus al aan de bovenkant van het bereik. Zie voor de grafieken van de tweede meting bijlage VII.

Op basis van een duplometing voor aardgas blijkt het beeld consistent. Het maximale debiet van rond de 180 m<sup>3</sup>/h blijft achter in vergelijking met de verwachte 205 m<sup>3</sup>/h. Omdat de vraag vanuit het net hoger is (gesimuleerd door de drukval naar 70 mbar), zakt de druk verder weg (naar ongeveer 40 mbar).

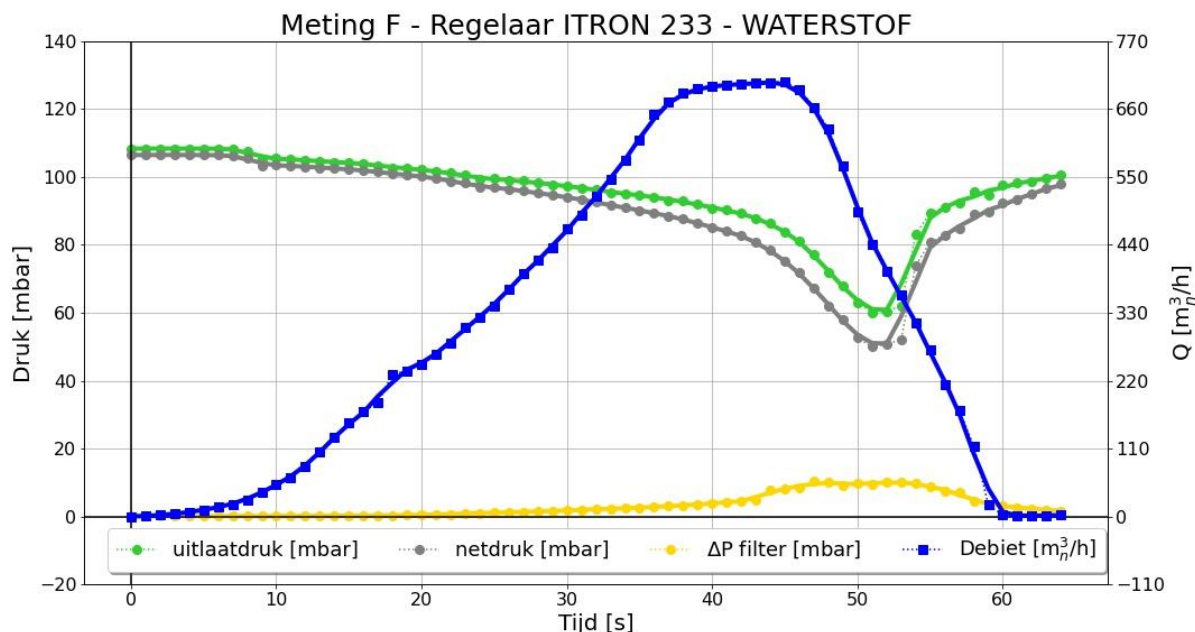
Op basis van de toegekende regelklasse (RK 5) voor de Itron 233 regelaar is de afwijking meer dan toegestaan voor deze meting.



Figuur 3: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – aardgas

Toelichting op de grafiek:

- De **blauwe** lijn is het debiet omgerekend naar m<sup>3</sup>/h, vermeld op de secundaire y-as.
- De dikke **oranje** lijn is het gemeten drukverschil over het filter met 1 meting per seconde. Deze druk is gemeten in het 3 bar gedeelte, de maximale drukval over het filter bedraagt ongeveer 3 mbar.
- De dikke **groene** lijn is de uitlaatdruk gemeten op de header van het station. Deze lijn is het gemiddelde over 70 metingen (= 70 seconden).
- De **grijze** lijn is de 'netdruk', de druk gemeten waarde per 1 seconde bij het buffervat DN 400.



Figuur 4: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – waterstof

In het geval van de Itron 233 wordt een maximaal debiet **waterstof** bereikt van ruim 600 m<sup>3</sup>/h. Dit komt goed overeen met de verwachting. De regelaar stuurt open als correctie bij deze drukval maar zit wel aan de bovenkant van het bereik (de blauwe curve vlak af).

Op basis van een duplo meting voor waterstof blijkt het beeld consistent. Het maximale debiet van ruim 600 m<sup>3</sup>/h komt overeen met de verwachting. Omdat de vraag vanuit het net hoger is (gesimuleerd door de drukval naar 70 mbar), zakt de druk weg tot ongeveer 50 mbar.

Op basis van de toegekende regelklasse (RK 5) voor de Itron 233 regelaar is de afwijking meer dan toegestaan voor deze meting.

#### Toelichting op de grafiek:

- De dikke oranje lijn is het gemeten drukverschil over het filter met 1 meting per seconde. Deze druk is gemeten in het 3 bar gedeelte, de maximale drukval over het filter bedraagt ongeveer 12 mbar, hetgeen gemeten wordt nadat het maximale debiet bereikt is. Dit effect kan veroorzaakt zijn door turbulentie maar is niet verenigbaar met de observaties van andere drukverliesmetingen over het filter. Echter is deze waarneming in duplo vastgesteld voor waterstof, hetgeen duidt op consistentie in de manier van meten.
- Voor de toelichting op de bovenstaande figuur, zie figuur 3.

#### 4.6 Geluidsemissie

De geluidsemissies zijn zowel voor **aardgas** als **waterstof** gemeten. De geluidsmeting is uitgevoerd met een Bruel & Kjaer 2250 analyzer, gemonteerd op een statief. De microfoon van de geluidsmeter is geplaatst op één meter afstand en op één meter hoogte boven de onderkant van de kast.

Naast het spectrum meet de deze geluidsmeter het “oppervlak gewogen gemiddelde” van het geluidsniveau spectrum, de zogenaamde LAeq. Hierdoor vallen kortstondige, hoge metingen weg in dit gemiddelde. Volgens protocol zijn de capaciteitsmetingen uitgevoerd bij 200 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (=100%) **aardgas** en 600 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (=100%) **waterstof**.

Tijdens de meting van het regelgedrag met de Itron 233 regelaar, zoals beschreven in paragraaf 4.5 is voor **aardgas** een LAeq gemeten van 61,6 dB.

Tijdens de meting van het regelgedrag Itron 233 regelaar, zoals beschreven in paragraaf 4.5 is voor **waterstof** een LAeq gemeten van 58,4 dB.

##### Opmerkingen:

Het debiet tijdens de geluidsmeting wijkt licht af van de beoogde debieten volgens het meetprotocol. Voor **aardgas** is de geluidsmeting uitgevoerd bij 180 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (hetgeen overeenkomt met 90% van de beoogde waarde in het protocol). Voor **waterstof** is de geluidsmeting uitgevoerd bij 700 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h (hetgeen overeenkomt met 115% van de beoogde waarde in het protocol). Hierdoor kunnen de waarden niet helemaal één-op-één vergeleken worden.

Er dient rekening mee gehouden te worden dat componenten rond de testopstelling hebben bijgedragen aan de beïnvloeding van de geluidsmeting. Deze effecten zijn niet gefilterd.

**Conclusie:** de geluidsemissie bij de toepassing van **waterstof** (bij een debiet van 700 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h) is 3,2 dB(A) lager dan bij **aardgas** (bij een debiet van 180 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h). Indien waterstof dus exact 3x zoveel was geweest, dan was de geluidsemissie nog lager geweest.

## 5. Meetresultaten – Elster Instromet 243 regelaar

In dit hoofdstuk zijn de meetresultaten opgenomen van de metingen aan het districtstation met daarin de Elster-instromet243 regelaar. De meetresultaten zijn weergegeven conform de meetvolgorde en de testnummering zoals vermeld in het meetprotocol. Gedurende de metingen was de temperatuur gemiddeld 12,2 graden (met een standaarddeviatie van 0,2 graden). Alle meetresultaten zijn opgenomen in bijlage XII van dit rapport.

De metingen van de inlaat- en uitlaatafsluiter (veiligheidsafsluiter (VA) en handbediende afsluiter) zijn niet herhaald omdat deze niet anders zijn van bij de testen met de Itron 233 regelaar.

### 5.1 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4

De aanspreekdruk van de VAK(AAN) zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 5 – Aanspreekdruk VAK(AAN)

Veiligheidsafsluitklep VAK(AAN) – Ingestelde waarde is 195 mbar <sup>*)</sup>	
Medium	Aanspreekdruk [mbar]
Aardgas	195
	194
	196
Waterstof	195
	194
	193

\*) De veiligheidsafsluiters zijn ingesteld aan de hand van de afgelezen druk op de analoge manometer van de betreffende gasstraat. Hierin zit een bepaalde onnauwkeurigheid ten opzichte van de digitale manometer bij de testen. Gezien de (gemiddelde) meetresultaten voor aardgas wordt uitgegaan van een ingestelde waarde voor de VAK(AAN) van 195 mbar.

Uit Tabel 5- blijkt dat de aanspreekdruk voor de VAK(AAN) bij **aardgas** varieert tussen 194 en 196 mbar. Dit voldoet aan de criteria volgens de NK 1 (toegestane afwijking  $\pm 1,9$  mbar). Bij **waterstof** varieert de aanspreekdruk tussen 193 en 195 mbar. De variatie bij **waterstof** is van dezelfde orde van grootte en voldoet eveneens aan de NK 1. Hierbij is aangenomen dat de aanspreekdruk van de VAK(AAN) stond ingesteld op 195 mbar.

#### Conclusies:

- De variatie in aanspreekdruk is bij de VAK(AAN) bij **waterstof** ongeveer gelijk aan die van **aardgas**.

## 5.2 Lekdichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5

### 5.2.1 Veiligheidsafsluiter

Zie voor de VA paragraaf 4.1.1.

### 5.2.2 Veiligheidsafsluitklep

#### Aardgas

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0.16 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $23,1 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

#### Waterstof

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0.07 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $9,6 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s. Deze uitkomst is niet logisch verklaarbaar maar kan al veroorzaakt worden door temperatuurschommelingen.

#### Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage, zie bijlage VI.
- De inlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150$  mm<sup>3</sup>/s).

**Conclusie:** de inwendige lektheid van de veiligheidsafsluitklep voldoet aan de eisen.

## 5.3 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6

De sluitdrukken voor de metingen aan de Elster Instromet 243 regelaar zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 – Sluitdrukken

Medium	Inlaatdruk [bar]	Sluitdruk [mbar]
Aardgas	3	105,3
	3	105,4
Waterstof	3	102,5
	3	102,1

#### Opmerking:

- De verschillen in sluitdruk kunnen zijn veroorzaakt door snelheidsvariatie bij het sluiten van de handmatig bediende regelklep.

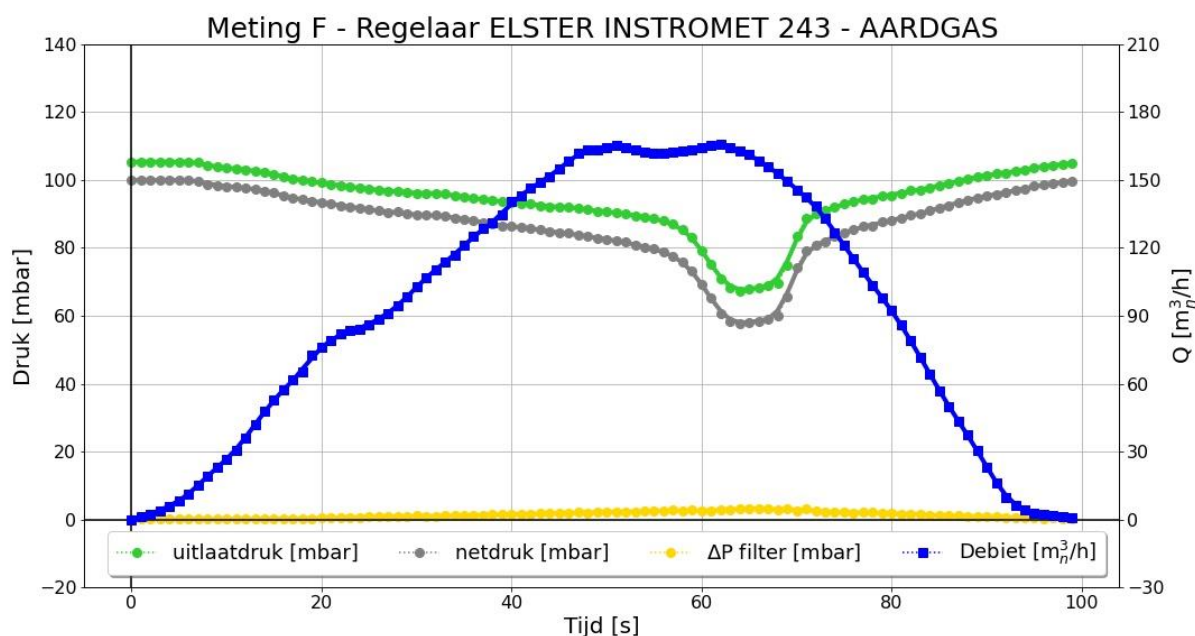
**Conclusie:** de sluitdruk is bij **aardgas** gemiddeld 3mbar hoger dan de sluitdruk bij **waterstof**.

## 5.4 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8

In Figuur 5 is het resultaat weergegeven van de meting met **aardgas** en in Figuur 6 met **waterstof** waarbij het debiet gedurende dertig seconden geleidelijk is opgevoerd en vervolgens in dertig seconden weer is teruggebracht. De meting is twee keer uitgevoerd op dezelfde wijze. De druk in het net (gerepresenteerd door het buffervat) wordt verlaagd naar 70 mbar om te kijken hoe de regelaar verder openstuurt (en meer gas levert) om dit op te vangen. In het geval van de Elster Instromet 243 wordt een maximaal debiet bereikt van 170 m<sup>3</sup>/h in plaats van de verwachte 200 m<sup>3</sup>/h. De regelaar stuurt minder ver open dan gevraagd als correctie bij deze drukval en zit dus al aan de bovenkant van het bereik. Zie voor de grafieken van de tweede meting bijlage VIII.

Op basis van een duplometing voor aardgas komt het beeld bij benadering overeen. Het maximale debiet van rond de 170 m<sup>3</sup>/h blijft achter in vergelijking met de verwachte 200 m<sup>3</sup>/h. Omdat de vraag vanuit het net hoger is (gesimuleerd door de drukval naar 70 mbar), zakt de druk iets verder weg (naar ongeveer 60 mbar).

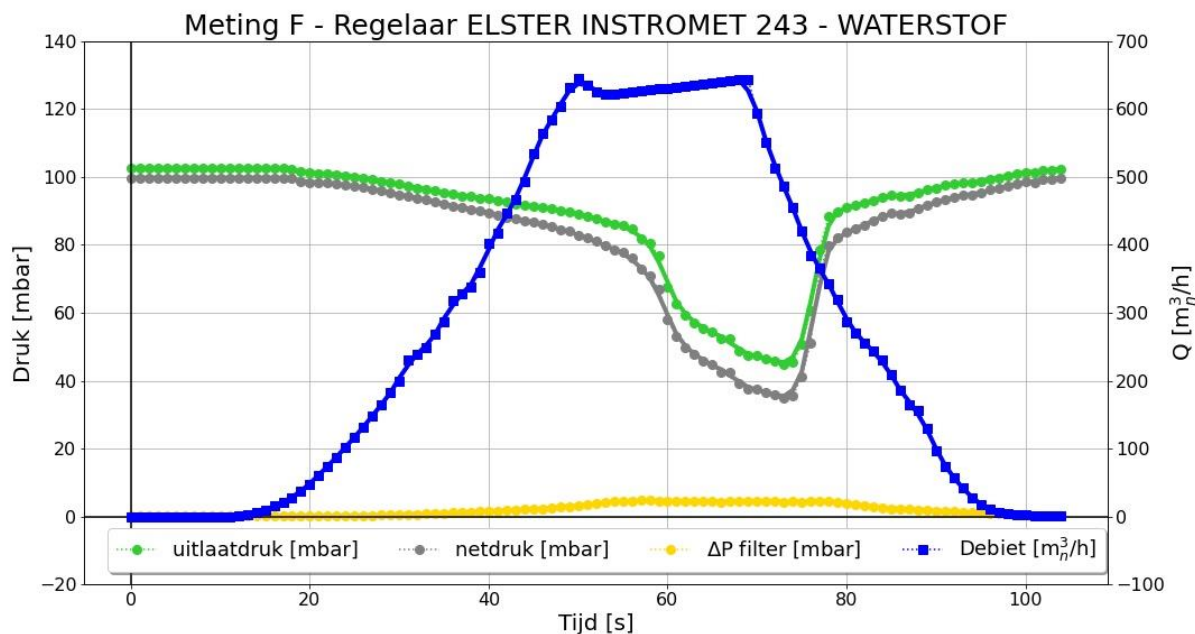
Op basis van de toegekende regelklasse (RK 5) voor de Elster-instromet 243 regelaar is de afwijking meer dan toegestaan voor deze meting.



Figuur 5: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – aardgas

Toelichting op de grafiek:

- De **blauwe** lijn is het debiet omgerekend naar m<sup>3</sup>/h, vermeld op de secundaire y-as.
- De dikke **oranje** lijn is het gemeten drukverschil over het filter met 1 meting per seconde. Deze druk is gemeten in het 3 bar gedeelte, de maximale drukval over het filter bedraagt wederom ongeveer 3 mbar.
- De dikke **groene** lijn is de uitlaatdruk gemeten op de header van het station. Deze lijn is het gemiddelde over 70 metingen (= 70 seconden).
- De **grijze** lijn is de 'netdruk', de druk gemeten waarde per 1 seconde bij het buffervat DN 400.



Figuur 6: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – waterstof

In het geval van de Elster Instromet 243 wordt een maximaal debiet **waterstof** bereikt van ruim 600  $\text{m}^3/\text{h}$ . Dit komt goed overeen met de verwachting. De regelaar stuurt open als correctie bij deze drukval maar zit wel aan de bovenkant van het bereik (de blauwe curve vlakt af). In de tweede meting blijft het debiet net onder het maximum waardoor geen afvlakking van de curve te zien is (zie bijlage VIII).

Op basis van een duplometing voor waterstof komt het beeld bij benadering overeen. Het maximale debiet van ruim 600  $\text{m}^3/\text{h}$  komt overeen met de verwachting. Omdat de vraag vanuit het net hoger is (gesimuleerd door de drukval naar 70 mbar), zakt de druk weg tot ongeveer 40 mbar bij de eerste meting. In de tweede meting zakt de druk minder ver weg en blijft steken op ongeveer 60 mbar. De verklaring voor het verschil kan liggen in het bereik van de maximale capaciteit zoals hierboven beschreven.

Op basis van de toegekende regelklasse (RK 5) voor de Elster-instromet 243 regelaar is de afwijking meer dan toegestaan voor deze meting.

#### Toelichting op de grafiek:

- De dikke **oranje** lijn is het gemeten drukverschil over het filter met 1 meting per seconde. Deze druk is gemeten in het 3 bar gedeelte, de maximale drukval over het filter bedraagt ongeveer 5 mbar.
- De **blauwe** lijn is het debiet omgerekend naar  $\text{m}^3/\text{h}$ , het debiet is vermeld op de secundaire y-as. De abrupte afvlakking van de trend duidt op het bereiken van het maximale meetbereik.
- Voor de toelichting op de bovenstaande figuur, zie figuur 5.



## 5.5 Geluidsemissie

De geluidsemissies zijn zowel voor **aardgas** als **waterstof** gemeten. De geluidsmeting is uitgevoerd met een Bruel & Kjaer 2250 analyzer, gemonteerd op een statief. De microfoon van de geluidsmeter is geplaatst op één meter afstand en op één meter hoogte boven de onderkant van de kast.

Naast het spectrum meet de deze geluidsmeter het “oppervlak gewogen gemiddelde” van het geluidsniveau spectrum, de zogenaamde LAeq. Hierdoor vallen kortstondige, hoge metingen weg in dit gemiddelde. Volgens protocol zijn de capaciteitsmetingen uitgevoerd bij 200 m<sup>3</sup>/h (=100%) **aardgas** en 600 m<sup>3</sup>/h (=100%) **waterstof**.

Tijdens de meting van het regelgedrag met de Elster Instromet regelaar, zoals beschreven in paragraaf 5.4 is voor **aardgas** een LAeq gemeten van 55,4 dB.

Tijdens de meting van het regelgedrag Elster Instromet regelaar, zoals beschreven in paragraaf 5.4 is voor **waterstof** een LAeq gemeten van 56,7 dB.

Het verschil in geluidsniveau is voor deze regelaar minimaal.

### Opmerkingen:

Het debiet tijdens de geluidsmeting wijkt licht af van de beoogde debieten volgens het meetprotocol. Voor **aardgas** is de geluidsmeting uitgevoerd bij 170 m<sup>3</sup>/h (hetgeen overeenkomt met 85% van de beoogde waarde in het protocol). Voor **waterstof** is de geluidsmeting uitgevoerd bij 660 m<sup>3</sup>/h (hetgeen overeenkomt met 110% van de beoogde waarde in het protocol). Hierdoor kunnen de waarden niet helemaal één-op-één vergeleken worden.

Er dient rekening mee gehouden te worden dat componenten rond de testopstelling hebben bijgedragen aan de beïnvloeding van de geluidsmeting. Deze effecten zijn niet gefilterd.

**Conclusie:** de geluidsemissie bij de toepassing van **waterstof** (bij een debiet van 660 m<sup>3</sup>/h) is 1,3 dB(A) hoger dan bij **aardgas** (bij een debiet van 170 m<sup>3</sup>/h). Het verschil is derhalve zeer gering waarbij een kanttekening gemaakt moet worden over het bereik van de capaciteit.

## 6. Meetresultaten – Fiorentini Dival 600 regelaar

In dit hoofdstuk zijn de meetresultaten opgenomen van de metingen aan het districtstation met daarin de Fiorentini Dival600 regelaar. De meetresultaten zijn weergegeven conform de meetvolgorde en de testnummering zoals vermeld in het meetprotocol. Gedurende de metingen was de temperatuur gemiddeld 8,3 graden (met een standaard deviatie van 0,9 graden). Alle meetresultaten zijn opgenomen in bijlage XII van dit rapport.

De metingen van de inlaat- en uitlaatafsluiten zijn niet herhaald omdat deze niet anders zijn van bij de testen met de Itron regelaar.

### 6.1 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4

De aanspreekdruk van de VAK(AAN) zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 7 – Aanspreekdruk VAK(AAN)

Veiligheidsafsluitklep VAK(AAN) – Ingestelde waarde is 180 mbar <sup>*)</sup>	
Medium	Aanspreekdruk [mbar]
Aardgas	182
	181
	181
Waterstof	180
	180
	179

\*) De veiligheden zijn ingesteld aan de hand van de afgelezen druk op de analoge manometer van de betreffende gasstraat. Hierin zit een bepaalde onnauwkeurigheid ten opzichte van de digitale manometer bij de testen. Gezien de (gemiddelde) meetresultaten voor aardgas wordt uitgegaan van een ingestelde waarde voor de VAK(AAN) van 180 mbar.

Uit Tabel 7 – blijkt dat de aanspreekdruk voor de VAK(AAN) bij **aardgas** varieert tussen 181 en 182 mbar. Dit voldoet aan de criteria volgens de NK 1 (toegestane afwijking  $\pm 1,8$  mbar). Bij **waterstof** varieert de aanspreekdruk tussen 179 en 180 mbar. De variatie bij **waterstof** is van dezelfde orde grootte en voldoet eveneens aan de NK 1. Hierbij is aangenomen dat de aanspreekdruk van de VAK(AAN) stond ingesteld op 180 mbar.

#### Conclusies:

- De variatie in aanspreekdruk is bij de VAK(AAN) bij **waterstof** ongeveer gelijk aan die van **aardgas**.

## 6.2 Lekk Dichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5

### 6.2.1 Veiligheidsafsluiter

Zie voor de VA paragraaf 4.1.1.

### 6.2.2 Veiligheidsafsluitklep

#### Aardgas

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0.23 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $31,4 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

#### Waterstof

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0.45 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $60,0 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

Gedurende de metingen met de Fiorentini Dival 600 bleek de aansluiting tussen druksensor P2 en het gasstation lek tijdens het afzepen waarbij de lekkage goed zichtbaar was (zie onderstaande foto). Deze lekkage was niet te verhelpen en kan de hoge waarden voor de hogere lekwaarden verklaren. De verwachting is dat de veiligheidsafsluitklep wel lekdicht is.



Figuur 7: Lekkage bij aansluiting druksensor P2

#### Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage, zie bijlage VI.
- De inlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150$  mm<sup>3</sup>/s).

**Conclusie:** de inwendige lekdichtheid van de veiligheidsafsluitklep voldoet aan de eisen.

## 6.3 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6

De sluitdrukken voor de metingen aan de Fiorentini Dival 600 zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 – Sluitdrukken

Medium	Inlaatdruk [bar]	Sluitdruk <sup>*)</sup> [mbar]
Aardgas	3	117
	3	121
Waterstof	3	107
	3	106

#### Opmerking:

- De verschillen in sluitdruk kunnen zijn veroorzaakt door snelheidsvariatie bij het sluiten van de handmatig bediende regelklep.

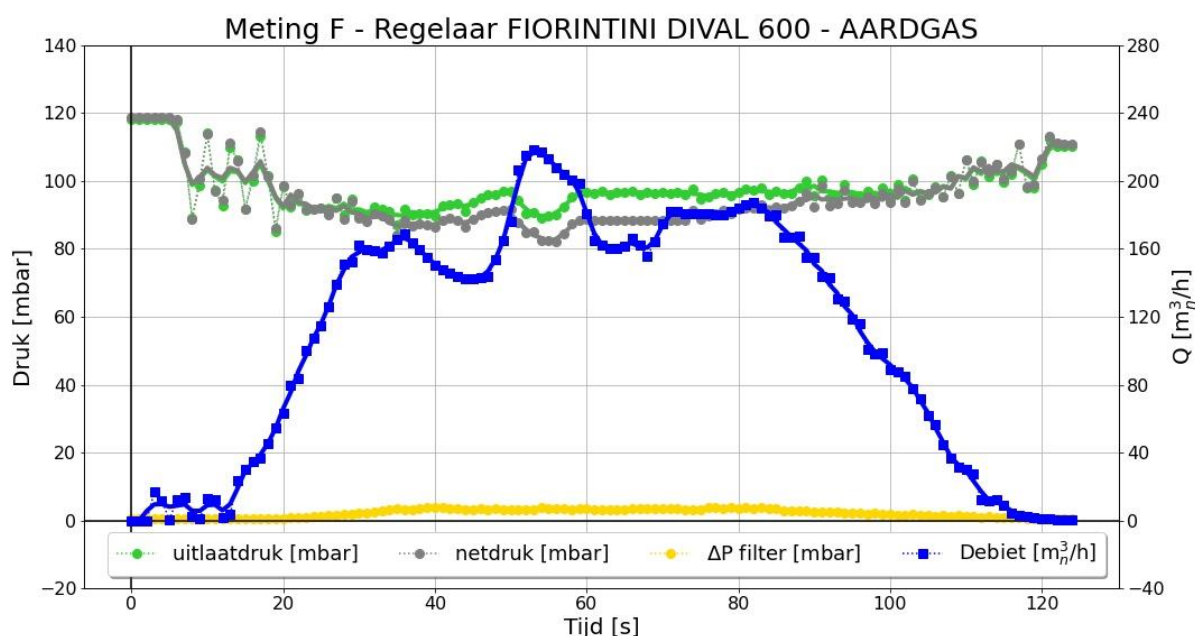
**Conclusie:** de sluitdruk is (bij de testen) bij **aardgas** is gemiddeld ongeveer 12 mbar hoger dan de sluitdruk bij **waterstof**.

## 6.4 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8

In Figuur 8 is het resultaat weergegeven van de meting met **aardgas** en in Figuur 9 met **waterstof** waarbij het debiet gedurende dertig seconden geleidelijk is opgevoerd en vervolgens in dertig seconden weer is teruggebracht. De meting is twee keer uitgevoerd op dezelfde wijze. De druk in het net (gerepresenteerd door het buffervat) wordt verlaagd naar 70 mbar om te kijken hoe de regelaar verder openstuurt (en meer gas levert) om dit op te vangen. In het geval van de Fiorentini Dival 600 wordt een maximaal debiet bereikt van 220 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h hetgeen goed overeenkomt met de verwachte capaciteit. Er dient opgemerkt te worden dat de capaciteit van de Fiorentini Dival 600 veel groter is dan van de twee andere veerbelaste regelaars. Deze klep is niet tot de maximum capaciteit getest. Zie voor de grafieken van de tweede meting bijlage IX.

Op basis van een duplometing voor aardgas komt het beeld bij benadering overeen, al is het gedrag wat wispelturig. Het debiet van rond de 220 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h wordt gehaald, hetgeen in het onderste bereik van de regelaar ligt. Om de vraag vanuit het net te simuleren, is een drukval naar 70 mbar gesimuleerd. Deze waarde wordt niet gehaald door de response (en de capaciteit) van de regelaar. De laagste druk, gemeten op het buffervat, bedroeg 80 mbar.

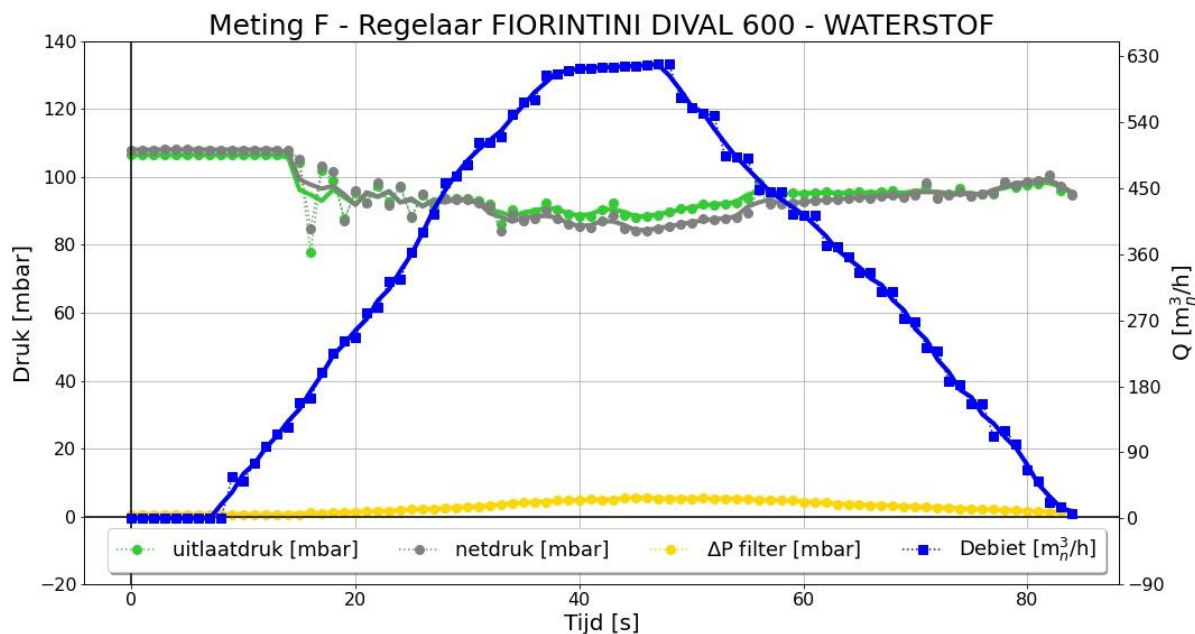
Op basis van de toegekende regelklasse (RK 5) voor de Fiorentini Dival600 regelaar valt de afwijking binnen de bandbreedte voor deze meting.



Figuur 8: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – aardgas

Toelichting op de grafiek:

- De **blauwe** lijn is het debiet omgerekend naar m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h, vermeld op de secundaire y-as.
- De dikke **oranje** lijn is het gemeten drukverschil over het filter met 1 meting per seconde. Deze druk is gemeten in het 3 bar gedeelte, de maximale drukval over het filter bedraagt wederom ongeveer 4 mbar.
- De dikke **groene** lijn is de uitlaatdruk gemeten op de header van het station. Deze lijn is het gemiddelde over 120 metingen (= 120 seconden).
- De **grijze** lijn is de 'netdruk', de druk gemeten waarde per 1 seconde bij het buffervat DN 400.



Figuur 9: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – waterstof

Op basis van een duplometing voor waterstof komt het beeld bij benadering overeen. Het maximale debiet van ruim 600 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h komt overeen met de verwachting. Om de vraag vanuit het net te simuleren, is een drukval naar 70 mbar gesimuleerd. Deze waarde wordt niet gehaald door de response (en de capaciteit) van de regelaar. De laagste druk, gemeten op het buffervat, bedroeg ruim 80 mbar.

Op basis van de toegekende regelklasse (RK 5) voor de Fiorentini Dival600 regelaar valt de afwijking binnen de bandbreedte voor deze meting.

#### Toelichting op de grafiek:

- De dikke **oranje** lijn is het gemeten drukverschil over het filter met 1 meting per seconde. Deze druk is gemeten in het 3 bar gedeelte, de maximale drukval over het filter bedraagt ongeveer 5.5 mbar.
- Voor de toelichting op de bovenstaande figuur, zie figuur 8.

## 6.5 Geluidsemissie

De geluidsemissies zijn zowel voor **aardgas** als **waterstof** gemeten. De geluidsmeting uitgevoerd met Bruel & Kjaer 2250 analyzer, gemonteerd op een statief. De microfoon van de geluidsmeter is geplaatst op één meter afstand en op één meter hoogte boven de onderkant van de kast.

Naast het spectrum meet de deze geluidsmeter de “oppervlak gewogen gemiddelde” van het geluidsniveau spectrum, de zogenaamde LAeq. Hierdoor vallen kortstondige, hoge metingen weg in dit gemiddelde. Volgens protocol zijn de capaciteitsmetingen uitgevoerd bij 200 m<sup>3</sup>/h (=100%) **aardgas** en 600 m<sup>3</sup>/h (=100%) **waterstof**.

Tijdens de meting van het regelgedrag met de Fiorentini Dival regelaar, zoals beschreven in paragraaf 6.4 is voor **aardgas** een LAeq gemeten van 57,1 dB.

Tijdens de meting van het regelgedrag Fiorentini Dival regelaar, zoals beschreven in paragraaf 6.4 is voor **waterstof** een LAeq gemeten van 59,6 dB.

### Opmerkingen:

Het debiet tijdens de geluidsmeting komt overeen met het beoogde debiet in het meetprotocol. Voor aardgas is gemeten bij 100% **aardgas** komt overeen met 200 m<sup>3</sup>/h, 100% **waterstof** komt overeen met 600 m<sup>3</sup>/h).

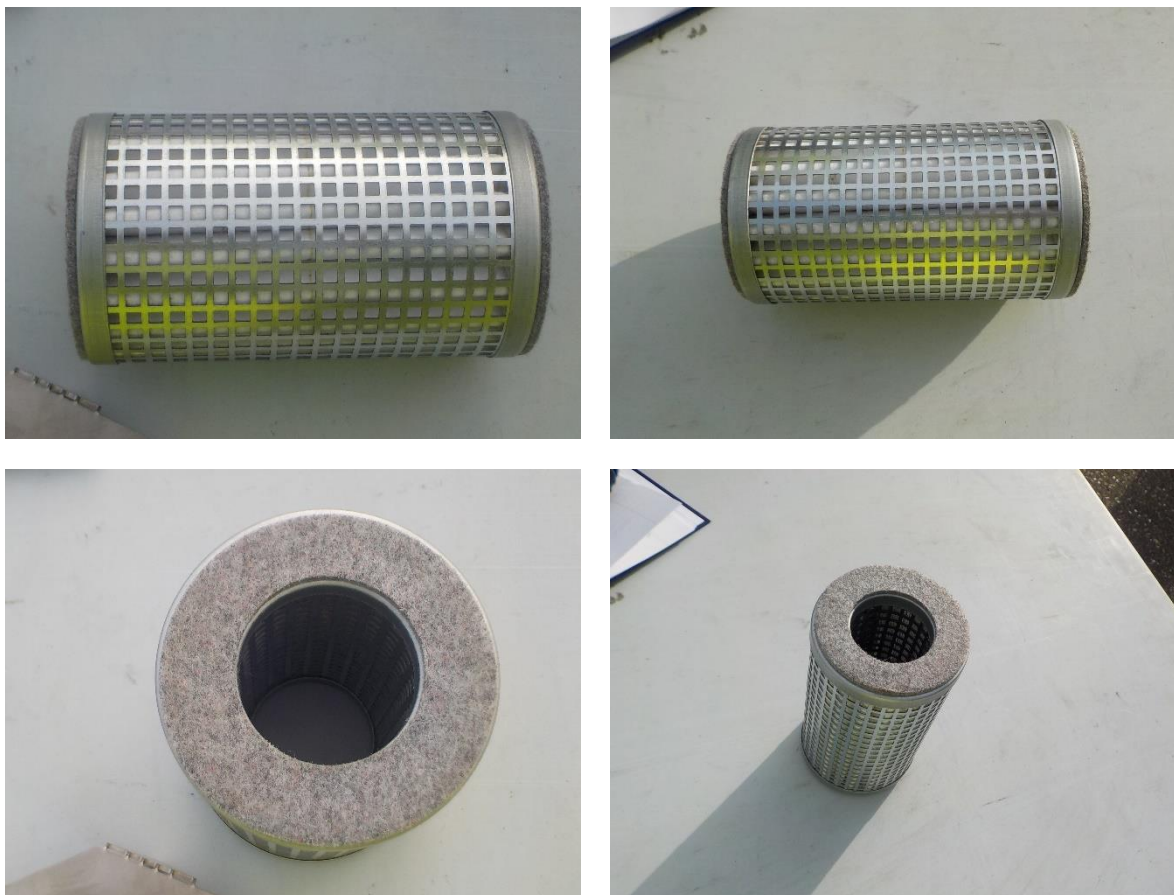
Er dient rekening mee gehouden te worden dat componenten rond de testopstelling hebben bijgedragen aan de beïnvloeding van de geluidsmeting. Deze effecten zijn niet gefilterd.

**Conclusie:** de geluidsemissie bij de toepassing van **waterstof** (bij een debiet van 600 m<sup>3</sup>/h) is 2,5 dB(A) hoger dan bij **aardgas** (bij een debiet van 200 m<sup>3</sup>/h).

## 6.7 Gasfilter

Gedurende de metingen met zowel **aardgas** als **waterstof** is de drukval over het filterhuis (en gasfilter) gelogd in de tijd. Voor aanvang van de meting met **aardgas** is het gasfilter visueel geïnspecteerd en zijn foto's gemaakt van het filter. Hierna zijn achtereenvolgens de testen met **aardgas** en **waterstof** uitgevoerd voor drie regelaars. Na afronding van deze reeks is het gasfilter opnieuw bekeken en zijn foto's gemaakt van het gasfilter. In onderstaande figuur zijn deze foto's naast elkaar gezet.

De foto's laten zien dat de filters niet te lijden hebben gehad gedurende testen met aardgas of waterstof. Hierbij dient opgemerkt te worden dat vervuiling zorgt voor een toename in de drukval over het filter, hetgeen kan leiden tot aantasting of zelfs scheuring van het filter.



Figuur 10: Gasfilter voor aanvang van de testen met **aardgas** (links) en na afronding van de testen met **waterstof** (rechts)

Tijdens de metingen met **aardgas** en **waterstof** zijn de drukvallen over het filter in de tijd geregistreerd als functie van het debiet. Hierbij is consequent gebruik gemaakt van de metingen waarbij het regelgedrag in kaart is gebracht. Voor **aardgas** is de maximaal gemeten drukval over het filter ongeveer 3 mbar bij een debiet van 180 m<sup>3</sup>/h. Bij **waterstof** is de maximaal gemeten drukval over het filter ongeveer 12 mbar bij een debiet van 700 m<sup>3</sup>/h. Deze drukval is aanzienlijk hoger voor **waterstof** dan voor **aardgas**.

Op basis van bovenstaande metingen is tevens gekeken naar de relatie tussen drukval en debiet bij de andere regelaars. Hierbij zijn kleinere verschillen vastgesteld waardoor het vermoeden bestaat dat het systeem (het gasstation, de regelaar, het gasfilter en het medium) allen van invloed zijn.

**Conclusie:** op basis van visuele inspectie en nadere bestudering is vastgesteld dat het gasfilter door de beproevingen met **aardgas** en **waterstof** niet is aangetast/ beschadigd als gevolg van de hoge snelheden die heersen gedurende deze testen.

## 7. Meetresultaten – IGA1843 regelaar

In dit hoofdstuk zijn de meetresultaten opgenomen van de metingen aan de HAS met daarin de IGA1843 regelaar. De meetresultaten zijn weergegeven conform de meetvolgorde en de testnummering zoals vermeld in het meetprotocol. Gedurende de metingen was de temperatuur gemiddeld 9,2 graden waarbij geen standaard deviatie berekend is. De temperatuur is gedurende de dag slechts tweemaal genoteerd. Alle meetresultaten zijn opgenomen in bijlage XII van dit rapport.

### 7.1 Lekkichtheid (inwendig) – metingnummer 1

De inhoud van het gedeelte tussen de inlaatafsluiter en de uitlaatafsluiter is circa 1 dm<sup>3</sup>. Voor de berekening van de lekkichtheden zijn tevens andere inhoudswaarden nodig. Zo is de inhoud tussen de VAK en de VAK(AAN) gesteld op 0,5 dm<sup>3</sup>, de inhoud tussen de VAK(AAN) en de uitlaatafsluiter (gele kogelkraan) op 0,5 dm<sup>3</sup> en de inhoud tussen de uitlaatafsluiter (met flexibele leiding) en het vlinderklep achter het drukvat op 219 dm<sup>3</sup>.

#### 7.1.1 Inlaatafsluiter (VAK)

##### Aardgas

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,01 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $0,1 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

##### Waterstof

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,09 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $0,6 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

#### Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage, zie bijlage VI.
- De inlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150$  mm<sup>3</sup>/s).

**Conclusie:** de inwendige lekkichtheid van de inlaatafsluiter voldoet aan de eisen.



## 7.2 Aanspreekdruk van beveiligingen – metingnummer 2 en 4

De aanspreekdrukken voor de VAK en VAK(AAN) zijn in onderstaande tabellen opgenomen.

Tabel 9 – Aanspreekdruk en sluittijd VAK

Veiligheidsafsluitklep VAK – Ingestelde waarde is 160 mbar <sup>*)</sup>	
Medium	Aanspreekdruk <sup>**)</sup> [mbar]
Aardgas	163
	162
	161
Waterstof	164
	162
	160

\*) De veiligheden zijn ingesteld aan de hand van de afgelezen druk op de analoge manometers van de betreffende gasstraat. Hierin zit een bepaalde onnauwkeurigheid ten opzichte van de digitale manometer bij de testen. Gezien de (gemiddelde) meetresultaten voor aardgas wordt uitgegaan van een ingestelde waarde voor de VA van 160 mbar.

Tabel 10 – Aanspreekdruk VAK(AAN)

Veiligheidsafsluitklep VAK(AAN) – Ingestelde waarde is 200 mbar <sup>*)</sup>	
Medium	Aanspreekdruk [mbar]
Aardgas	200
	195
	195
Waterstof	199
	197
	201

\*) De veiligheden zijn ingesteld aan de hand van de afgelezen druk op de manometer van de betreffende gasstraat. Hierin zit een bepaalde onnauwkeurigheid ten opzicht van de gekalibreerde manometer bij de testen. Gezien de (gemiddelde) meetresultaten voor aardgas wordt uitgegaan van een ingestelde waarde voor de VAK(AAN) van 195 mbar.

Uit Tabel 9 blijkt dat de aanspreekdruk voor de VAK bij **aardgas** redelijk constant is rond de 160 mbar. Dit voldoet aan de criteria volgens de NK 2,5 (toegestane afwijking  $\pm 4,0$  mbar). Bij **waterstof** varieert de aanspreekdruk ook nagenoeg niet, de gemeten waarden liggen tussen de 160 en 164 mbar. De variatie bij **waterstof** is van dezelfde orde grootte en voldoet eveneens aan de NK 2,5. Hierbij is aangenomen dat de aanspreekdruk van de VAK stond ingesteld op 160 mbar.

Uit Tabel 10 - dat de aanspreekdruk voor de VAK(AAN) bij **aardgas** varieert tussen 195 en 200 mbar. Dit voldoet aan de criteria volgens de NK 2,5 (toegestane afwijking  $\pm 5$  mbar). Bij **waterstof** varieert de aanspreekdruk tussen 197 en 201 mbar. De variatie bij **waterstof** is van dezelfde orde grootte en voldoet eveneens aan de NK 1. Hierbij is aangenomen dat de aanspreekdruk van de VAK(AAN) stond ingesteld op 200 mbar.

**Conclusies:**

- De variatie in aanspreekdruk de VAK alsook bij de VAK(AAN) bij **waterstof** ongeveer gelijk aan die van **aardgas**.

## 7.3 Lekdichtheid (intern) van geactiveerde veiligheden – metingnummer 3 en 5

### 7.3.1 Veiligheidsafsluitklep (VAK(AAN))

#### Aardgas

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,0 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $0,0 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

#### Waterstof

De gemiddelde lekwaarde over de gehele periode van 15 minuten bedraagt 0,01 mbar/min. Dit komt neer op een lekkage van  $0,1 \pm 10\%$  mm<sup>3</sup>/s.

#### Opmerkingen:

- Voor de acceptatiecriteria volgens NEN-EN12266-1-2012 en de berekening van de inwendige lekkage zie bijlage VI.
- De inlaatafsluiter voldoet aan Rate C ( $3,0 * DN = 150$  mm<sup>3</sup>/s).

**Conclusie:** de inwendige lekdichtheid van de veiligheidsafsluitklep voldoet aan de eisen.

## 7.4 Sluitdruk bij het sluiten van de regelklep – metingnummer 6

De sluitdrukken voor de metingen aan de IGA1843 regelaar zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 – Sluitdrukken

Medium	Inlaatdrukdruk [bar]	Sluitdruk*) [mbar]
Aardgas	3	100,2
	3	100,4
Waterstof	3	99,1
	3	99,1

**Conclusie:** de sluitdruk is (bij de testen) bij **aardgas** nagenoeg gelijk aan de sluitdruk bij **waterstof**.

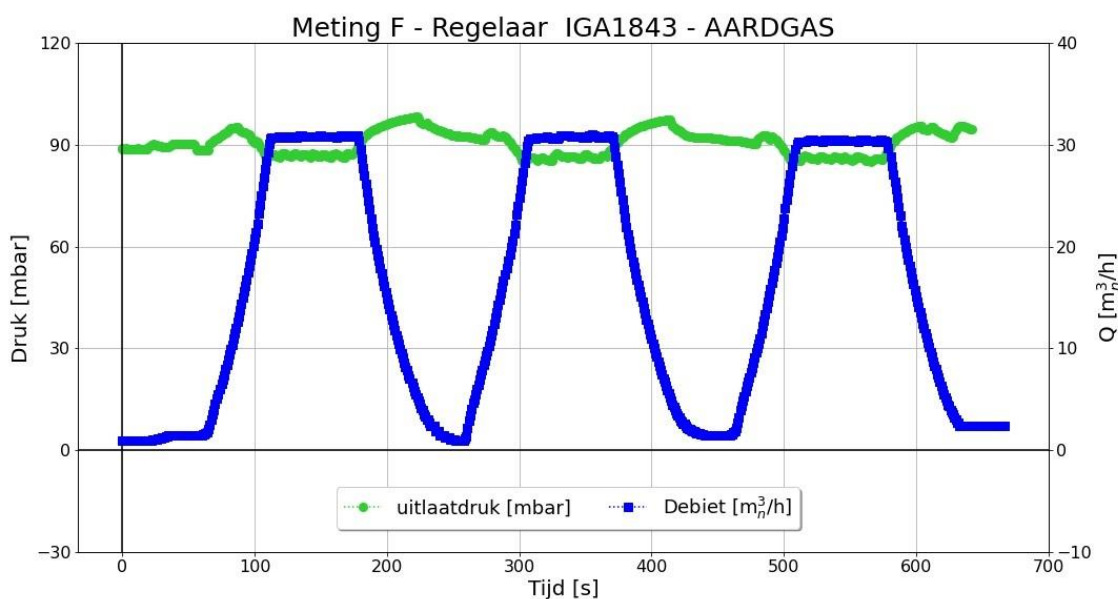
## 7.5 Regelgedrag – metingnummer 7 en 8

In Figuur 11 is het resultaat weergegeven van de meting met **aardgas** en in Figuur 12 met **waterstof** waarbij het debiet gedurende vijfenzeventig seconden geleidelijk is opgevoerd, voor zestig seconden constant gehouden bij het maximale debiet en vervolgens in vijfenzeventig seconden weer is teruggebracht. De meting is drie keer achter elkaar uitgevoerd.

In het geval van het Hogedrukafleverstation is geen gebruik gemaakt van het buffervat. Aan de uitlaatzijde is een flexibele slang geïnstalleerd die verbonden was met de flowmeter. Aan de downstream zijde van de flowmeter is een stalen buis met een lengte van ongeveer 10D geïnstalleerd. Hierop is een motorgestuurde klep aangesloten met een kleinere diameter dan in de eerdere testen. Dit in verband met het kleine bereik van het Hogedrukafleverstation.

Tijdens de test wordt de druk aan de downstream zijde van het Hogedrukafleverstation verlaagt naar 70 mbar om te kijken hoe de regelaar verder openstuurt (en meer gas levert) om dit op te vangen. In het geval van de IGA1843 wordt een maximum debiet bereikt van 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h **aardgas** hetgeen goed overeenkomt met de verwachte capaciteit. Zie voor de grafieken van de tweede meting bijlage X waarbij een trapsgewijze opbouw van naar het maximale debiet is gemeten. Dit experiment is twee keer achter elkaar uitgevoerd.

Voor de IGA1843 kon geen regelklasse gevonden worden waardoor niet is vast te stellen of deze voldoet voor deze meting.

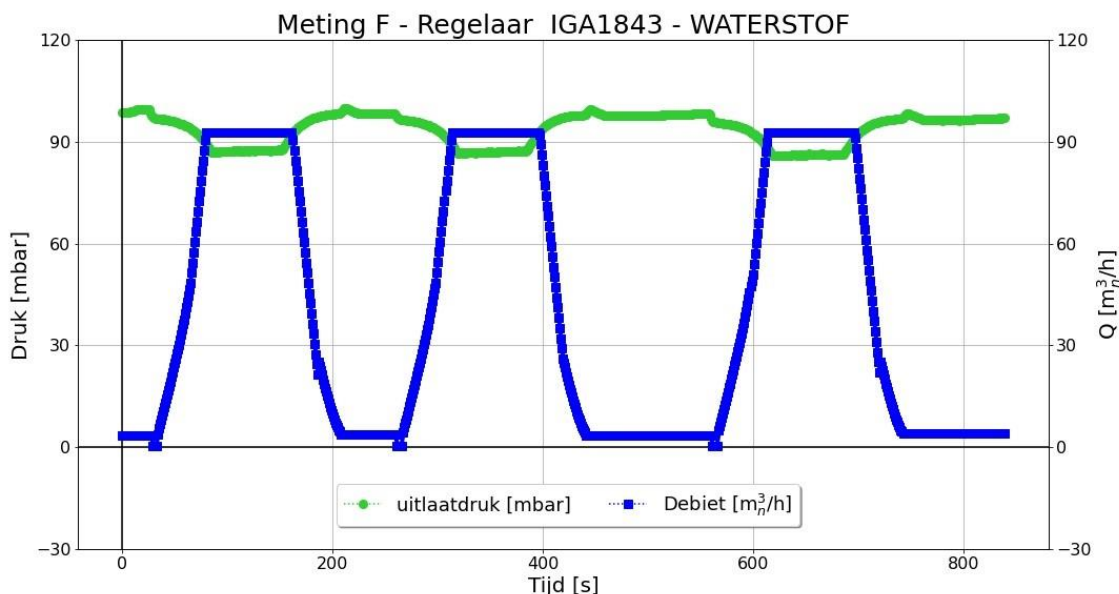


Figuur 11: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – aardgas

### Toelichting op de grafiek:

- De **blauwe** lijn is het debiet omgerekend naar m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h, vermeld op de secundaire y-as.
- De dikke **groene** lijn is de uitlaatdruk gemeten op de header van het station. Deze lijn is het gemiddelde over 650 metingen (= 650 seconden).

Tijdens de test wordt de druk aan de downstream zijde van het Hogedrukafleverstation verlaagd naar 70 mbar om te kijken hoe de regelaar verder openstuurt (en meer gas levert) om dit op te vangen. In het geval van de IGA1843 wordt een maximum debiet bereikt van 90 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h **waterstof** hetgeen goed overeenkomt met de verwachte capaciteit. Zie voor de grafieken van de tweede meting bijlage X waarbij een trapsgewijze opbouw van naar het maximale debiet is gemeten. Dit experiment is twee keer achter elkaar uitgevoerd.



Figuur 12: Drukstabiliteit bij toe- en afname debiet – waterstof

#### Toelichting op de grafiek:

- Voor de toelichting op de bovenstaande figuur, zie figuur 11.

#### Conclusies:

- De drukstabiliteit wordt bij de toepassing van **waterstof** niet (negatief) beïnvloed.

### 7.6 Geluidsemissie

De geluidsemissies zijn zowel voor **aardgas** als **waterstof** gemeten. De geluidsmeting is uitgevoerd met een Bruel & Kjaer 2250 analyzer, gemonteerd op een statief. De microfoon van de geluidsmeter is geplaatst op één meter afstand van het Hogedrukafleverstation en op één meter hoogte boven de basis van de installatie.

Naast het spectrum meet de deze geluidsmeter het “oppervlak gewogen gemiddelde” van het geluidsniveau spectrum, de zogenaamde LAeq. Hierdoor vallen kortstondige, hoge metingen weg in dit gemiddelde.

Tijdens de meting van het regelgedrag met de IGA1843 regelaar, zoals beschreven in paragraaf 7.5 is voor **aardgas** een LAeq gemeten van 62,1 dB.

Tijdens de meting van het regelgedrag IGA1843 regelaar, zoals beschreven in paragraaf 7.5 is voor **waterstof** een LAeq gemeten van 62,6 dB.

Er is nagenoeg geen verschil in geluidsniveau waargenomen bij de geluidsmetingen met aardgas en waterstof voor de Hogedrukafleverstation.

#### Opmerkingen:

- Het debiet is in percentage aangegeven (100% **aardgas** komt overeen met 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h, 100% **waterstof** komt overeen met 90 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h).
- Door het herhalen van de experimenten voor het Hogedrukafleverstation is, met het inzetten van een kleinere motorgestuurde klep, exact de beoogde capaciteit bereikt.
- Er dient rekening mee gehouden te worden dat componenten rond de testopstelling hebben bijgedragen aan de beïnvloeding van de geluidsmeting. Deze effecten zijn niet gefilterd.

**Conclusie:** de geluidsemissie bij de toepassing van **waterstof** (bij een debiet van 90 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h) is 0,5 dB(A) hoger dan bij **aardgas** (bij een debiet van 30 m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h). Op basis van gemiddelde is dit gelijk.

### 7.7 Gasfilter

Gedurende de metingen met zowel **aardgas** als **waterstof** is de drukval over het filterhuis (en gasfilter) gelogd in de tijd. Voor aanvang van de meting met **aardgas** is het gasfilter visueel geïnspecteerd en zijn foto's gemaakt van het filter. Hierna zijn achtereenvolgens de testen met **aardgas** en **waterstof** uitgevoerd. Na afronding van deze reeks is het gasfilter opnieuw bekeken en zijn foto's gemaakt van het gasfilter. In onderstaande figuur zijn deze foto's naast elkaar gezet.



Figuur 13: Gasfilter voor aanvang van de testen met **aardgas** (links) en na afronding van de testen met **waterstof** (rechts)

Tijdens de metingen met **aardgas** en **waterstof** konden geen waarden voor drukval over het filter geregistreerd worden omdat de benodigde aansluitingen niet op de HAS aanwezig waren.

**Conclusie:** op basis van visuele inspectie en nadere bestudering is vastgesteld dat het gasfilter door de beproevingen met **aardgas** en **waterstof** niet is aangetast/ beschadigd als gevolg van de hoge snelheden die heersen gedurende deze testen.

## Conclusies

Op basis van de metingen, zoals in dit rapport gepresenteerd, luidt de hoofdconclusie:

Het geteste gasdrukregelstation ontworpen voor **aardgas** kan zonder aanpassingen worden toegepast voor **waterstof**. De geteste gasdrukregelaars laten tevens slechts geringe verschillen zien wanneer respectievelijk het medium **aardgas** of **waterstof** wordt toegepast.

Bovenstaande conclusie kan ook getrokken worden voor het hogedrukafleverstation. Ook hier zijn slecht geringe verschillen te zien wanneer respectievelijk het medium **aardgas** of **waterstof** wordt toegepast.

### Opmerking:

- De conclusie betreft alleen het technisch functioneren. Over het langetermijneffecten kan geen uitspraak worden gedaan.

De deelconclusies zijn in Tabel 12 en Tabel 12 samengevat.

Tabel 12 – Deelconclusies (Itron 233 regelaar en Elster Instromet 243 regelaar)

Onderwerp	Itron 233		Elster Instromet 243		Opmerking
	Aardgas	Waterstof	Aardgas	Waterstof	
Lekdichtheid uitwendig regelset	0	0	0 *	0 *	
Lekdichtheid inwendig afsluiters	0	0	0 *	0 *	
Drukverlies over filter	0	0	0 *	0 *	Indicatieve meting
Aanspreekdruk VA en VAK	0	0	0	0	Medium heeft geen invloed
Sluittijd VA	0	0	0	0	Medium heeft geen invloed
Lekdichtheid inwendig VA en VAK	0	0	0	0	
Sluitdruk	0	0	0	-	Verskil mogelijk veroorzaakt door variatie in de sluitsnelheid van de met de hand bediende regelafsluiter
Drukstabiliteit	0	0	0	0	
Geluidsemissie	0	+	0	-	
Regelgedrag	0	0	0	0	Ten opzichte van beoogde capaciteit

### Toelichting:

- Als de meetresultaten bij **waterstof** (vrijwel) hetzelfde zijn als bij **aardgas** dan is dit aangeduid met '0'.
- Als de meetresultaten bij **waterstof** gunstiger zijn dan bij **aardgas** dan is dit aangeduid met '+'. Als deze minder gunstig zijn, dan is dit aangeduid met een '-'.
- Alle punten met een '\*' zijn reeds getest voor de Itron 233 configuratie. De regelaars zijn na montage gecontroleerd met behulp van afzepen om de dichtheid van de configuratie aan te tonen.

Tabel 13 - Deelconclusies (Fiorentini Dival 600 regelaar en IGA1843 regelaar)

Onderwerp	Dival 600		IGA 1843		Opmerking
	Aardgas	Waterstof	Aardgas	Waterstof	
Lekdichtheid uitwendig regelset	N.v.t.	N.v.t.	0	0	
Lekdichtheid inwendig afsluiters	N.v.t.	N.v.t.	0	0	
Drukverlies over filter	N.v.t.	N.v.t.	0	0	Indicatieve meting
Aanspreekdruk VA en VAK	0	0	0	0	Medium heeft geen invloed
Sluittijd VA	0	0	0	0	Medium heeft geen invloed
Lekdichtheid inwendig VA en VAK	0	0	0	0	
Sluitdruk	0	-	0	-	Verschil mogelijk veroorzaakt door variatie in de sluitsnelheid van de met de handbediende regelafsluiter
Drukstabiliteit	0	0	0	0	
Geluidsemissie	0	-	0	0	
Regelgedrag	0	0	0	0	

**Toelichting:**

- Als de meetresultaten bij **waterstof** (vrijwel) hetzelfde zijn als bij **aardgas** dan is dit aangeduid met '0'.
- Als de meetresultaten bij **waterstof** gunstiger zijn dan bij **aardgas** dan is dit aangeduid met '+'. Als deze minder gunstig zijn, dan is dit aangeduid met een '-'.

## Aanbevelingen

In het kader van dit HyDelta werkpakket is onderzoek gedaan naar een selectie van de meest voorkomende regelaars in gasstations. In het kader van het opdoen van lange termijn ervaring, kan het zinvol zijn om proefprojecten uit te voeren met de meest gangbare gasstations. Hierbij is het aanbevelenswaardig dat de capaciteit van het station en de regelaar op elkaar aansluiten zodat het totale meetbereik beproefd kan worden. Ook is het raadzaam om de regelklasse voor de regelaars te bekijken voor zowel aardgas als waterstof.

Een voorstel voor het testen van gasfilters is om een vergelijk te maken tussen aardgas en waterstof met stof. Hiervoor is in aanloop naar HyDelta 2.0 een voorstel geschreven waarbij gasfilters getest zouden worden bij 8 bar. Doel van deze testen is om aan te tonen of gasfilters met aardgas en waterstof evenveel stof opvangen. De dosering van stof is hierbij een specifiek punt van aandacht.



## Referenties

- [1] IEEE, „IEEE Citation Guidelines,” [Online]. Available: <https://iee-dataport.org/sites/default/files/analysis/27/IEEE%20Citation%20Guidelines.pdf>. [Geopend 19 03 2021].
- [2] Zenodo, „Terms of Use v1.2,” Zenodo, [Online]. Available: <https://about.zenodo.org/terms/>. [Geopend 19 03 2021].
- [3] European Commission, „Guidelines on Data Management in Horizon 2020,” 11 12 2013. [Online]. Available: [http://www.gsrt.gr/EOX/files/h2020-hi-oa-data-mgt\\_en.pdf](http://www.gsrt.gr/EOX/files/h2020-hi-oa-data-mgt_en.pdf). [Geopend 19 03 2021].
- [4] Rijksuniversiteit Groningen, „Unishare,” [Online]. Available: <https://www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/services/data/opslagfaciliteiten/unishare?lang=en>. [Geopend 19 03 2021].
- [5] Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft, „GO FAIR,” [Online]. Available: <https://www.go-fair.org/>. [Geopend 29 03 2021].
- [6] Wikipedia, „List of open formats,” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_open\\_formats](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_open_formats). [Geopend 29 03 2021].
- [7] Creative Commons, „About The Licenses,” [Online]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/>. [Geopend 29 03 2021].

## I Overzicht van vragen HyDelta WP1B

In dit werkpakket worden de volgende vragen behandeld

Bestandheid materialen:

- Kunnen de weke delen van de in de aardgasdistributie toegepaste regelaars en veiligheden in vergelijking met waterstof negatief worden beïnvloed als wordt overgegaan naar distributie van waterstofgas? (nr. 207, zie KIWA rapport GT-200237)

Werking station:

- Zijn de huidige stations geschikt voor het veilig reduceren van waterstofgas (station in zijn geheel)? (nr. 206, zie HyDelta rapport – D1B.1 - Gasdrukregelaars op aardgas en waterstof)
- Welke effecten heeft het verhogen van de snelheid op de complete werking van het station? (nr. 213, zie HyDelta rapport – D1B.1 - Gasdrukregelaars op aardgas en waterstof)
- Zijn aanpassingen aan de behuizing noodzakelijk voor een veilig gebruik met H2 en zo ja, welke? (ventilatie & aarding) (nr. 212, zie HyDelta rapport – D1B.3 - ventilatie)

Veilig werken aan en met stations op waterstof:

- Welke beheersmaatregelen (VWI) zijn noodzakelijk om een station in- en uit bedrijf te nemen? (nr. 208, zie HyDelta rapport – D1B.2 – Veiligheid bij werken aan gasstations)
- Kan op een veilige manier de druk vereffend worden indien een veiligheid is gevallen? (nr. 209, onderdeel van 208, zie HyDelta rapport – D1B.2 – Veiligheid bij werken aan gasstations)
- Is er een noodzaak voor intensievere inspectie van filters in gasdrukregelstraten? Dit onderdeel gaat specifiek over filters, de verhoogde gassnelheid kan er toe leiden dat meer vuil wordt meegevoerd en dat kan tot een grotere belasting van de filters leiden (nr. 173 zie HyDelta rapport – D1B.3 – Gasfilters)

## II Overzicht samenstelling begeleidings- en sparringsgroep

Tabel 14 – Samenstelling begeleidingsgroep en sparringsgroep

Naam	Werkgever	Begeleidingsgroep	Sparringsgroep
R. van Hooijdonk	Enexis	V	V
J. Jonkman	RENDO	V	V
R. Scholten	RENDO	V	V
P. Versteegen	Alliander	V	V
R. Verhoeve	Stedin		V
J. Voogt	Enexis		V
S.J. Elgersma	Gasunie		V
M. van der Laan	Kiwa Technology	V	V
S. van Woudenberg	Kiwa Technology	V	V

*De begeleidingsgroep is een actievere rol toebedacht bij de uitvoering van het deelonderzoek in vergelijking met de sparringsgroep. De sparringsgroep is betrokken bij de opzet van het testprogramma en bij het beoordelen van de concept-rapportages.*

### III Begrippenlijst

Begrip	Omschrijving / toelichting
$L_{\text{gas}}$ (laag calorisch gas)	86 vol% methaan + 14% stikstof
Overdruk	Druk boven de atmosferisch druk (8 bar komt overeen met 9 bar absoluut)
$m^3_n$	Een $m^3$ bij 1.013,25 mbar(a) en 0 °C
DS	Districtstation
HAS	Hogedrukafleverstation
VA	Veiligheidsafsluiter
VAK	Veiligheidsafsluitklep
VAK(AAN)	Aan een regelaar gebouwde VAK
$CH_4$	Methaan
$H_2$	Waterstof. De testen zijn uitgevoerd met waterstof 5.0 (zuiverheid 99,999%)
PLEXOR	Testkoffer voor het uitvoeren van functionele testen van gasstations
Regelklasse (RK)	De maximale afwijking (in absolute zin) tussen de gewenste en de optredende uitlaatdruk, uitgedrukt in percentage van de gewenste waarde
Sluitdruk	Uitlaatzijdige druk van de regelaar bij naar nul gaand leveringsdebiet
Sluitdrukklasse (SK)	Maximale drukverhoging in procenten t.o.v. van de nominale uitgangdruk, die kan optreden bij naar nul gaand leveringsdebiet
Nauwkeurigheidsklasse (NK)	De nauwkeurigheid waarmee het commandoventiel van de VA of een VAK(AAN) in werking treedt.

## IV Toegepaste componenten gasdrukregelstation(s)

Districtstation gebruikt in het testprogramma

### Gegevens toegepaste componenten



#### Gegevens opdrachtgever:


Opdrachtgever:	Enexis	Artikelnummer opdrachtgever:	74345
Opdrachtnummer:	4500763600	Ingangsdatum:	15-mei-19
Contactpersoon:	J. Murkens	Telefoon:	0

#### Gegevens installatie:

Omschrijving:	AS G40/65 LD Pi= 3 - 8 bar Pu= 100 mbar		
Serienummer:	<b>GA2019-0365</b>	Pi max. :	8 barg
Itemnummer gAvilar:	50067	Pi min. :	3,00 barg
Tekeningnummer:	S- 50067	Pu werk:	100 mbar
SO-nummer gAvilar:	V19-00410	Capaciteit:	65/100 Nm <sup>3</sup> /h

Component	Art. nummer	Omschrijving	Serienummer
Afsluiter inlaat	42044	Kogelkraan G-Bee KS75 DN50 PN16 STD	
Draaicilinder	45245	Draaicilinder Actuatech GD106	
Commandoventiel	42406	Commandoventiel Opso-Pneumax bereik 140 - 210 mbar	102237-10
2 <sup>e</sup> veiligheid VA	42296	Veiligheidsafslagcombinatie bestaande uit bovenstaande items	
Stoffilter	47376	Stoffilter DN50/125-R-G1 1 x RTD (45638)	45638-006
Filterelement	42037	Filterelement GS 5000 165-94x049 G1	
Manometer ΔP	43550	Manometer Δp bereik 0 - 200 mbar met sleepwijzer	
Manometer PI	42029	Manometer 0-10 bar kast 100mm RVS 1/2"	
Gasmeter	n.v.t.	n.v.t.	
Dummy	41664	Passtuk t.b.v. G25/40/65 gasm. DN50 L = 171 mm blind (43252)	
Regelaar	41912	Ittron 233-12-8-62 DN50 Pu = 100 mbar kl 3/8" uitw.in (85108)	
Pilot regelaar		serienummer vermelden indien van toepassing	
1 <sup>e</sup> veiligheid VAK	41912	Ittron 233-12-8-62 DN50 Pu = 100 mbar kl 3/8" uitw.in (85108)	3403401875
Afblaas VAF	n.v.t.	n.v.t.	
Manometer Pu	42030	Manometer 0-250 mbar kast 100mm RVS 1/2"	
Diverse 1	n.v.t.	n.v.t.	
Diverse 2	26496	Kamstrup ventiel-diagnose 3/2 1/4" BDA10	
Diverse 3	42515		
Diverse 4	n.v.t.	n.v.t.	
Afsluiter uitlaat	42798	Vlinderklep WW type EVFS DN100-PN16 incl.handsteel	
Behuizing	46654	Kantelkast 1/2 m3 d = 1,5 mm + z.i. + t.o. Ral 6009 fabr. Zador	
Inlaatleiding	n.v.t.	n.v.t.	
Uitlaatleiding	n.v.t.	n.v.t.	

#### Verzendgereed maken:

Controle ademopeningen:	Ja / <del>nee</del> / <del>afzet</del>
Sticker roken en vuur op kast:	Ja / <del>nee</del> / <del>afzet</del>
Typeplaat juist ingevuld:	Ja / <del>nee</del> / <del>afzet</del>
Onderzoeksrapport röntgentechnisch onderzoek meegeleverd:	Ja / <del>nee</del> / <del>afzet</del>
Olie voor rotor-gasmeter meegeleverd:	<del>ja</del> / <del>nee</del> / N.v.t.
Bouten, moeren, sluitringen en pakkingen meegeleverd:	Ja / <del>nee</del> / <del>afzet</del>
Opmerkingen:	

nummer:	21-G-3.703
versie:	b
datum:	12-2-2019

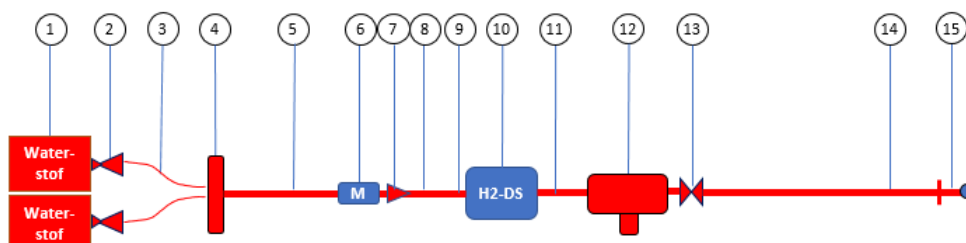




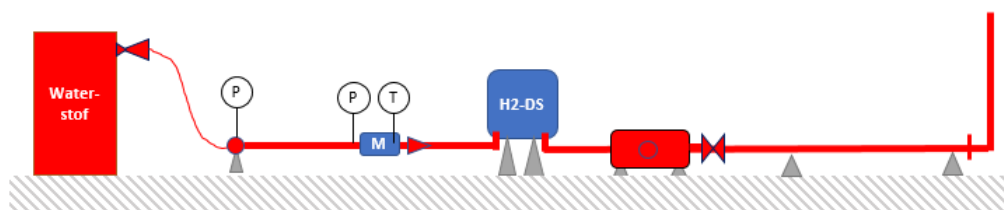
## V Schema van de testopstelling

Een schematische voorstelling van de testopstelling is hieronder weergegeven met de benaming van de diverse onderdelen.

Boven aanzicht



Zij aanzicht



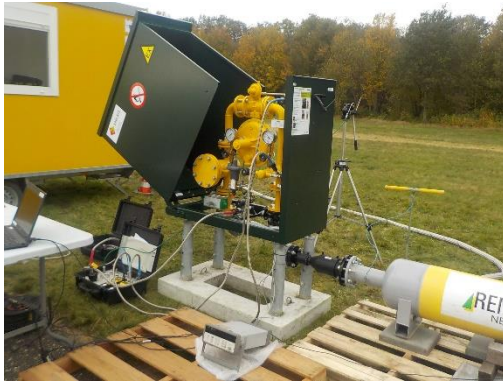
Pos nr.	Aantal	Omschrijving
1	2	Flessenpakket H2 of (CH4)
2	2	Reduceer - 200 bar - 8 bar - DN 25 (1")
3	2	Slangen DN 25 (1")
4	1	Manifold DN 100 met 4 DN 25 (1") draadaansl. en DN 100 flensaansl. - PN 16
5	1	Pijpstuk DN 100 - PN 16 - L = 12 m
6	1	Rotormeter G250 met EVHI / Mass Flow Meter
7	1	Verloop DN 100 - DN 50
8	1	Slang met flenzen DN 50
9	1	Stalen bocht DN 50 met flensaansl. - PN 16
10	1	H2-DS
11	1	Stalen uitlaatpijpstuk DN 100 - PN 16 - L = 1 m
12	1	Stalen buffervat DN 400 L = 1,7 m - met header DN 50 met meetnippel 1/4" BSP
13	1	Regelafsluiter DN 100 - PN 16
14	1	PVC uitlaatleiding DN 100 - L = 50 m
15	1	Stalen afblaaspip DN 100 met ondersteuning en mogelijkheid tot aarden

Opmerking:

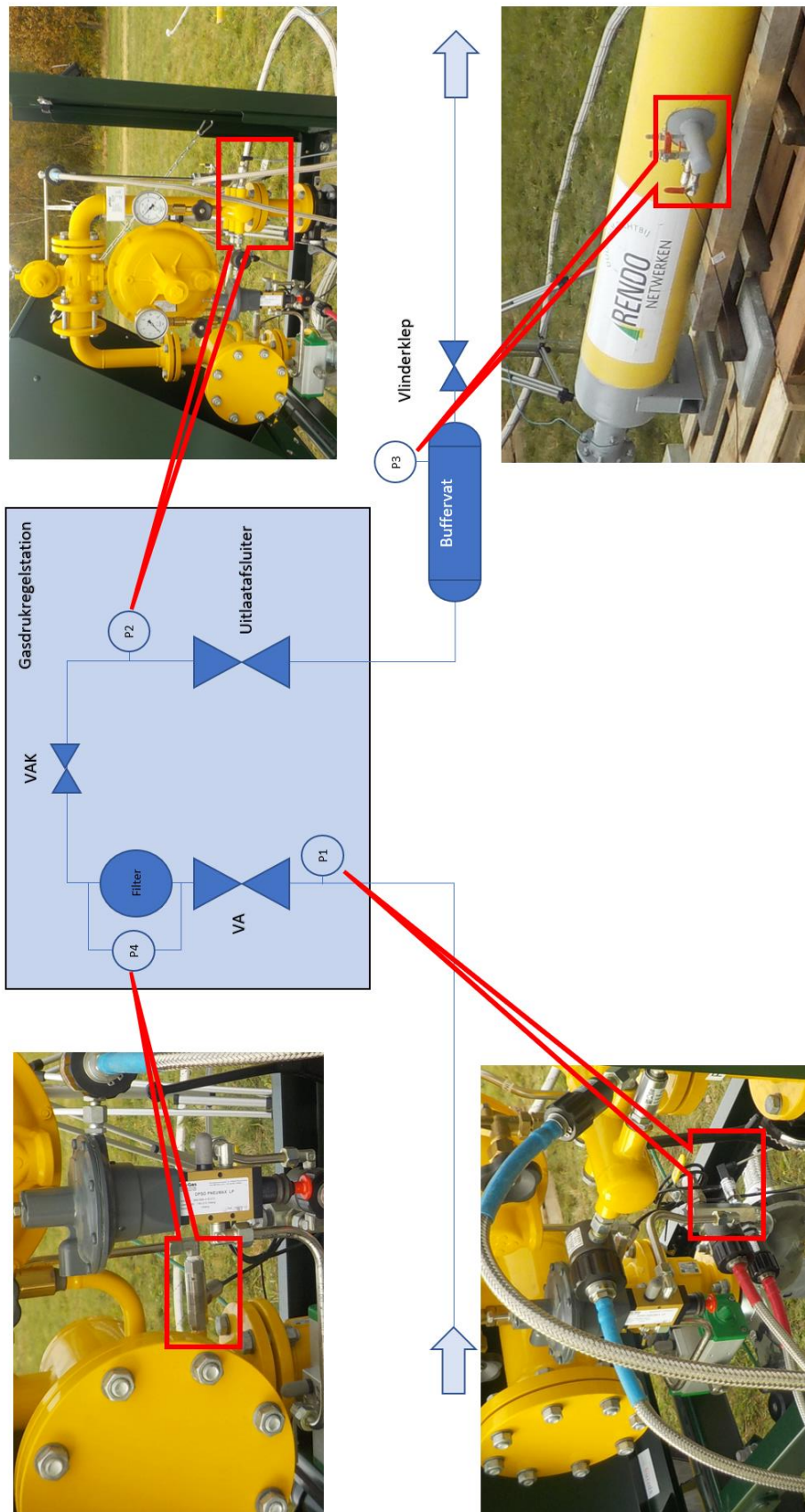
- De inhoud van het buffervat (pos nr. 12) is ca. 0,2 m<sup>3</sup>. De EN 334 schrijft voor dat de sluitdruk wordt bepaald met een leidinglengte van 10 x DN, waarbij DN de uitlaat diameter van de regelaar is. Omdat het merendeel van de testen zullen worden gedaan met een districtstation, is ervoor gekozen een grotere aan te houden.



Onderstaand enkele foto's van de testopstelling tijdens de meetdagen.



Onderstaand overzicht is toegevoegd ter verduidelijking van de locatie van de druksensoren



## VI Berekening lekkage afsluiters

In deze bijlage is een tabel met de acceptatiecriteria (Table A.5) opgenomen uit NEN-EN12266-1-2012 *Industrial valves - Testing of metallic valves - Part 1: Pressure tests, test procedures and acceptance criteria - Mandatory requirements*.

Scope van de norm:

*Deze Europese norm specificereert eisen voor testen, testprocedures en acceptatiecriteria voor productietesten van metalen industriële kleppen. De gespecificeerde testen kunnen ook worden gebruikt als typetesten of acceptatietesten.*

Daarnaast zijn de berekeningen van de lekkages voor een inlaatafsluiter (gasdrukregelstation) en een veiligheidsafsluitklep opgenomen.

Table A.5 — Maximum allowable seat leakage for each leakage rate

Unit: mm<sup>3</sup>/s

Test fluid	Rate A	Rate B	Rate C	Rate D	Rate E	Rate F	Rate G
Liquid	No visually detectable leakage for the duration of the test	0,01 × DN	0,03 × DN	0,1 × DN	0,3 × DN	1,0 × DN	2,0 × DN
Gas		0,3 × DN	3,0 × DN	30 × DN	300 × DN	3 000 × DN	6 000 × DN
NOTE 1 The leakage rates only apply when discharging to room temperature.							
NOTE 2 Table A.1 shall be used to establish the equivalent DN number for those valves which are designated other than by DN.							
NOTE 3 "No visually detectable leakage" means no visible weeping or formation of drops or bubbles. If leakage rate measurements are carried out by automatic means, this should be qualified by the manufacturer's quality system.							

Berekening inwendige gasdichtheid van de inlaatafsluiter bij **aardgas**. De atmosferische luchtdruk is gedurende de meetdagen gesteld op 1010 hPa.

P start = 87,7 mbar

P eind = 85,3 mbar

Inhoud\* = 15,53 dm<sup>3</sup>

\* Dit is de inhoud van de regelset vanaf inlaatafsluiter tot aan de uitlaatafsluiter.

$$\text{Inwendige lekkage} = \frac{1097,7 * 15,53}{1095,3} - 15,53 = 0,077 \text{ dm}^3 / 900 \text{ s} = 37,8 \text{ mm}^3 / \text{s}$$

Berekening inwendige gasdichtheid van de uitlaatafsluiter bij **aardgas**. De atmosferische luchtdruk is gedurende de meetdagen gesteld op 1010 hPa.

P start =	87,7 mbar
P eind =	84,6 mbar
Inhoud** =	8,80 dm <sup>3</sup>

\*\* Dit is de inhoud tussen de VAK en de uitlaatafsluiter van de regelset.

$$\text{Inwendige lekkage} = 8,80 - \frac{1097,7 * 8,80}{1094,6} = 0,0805 \text{ dm}^3 / 900 \text{ s} = 27,7 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Berekening inwendige gasdichtheid van de inlaatafsluiter bij **waterstof**.

P start =	86,6 mbar
P eind =	84,5 mbar
Inhoud* =	15,53 dm <sup>3</sup>

\* Dit is de inhoud van de regelset vanaf inlaatafsluiter tot aan de uitlaatafsluiter.

$$\text{Inwendige lekkage} = \frac{1096,6 * 15,53}{1094,5} - 15,53 = 0,0674 \text{ dm}^3 / 900 \text{ s} = 33,1 \text{ mm}^3/\text{s}$$

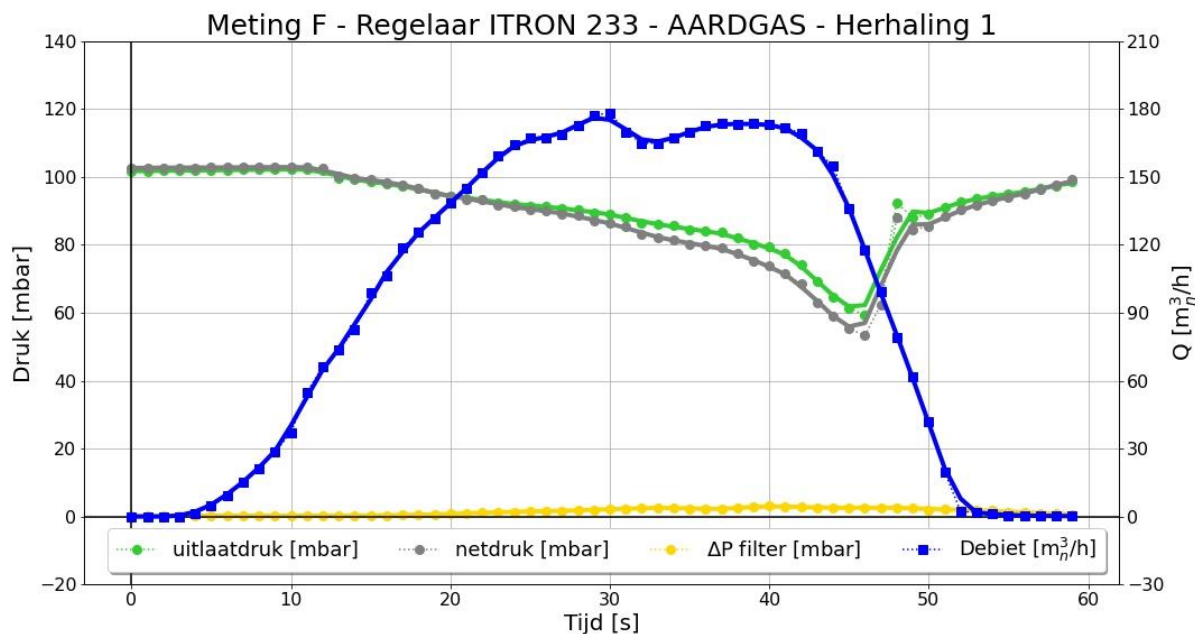
Berekening inwendige gasdichtheid van de uitlaatafsluiter bij **waterstof**. Deze test is in 10 minuten uitgevoerd in plaats van de reguliere 15 minuten.

P start =	0,1 mbar
P eind =	0,5 mbar
Inhoud** =	8,80 dm <sup>3</sup>

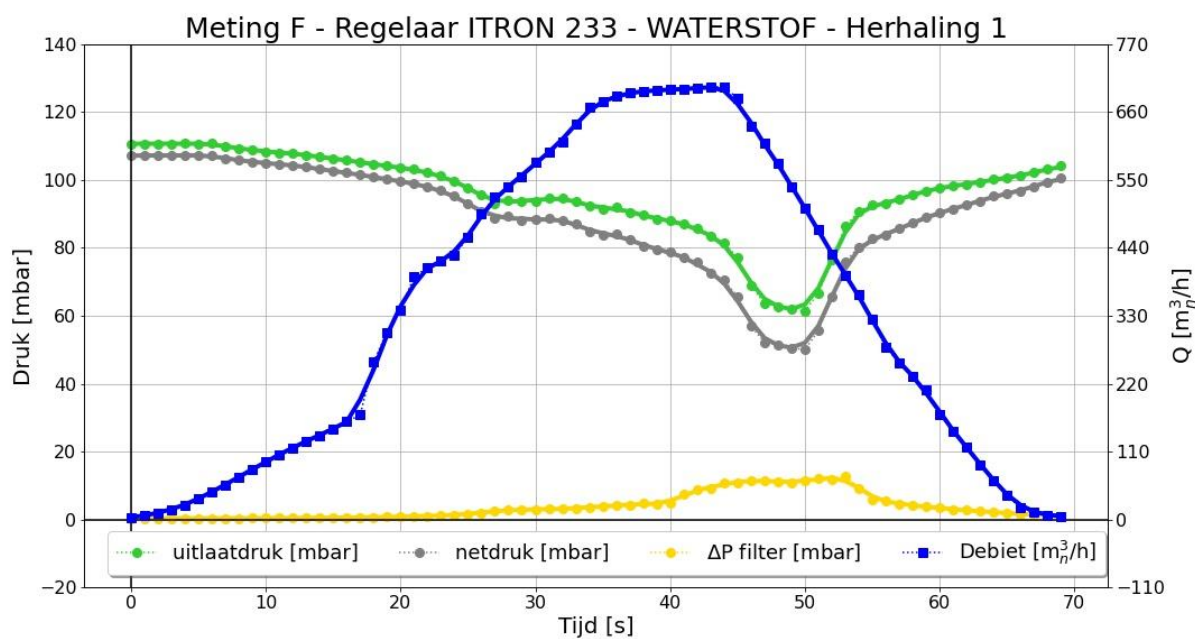
\*\* Dit is de inhoud tussen de VAK en de uitlaatafsluiter van de regelset.

$$\text{Inwendige lekkage} = \frac{1010,5 * 8,80}{1010,1} - 8,80 = 0,0112 \text{ dm}^3 / 600 \text{ s} = 5,8 \text{ mm}^3/\text{s}$$

## VII Grafiek drukstabiliteit Itron (tweede meting)

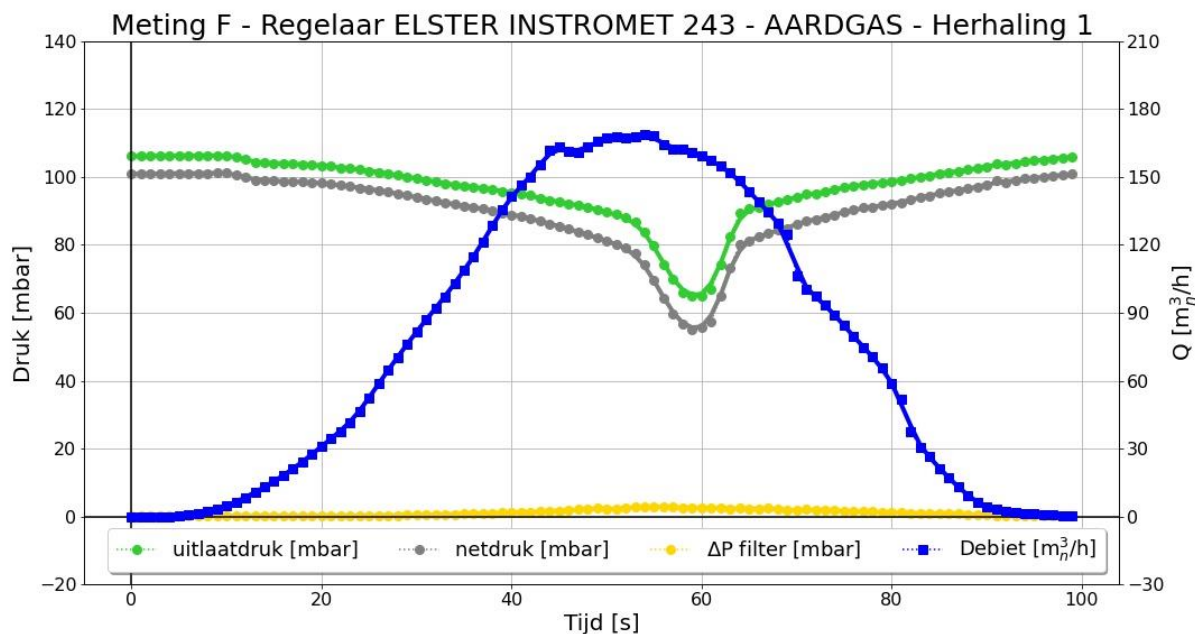


Herhaling: bepaling drukstabiliteit **aardgas**

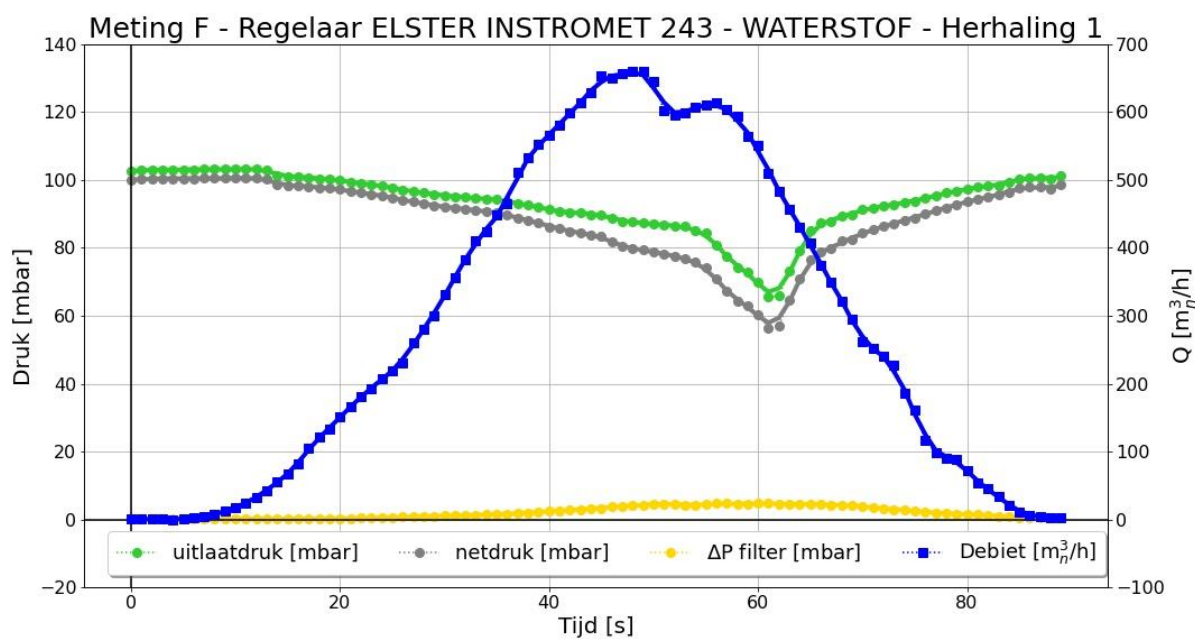


Herhaling: bepaling drukstabiliteit **waterstof**

### VIII Grafiek drukstabiliteit Elster Instromet (tweede meting)

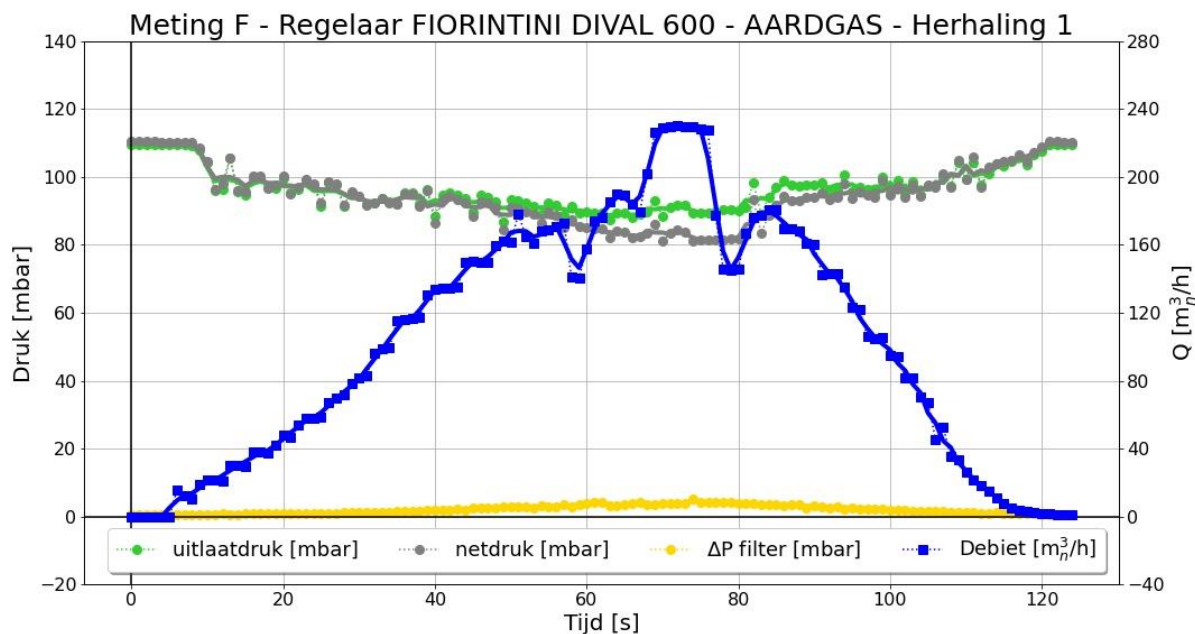


Herhaling: bepaling drukstabiliteit **aardgas**

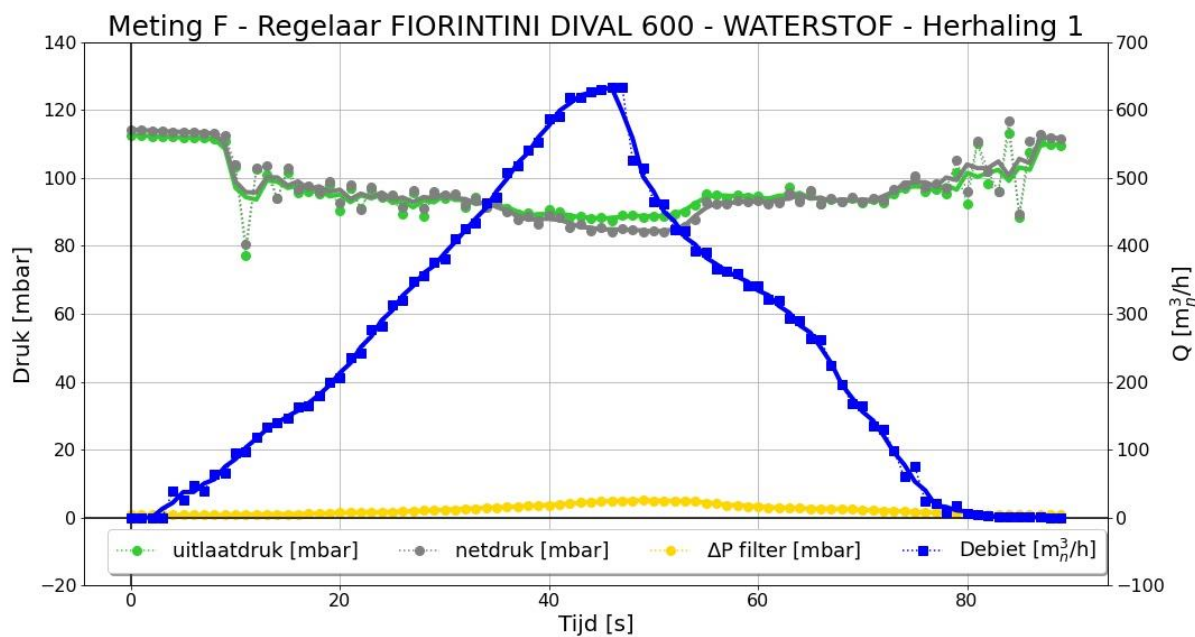


Herhaling: bepaling drukstabiliteit **waterstof**

## IX Grafiek drukstabiliteit Fiorentini Dival (tweede meting)

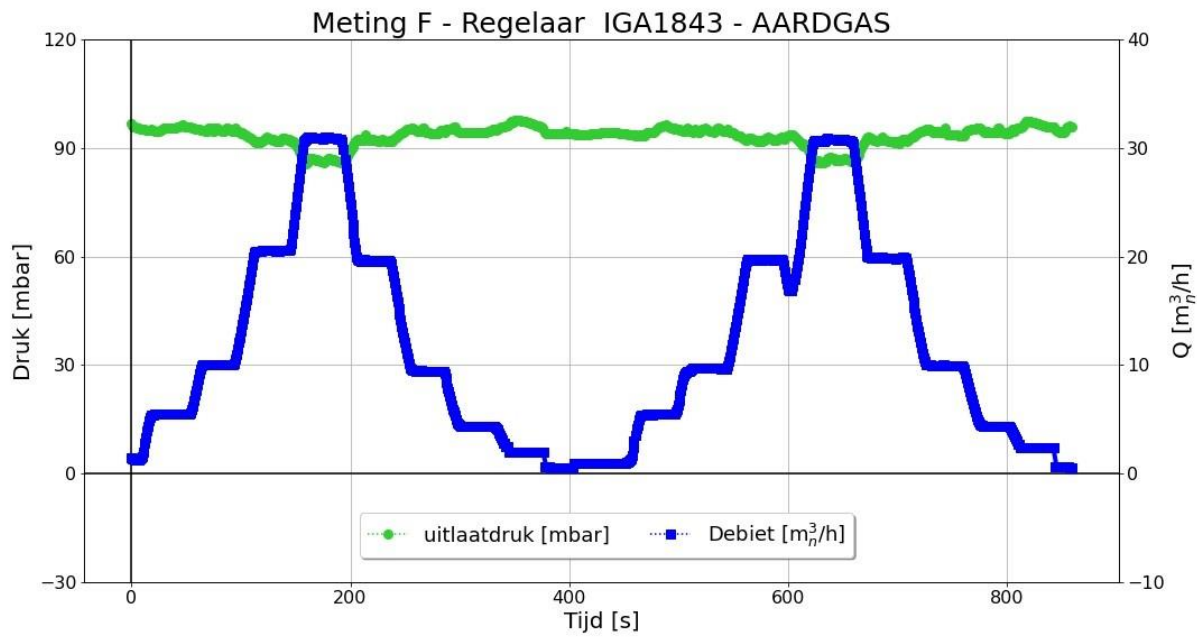


Herhaling: bepaling drukstabiliteit **aardgas**

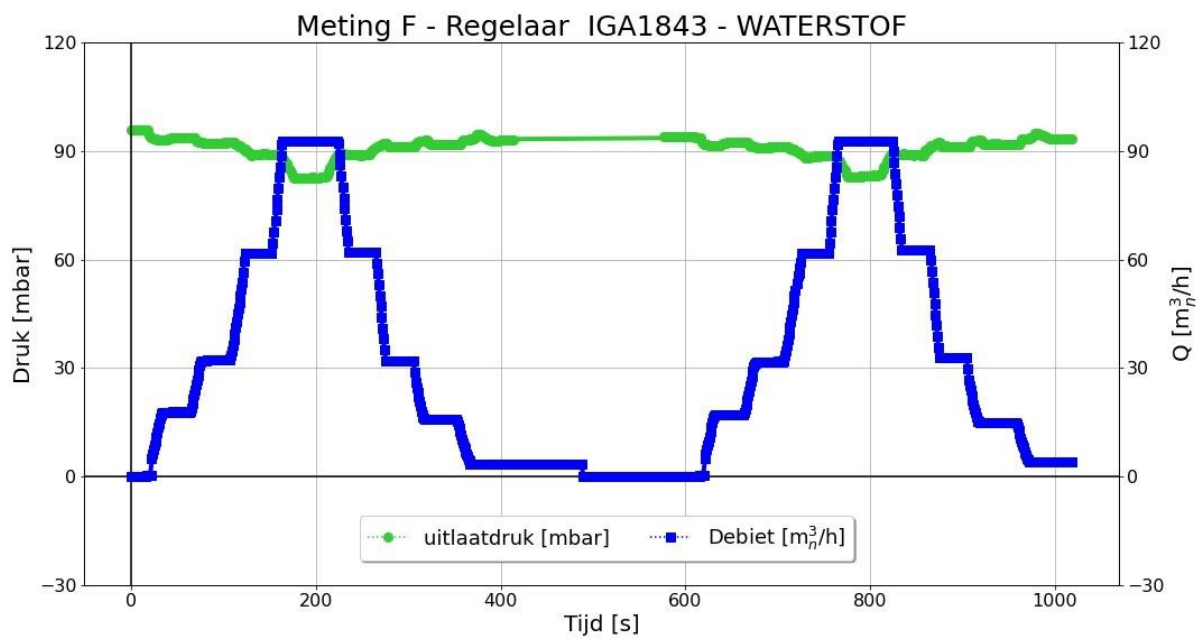


Herhaling: bepaling drukstabiliteit **waterstof**

X Grafiek drukstabiliteit IGA1843 (tweede meting)



Herhaling: bepaling drukstabiliteit **aardgas**



Herhaling: bepaling drukstabiliteit **waterstof**



## XI Geluidsemissies per regelaar

De geluidsmetingen gedurende alle capaciteitstesten zijn uitgevoerd met Bruel & Kjaer 2250 analyzer, gemonteerd op een statief. Deze analyzer kan verschillende doorsneden maken van het gemeten geluid zoals hieronder aangegeven.

LAFmax	Het maximum niveau met een oppervlak gewogen gemiddelde frequentie en een “fast time” response.
LASmax	Het minimum niveau met een oppervlak gewogen gemiddelde frequentie en een “fast time” response.
LAeq	De “oppervlak gewogen gemiddelde equivalent” van het geluidsniveau spectrum, gebaseerd op een minimaal aantal metingen per tijdseenheid. Hierdoor vallen kortstondige, hoge metingen weg in dit gemiddelde.
LASmax	Het maximum niveau met een oppervlak gewogen gemiddelde frequentie en een “slow time” response.
LAFmin	Het minimum niveau met een oppervlak gewogen gemiddelde frequentie en een “slow time” response.

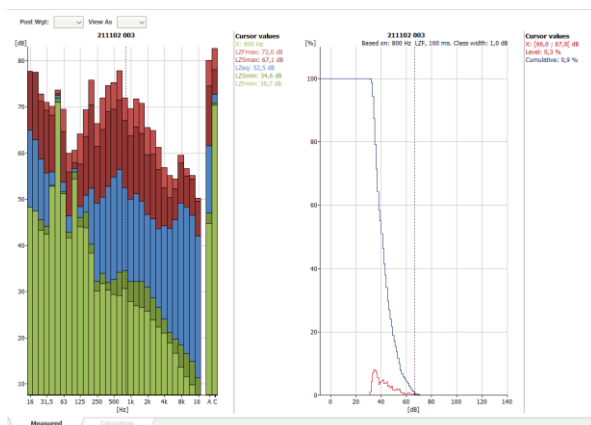
Onderstaande gegevens zijn screenshots van de meetgegevens zoals die door de analyzer worden uitgewerkt middels de software van de leverancier. Hierin is zowel het spectrum (staafdiagram) als het cumulatieve geluidsspectrum (normaalverdeling) te zien. De oppervlakte gewogen gemiddelde equivalent (LAeq) is gebruikt voor het vergelijk tussen **aardgas** en **waterstof**.

### Itron 233 regelaar

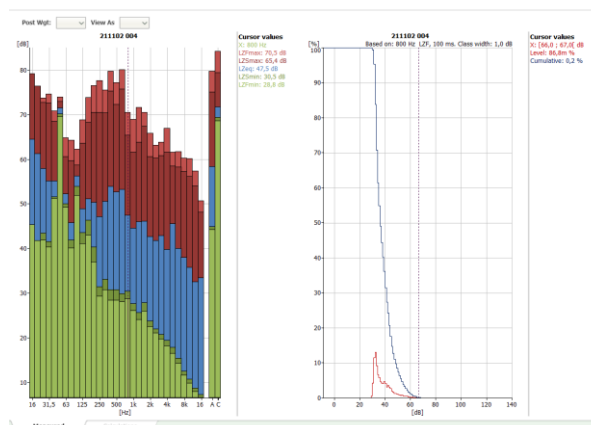
Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L.Aeq	L.Cpeak	L.AFmax	L.AFmin	Overload
Total	02/11/2021 11:31:27	02/11/2021 11:36:02	06:00:35	61,6	94,7	85,1	48,8	0,0

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L.Aeq	L.Cpeak	L.AFmax	L.AFmin	Overload
Total	02/11/2021 13:37:28	02/11/2021 14:06:02	06:11:34	58,4	93,2	76,8	46,3	0,0



Aardgas  
LAeq = 61,6 dB

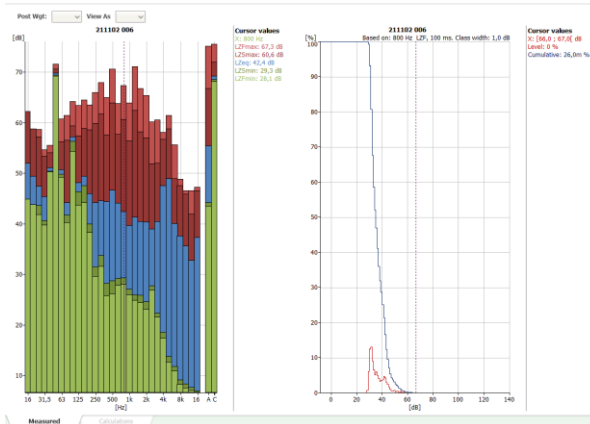


Waterstof  
LAeq = 58,4 dB

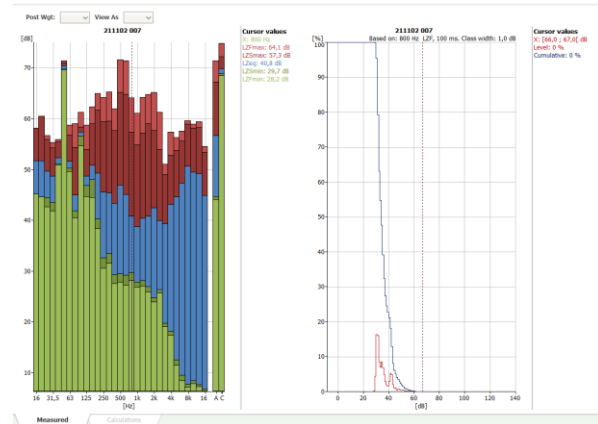
Elster Instromet regelaar

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L <sub>Aeq</sub> [dB]	L <sub>Cpeak</sub> [dB]	L <sub>Amax</sub> [dB]	L <sub>Amin</sub> [dB]	Overload
211102 006								
Total	02/11/2021 15:23:54	02/11/2021 15:36:21	00:06:27	55,4	94,3	75,1	43,5	0,0

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L <sub>Aeq</sub> [dB]	L <sub>Cpeak</sub> [dB]	L <sub>Amax</sub> [dB]	L <sub>Amin</sub> [dB]	Overload
211102 007								
Total	02/11/2021 16:06:54	02/11/2021 16:15:07	00:05:13	56,7	92,7	71,4	44,1	0,0



Aardgas  
L<sub>Aeq</sub> = 55,4 dB

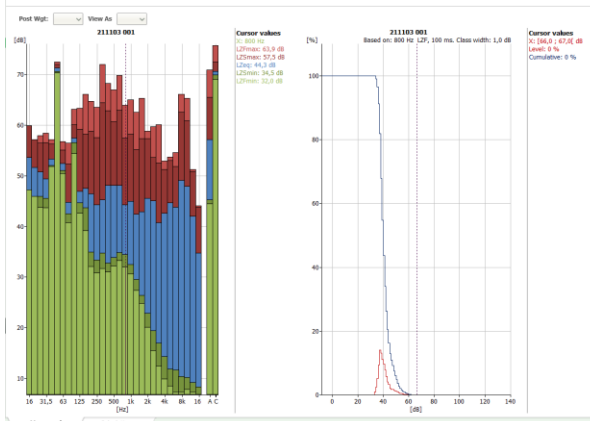


Waterstof  
L<sub>Aeq</sub> = 56,7 dB

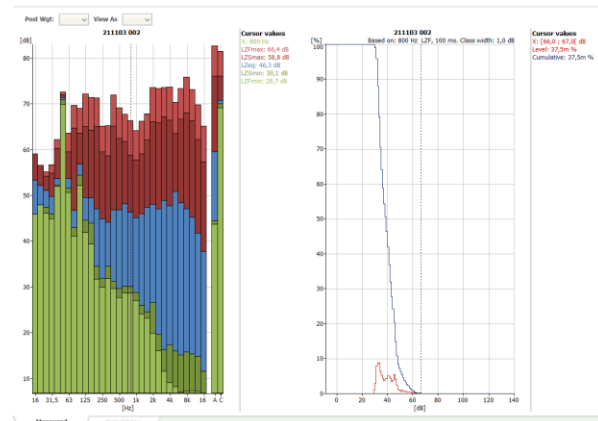
Florentini Dival 600 regelaar

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L <sub>Aeq</sub> [dB]	L <sub>Cpeak</sub> [dB]	L <sub>Amax</sub> [dB]	L <sub>Amin</sub> [dB]	Overload
211103 001								
Total	03/11/2021 11:10:05	03/11/2021 11:17:51	00:07:46	57,1	96,7	76,9	44,3	0,0

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L <sub>Aeq</sub> [dB]	L <sub>Cpeak</sub> [dB]	L <sub>Amax</sub> [dB]	L <sub>Amin</sub> [dB]	Overload
211103 002								
Total	03/11/2021 11:50:05	03/11/2021 11:54:35	00:04:30	59,6	96,6	82,6	43,8	0,0



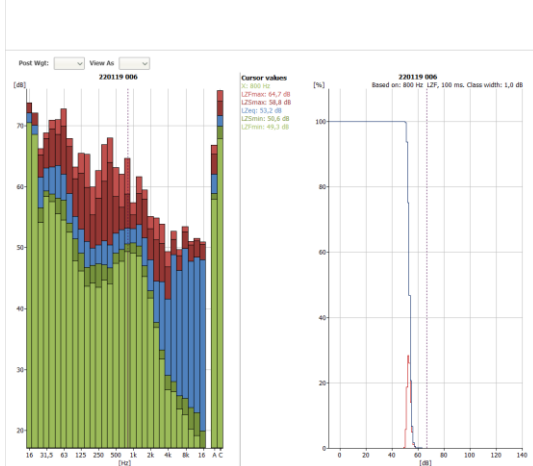
Aardgas  
L<sub>Aeq</sub> = 57,1 dB



Waterstof  
L<sub>Aeq</sub> = 59,6 dB

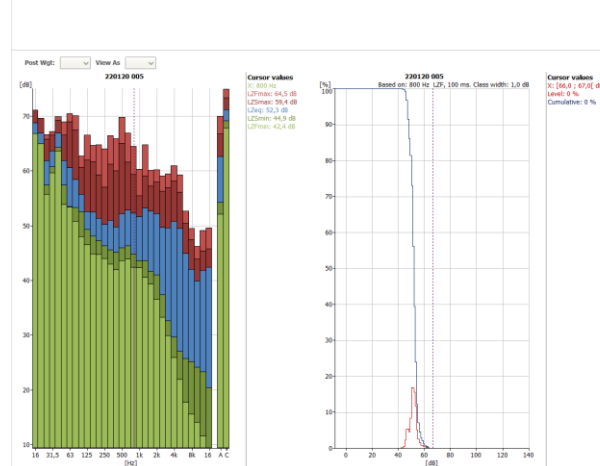
IGA1843 regelaar

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L[Aeq] [dB]	L[Cpeak] [dB]	L[Afmax] [dB]	L[Afmin] [dB]	Overload [%]
Total	15/01/2022 15:05:28	15/01/2022 15:07:47	00:02:27	62,1	62,1	62,6	59,3	0,0



Aardgas  
 LAeq = 62,1 dB

Measurement	Start Time	Stop Time	Elapsed Time	L[Aeq] [dB]	L[Cpeak] [dB]	L[Afmax] [dB]	L[Afmin] [dB]	Overload [%]
Total	20/01/2022 11:25:43	20/01/2022 11:28:57	00:03:14	62,6	62,6	63,0	59,3	0,0



Waterstof  
 LAeq = 62,6 dB

## XII Meetgegevens per regelaar

		Ma, 1 nov		Di, 2 nov		Wo, 3 nov		Vr, 5 nov	
<b>Meetnummer 1<sup>A</sup></b>									
Dichtheid VA (optie 1)		Optie 1, itron		Optie 2, elster		Optie 3, dival		Optie 4, IGA1843	
Dichtheid VAK (optie 4)		CH4	H2	CH4	H2	CH4	H2	CH4	H2
t (min)	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]
0		87,7	86,6	x	x	x	x	103,1	108,5
15		85,3	84,5	x	x	x	x	103,3	107,2
Delta P	(mbar)	2,4	2,1	x	x	x	x	0,2	1,3
Tijd	(min)	15	15	x	x	x	x	15	15
Stijging/daling <sup>B</sup>		daling	daling	x	x	x	x	stijging	daling
Drukvariatie	(mbar/min)	0,16	0,14	x	x	x	x	0,01	0,09
Inhoud	(dm <sup>3</sup> )	15,53	15,53	x	x	x	x	0,5	0,5
Lekkage	(mm <sup>3</sup> /s)	37,8	33,1	x	x	x	x	0,1	0,6
Waarde voldoet aan lekrate C	ja/nee	ja	ja	x	x	x	x	ja	ja
<b>Meetnummer 2/4</b>									
Reactie VA	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]
		180	182	x	x	x	x	163	164
		180	181	x	x	x	x	162	162
		180	180	x	x	x	x	161	160
Reactie VAK	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]
		179	179	195	195	182	180	200	199
		179	179	194	194	181	180	195	197
		181	177	196	193	181	179	195	201
<b>Meetnummer 3/5<sup>A</sup></b>									
Dichtheid VAKAAN (opties 1, 2 en 3)	t (min)	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]
Dichtheid VAKAAN (optie 4)									
	0	87,7	0,1	4,9	2,3	84,5	89,4	-1,3	0
	15	84,6	0,5	7,3	3,3	81,0	82,7	-1,3	0,2
Delta P	(mbar)	3,1	0,4	2,4	1,0	3,5	6,7	0	0,2
Tijd	(min)	15	15	15	15	15	15	15	15
Stijging/daling <sup>B</sup>		daling	stijging	stijging	stijging	daling	daling	geen	stijging
Drukvariatie	(mbar/min)	0,21	0,03	0,16	0,07	0,23	0,45	0,00	0,01
Inhoud	(dm <sup>3</sup> )	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	0,5	0,5
Lekkage	(mm <sup>3</sup> /s)	27,7	5,8	23,1	9,6	31,4	60,0	0,0	0,1
Waarde voldoet aan lekrate C	ja/nee	ja	ja	ja	ja	ja <sup>C</sup>	ja <sup>C</sup>	ja	ja
<b>Meetnummer 6</b>									
Sluitdruk	(mbar)	108,0	108,8	105,3	102,5	117,0	107,0	100,2	99,1
		@ 32m3/hr	@ 90m3/hr	@ 27m3/hr	@ 86m3/hr	@ 30m3/hr	@ 95m3/hr	@ 2,7m3/hr	@ 4,8m3/hr
		108,0	108,2	105,4	102,1	121,0	106,0	100,4	99,1
		@ 32m3/hr	@ 90m3/hr	@ 30m3/hr	@ 98m3/hr	@ 35m3/hr	@ 96m3/hr	@ 2,7m3/hr	@ 4,8m3/hr
<b>Meetnummer 7/8</b>									
Capaciteit en regelgedrag		zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek
		zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek	zie grafiek
<b>A</b>									
<u>Toelichting testen dichtheid bij opties 1, 2 en 3</u>									
Uitsluiten van uitwendige lekkages door afzepen installatie na inbouw regelaar.									
Vastgesteld dat handbediende afsluiter op de uitlaat van het gasstation dicht is.									
Vastgesteld dat handbediende afsluiter op de uitlaat van het buffer dicht is.									
Dichtheid VA door VA te sluiten (voordruk 3 bar), VAK open te laten en handbediende afsluiter tussen VAK en buffervat te sluiten.									
Dichtheid VAK/AAN gemeten door VA open te laten (3 bar) - VAK te sluiten en handbediende afsluiter tussen VAK en buffervat te sluiten.									
De dichtheid van VA blijft voor iedere regelaar hetzelfde.									
<u>Toelichting testen dichtheid bij optie 4</u>									
Uitsluiten van uitwendige lekkages door afzepen installatie.									
Vastgesteld dat handbediende afsluiter op uitlaat HAS volledig afdicht.									
Druk voor VAK is 3 bar, druk tussen VAK en VAKAAN is ongeveer 100 mbar, druk in buffervat is 0 mbar.									
Drukdalingen of drukstijgingen van 1 tot 2 mbar in de meettijd van 15 minuten zijn mogelijk een gevolg van temperatuurvariatie.									
Een tiende graad Celcius wijziging van gastemperatuur zorgt voor een verschil in druk van 0,4 mbar.									
<b>B</b>									
Daar waar sprake is van een drukstijging zal deze het gevolg zijn van een inwendige lekkage en/of een temperatuurstijging.									
Er is immers vastgesteld dat er geen sprake is van een uitwendig lek dat zichtbaar is te maken met lekzoekspray en de handbediende afsluiters stroomafwaarts zijn lekdicht bevonden.									
Daar waar sprake is van een drukkaling zal de inwendige lekkage naar verwachting in ieder geval kleiner zijn dan het genoemde debiet.									
<b>C</b>									
Lekrate C is < 150 mm <sup>3</sup> /s (3 * DN 50).									
Geringe lekkage bij aansluiting meetpunt druksensor P2, deze was niet te verhelpen. De waargenomen lekkage zal grotendeels de lekkage op dit punt betreffen.									