



Afstudeerverslag

# LEKDETECTIE APPARATUUR

*Auteur  
School  
Opleiding  
Afstudeerbedrijf  
Document  
Datum*

*Mark van Oostende  
Hogeschool Rotterdam  
Civiele Techniek  
Brabant Water  
Afstudeerverslag  
14 juni 2016*

## Algemene Gegevens

|                             |                                        |
|-----------------------------|----------------------------------------|
| <b>Afstudeeronderwerp:</b>  | Lekdetectie apparatuur                 |
| <b>Afstudeerbedrijf:</b>    | Brabant Water                          |
| <b>Afdeling:</b>            | Distributie - Watervoorziening         |
| <b>Bedrijfsbegeleider:</b>  | Tico Michels                           |
| <b>Locatie:</b>             | 's-Hertogenbosch                       |
| <b>Objectomschrijving :</b> | Afstudeerverslag                       |
| <b>Datum opmaak:</b>        | 14-06-2016                             |
| <b>Opleiding :</b>          | Civiele Techniek, Hogeschool Rotterdam |
| <b>Student:</b>             | Mark van Oostende, 0863976             |
| <b>Klas:</b>                | civ15-41                               |
| <b>Studiejaar:</b>          | 2015-2016                              |
| <b>Instituut:</b>           | Instituut voor Gebouwde omgeving (IGO) |
| <b>Docentbegeleider:</b>    | Rolin Rolloos                          |
| <b>2e docentbegeleider:</b> | Anabel Mendez Lorenzo                  |
| <b>versie :</b>             | 1                                      |
| <b>Status:</b>              | Definitief                             |

## Voorwoord

Als afsluiting van de HBO opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam is het afstudeeronderzoek naar lekdetectie apparatuur uitgevoerd. Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van het drinkwaterbedrijf Brabant Water. Over de periode van 3 februari tot en met 14 juni 2016 is gewerkt aan het afstudeerverslag dat nu voor u ligt.

Het doel van het onderzoek is de kennis over lekdetectie apparatuur te vergroten voor Brabant Water. Het onderzoek is ingegaan op lekdetectie apparatuur die door nationale en internationale bedrijven wordt aangeboden, de hoeveelheid lekverlies bij Brabant Water, de lekdetectie apparatuur die voor Brabant Water het meest geschikt is en welke kennis bij Brabant Water nog ontbreekt voor het inzetten van lekdetectie apparatuur. De doelgroep van dit afstudeerverslag zijn de medewerkers van Brabant Water.

Tijdens mijn afstuderen heb ik veel mogelijkheden gekregen om medewerkers te betrekken bij het afstudeeronderzoek, theoretische bevindingen te testen in de praktijk en naar buiten te treden met mijn bevindingen, hiervoor wil ik Brabant Water hartelijk bedanken. In het bijzonder bedank ik mijn bedrijfsbegeleider Tico Michels en Egbert Zaadstra als initiatiefnemer van de afstudeeropdracht naar lekdetectie apparatuur. Zij hebben bijgedragen aan het verhogen van de kwaliteit en het efficiënt uitvoeren van het afstudeeronderzoek. Daarnaast gaat mijn dankbetuiging uit naar alle medewerkers van Brabant Water die een bijdrage hebben geleverd aan het afstudeeronderzoek.

Mijn dankbetuiging gaat ook uit naar de externe bedrijven en medewerkers die een bijdrage hebben geleverd om mijn kennis over lekdetectie apparatuur te vergroten. Mario Wildschut (Oasen), Rob Tukker (Esders), Jack Westhoeve (Schmidt Watertechnieken), John van Doornik (Quasset), Siemen van der Heide en Rudy Dijkstra (Acquaint).

Als laatste wil ik mijn ouders en Rolin Rolloos bedanken voor hun ondersteuning tijdens de afstudeerperiode.

Den Bosch, 1 juni 2016

Mark van Oostende

## Samenvatting

Het drinkwaterbedrijf Brabant Water heeft te maken met een verouderende leeftijd van het distributienetwerk. Hierdoor is de verwachting dat het aantal lekkages de komende jaren gaat toenemen. Bij een lek in de leiding wordt onopgemerkt drinkwater verloren en ontstaan er snel merkbare gevolgen voor de omgeving. Door negatieve nieuwsberichten over lekkages in het distributienetwerk leidt Brabant Water aan imago schade.

Door Brabant Water is het afstudeeronderzoek naar lekdetectie apparatuur geïnitieerd. Het doel van het afstudeeronderzoek is om de kennis over lekdetectie apparatuur te vergroten voor Brabant Water. De hoofdvraag dat tijdens dit afstudeeronderzoek is beantwoord luidt als volgt:

*Welke lekdetectie apparatuur voor waterleidingen is beschikbaar en onder welke omstandigheden zijn deze toepasbaar voor Brabant Water zelf en hun internationale projecten? Welke kennis ontbreekt er bij monteurs binnen Brabant Water over lekdetectie en wat is ervoor nodig om deze kennis over te dragen?*

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn veel interviews met medewerkers van Brabant Water en extern deskundigen gehouden. Doormiddel van deskresearch is een marktinventarisatie gemaakt over lekdetectie apparatuur die door nationale- en internationale bedrijven wordt aangeboden. Om het aantal lekdetectie apparatuur terug te brengen naar vier lekdetectie apparatuur die voor Brabant Water het meeste potentie hebben is een voorselectie uitgevoerd. De lekdetectie apparatuur met het meeste potentie voor Brabant Water zijn vervolgens beoordeeld in een Multicriteria Analyse. Naar aanleiding van de Multicriteria Analyse is een kosten- en batenanalyse opgesteld om te beoordelen of het ook financieel gezien interessant is voor Brabant Water om te investeren in de lekdetectie apparatuur. Het afstudeeronderzoek is afgesloten met een praktijkproef en twee pilots om praktijkervaring op te doen met de lekdetectie apparatuur.

Uit het afstudeeronderzoek is gebleken dat de ruislogger, ruislogger correlator en grondmicrofoon de lekdetectie apparatuur is die voor Brabant Water het meeste potentie hebben. De kosten- en batenanalyse heeft echter een negatieve uitkomst gehad. De oorzaak hiervoor was dat het veel arbeid kost om het hele distributienetwerk van Brabant Water te inspecteren met de lekdetectie apparatuur. De praktijkproef had als uitkomst dat een lek van 1,5 m<sup>3</sup>/h te detecteren is. Tijdens de pilots is gebleken dat twee ruisloggers die op afsluiters geplaatst waren over een afstand van 1270 meter een lek met een nauwkeurigheid van 9 meter konden detecteren.

Wat ik Brabant Water aan wil bevelen is door te gaan met lekdetectie apparatuur. Aan de ene kant door meer praktijkervaring op te doen met het inzetten van de lekdetectie apparatuur die al aanwezig is en aan de andere kant meer onderzoek te doen naar hoe de lekdetectie apparatuur zo effectief mogelijk ingezet kan worden. De medewerkers van Brabant Water die betrokken zijn geweest bij de praktijkproef en pilots weten ondertussen waar de lekdetectie apparatuur te vinden is en hoe deze werkt. Voor Brabant Water is hierdoor de mogelijkheid ontstaan om op een efficiënte manier lekken te detecteren en biedt de lekdetectie apparatuur wellicht ook de mogelijkheid om in te zetten bij de buitenlandse projecten.

## Summary

The drinking water company Brabant Water has to deal with a senescent age of the distribution network. The upcoming years an increase of the number of leakages is expected. Due to a leakage drinking water escapes unnoticed and quickly causes nuisance for the surrounding area. Brabant Water suffers from image damage due to negative news about a leakage in the distribution network.

The graduation assignment about leak detection equipment has been initiated by Brabant Water. The goal of the graduation assignment is to increase the knowlegde about leak detection equipment for Brabant Water. The main question which is answered during this research is as follows:

*Which leak detection equipment is available for burried water pipes and under what circumstances are they useful for Brabant Water and their international projects? Which knowlegde about applying leak detection equipment is missing by mechanics whitin Brabant Water and what is neccesary to transfer this knowlegde?*

Many interviews were held with employees of Brabant Water and external experts to be able to answer the main question. A market survey about leak detection equipment offered by national- and international companies took place by desk research. To reduce the number of leak detection equipment to a maximum of four solutions with the most potention for Brabant Water a first selection is described in the graduation document. The leak detection equipment with the best potention for Brabant Water are evaluated in a Multi Criteria Analyse. To evaluate if it is interesting for Brabant Water to invest in leak detection equipment a cost-benefit analyses is conducted after the Multi Criteria Analyse. The research is closed wih a field test and two pilots too gain experience with the leak detection equipment.

The graduation project has revealed that the noise logger, noise logger correlator and ground microphone are leak detection equipment with the best potention for Brabant Water. The cost-benefit analyses was evaluated with an negative outcome. The cause for the negative outcome was the high amount of labour that must be invested to inspect the whole distribution network with the leak detection equipment. The fieldtest had as outcome that the leak detection equipment was able to detect a leakage with a flow of 1,5 m<sup>3</sup>/h. During the pilots were two noise loggers placed on two valves with a distance between them of 1270 metres and detected a leak with an accuracy of 9 metres.

I would like to recommend Brabant Water to continue with leak detection equipment. On one side to gain more experience with the leak detection equipment that is already available and on the other side to do more research on how the leak detection equipment can be deployed as effectively as possible. The employees of Brabant Water that were involved in the field test and pilots meanwhile know where to find the leak detection equipment and know how to use it. For Brabant Water there is an opportunity now to find leakages in the distribution network with higher efficiency and use the leak detection equipment for their international projects.

## Begrippenlijst

|                              |                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aansluitleiding:             | Een een leiding die een distributieleiding, bij voorkeur een secundaire- of tertiaire leiding, verbindt met de watermeteropstelling. Per perceel is één wateraansluiting toegestaan. |
| Afsluiter:                   | Een metalen object in het distributienetwerk in de vorm van een schuif of klep waarmee delen van het net van elkaar gescheiden kunnen worden.                                        |
| Brandkraan:                  | Een aansluiting voor de brandweer op het distributienetwerk.                                                                                                                         |
| Debiet:                      | Een grootte voor de hoeveelheid vloeistof of gas die over een bepaalde tijd door een medium stroomt.                                                                                 |
| Distributienetwerk:          | Het leidingnetwerk waarmee vanaf het waterproductiebedrijf naar de gebruiker het drinkwater door wordt getransporteerd.                                                              |
| Distributieverlies:          | Drinkwaterverliezen die optreden vanaf het moment dat het drinkwater het waterproductiebedrijf verlaat tot aan de watermeter van de gebruiker.                                       |
| Drinkwaterbranchevereniging: | Vereniging van drinkwaterbedrijven, in Nederland is dit VEWIN.                                                                                                                       |
| Gebruiker:                   | Een perceel met dat door een aansluitingleiding is aangesloten op het distributienetwerk van Brabant Water.                                                                          |
| Hydrant:                     | Een punt ondergronds punt in het distributienetwerk voor een brandkraan.                                                                                                             |
| Lek:                         | Een beschadiging aan een drinkwaterleiding waardoor water verloren gaat.                                                                                                             |
| Productieverliezen:          | Waterverliezen die optreden bij het waterproductiebedrijf.                                                                                                                           |
| Reparatie:                   | Een kapotte leiding die na aanleiding van een storingsmelding gerepareerd moet worden.                                                                                               |
| Spuiverbruik:                | Water dat wordt verbruikt om drinkwaterleidingen mee te reinigen.                                                                                                                    |
| Verbruiksgebied:             | Hydraulisch afgebakend deel van het voorzieningsgebied van Brabant Water waar de levering plaats vindt door één of meerdere waterproductiebedrijven en/of opjagers.                  |
| Voorzieningsgebied:          | Het gebied waar Brabant Water de concessie voor de levering van drinkwater voor heeft.                                                                                               |
| Waterproductiebedrijf:       | De locatie waar water wordt opgepompt, gezuiverd tot drinkwater.                                                                                                                     |

## Afkortingen

|        |                                    |
|--------|------------------------------------|
| AC:    | Asbestcement                       |
| GIJ:   | Gietijzer                          |
| MCA:   | Multicriteria Analyse              |
| NIRGV: | Niet in Rekening Gebracht Verbruik |
| OLM:   | Ondermaatse Leverings Minuten      |
| PE:    | Polyetheen                         |
| PVC:   | Polyvinylchloride                  |
| WPB:   | Waterproductiebedrijf              |

## Tabellenlijst

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1 Distributiegegevens Brabant Water 2011 – 2015 [1] .....                                   | 2  |
| Tabel 2 Samenvatting interviews medewerkers Brabant Water .....                                   | 7  |
| Tabel 3 Lekdetectie apparatuur van het bedrijf Primayer .....                                     | 8  |
| Tabel 4 Lekdetectie apparatuur die door de markt wordt aangeboden.....                            | 9  |
| Tabel 5 Effectentabel.....                                                                        | 14 |
| Tabel 6 Beoordeling lekdetectieapparatuur per buismateriaal .....                                 | 15 |
| Tabel 7 Snelheid waarmee de lekdetectie apparatuur een lek opspoord .....                         | 16 |
| Tabel 8 Arbeid uitgedrukt in uren die nodig is om het een te detecteren.....                      | 16 |
| Tabel 9 Gestandaardiseerde effectentabel met een schaal verdeling van 0 t/m 1 .....               | 16 |
| Tabel 10 Eerdere ervaringen met de ruislogger correlatoren door andere drinkwaterbedrijven.....   | 18 |
| Tabel 11 Ruislogger correlatoren die aangeboden worden door de bedrijven .....                    | 18 |
| Tabel 12 Aanschafkosten lekdetectie apparatuur [37] .....                                         | 21 |
| Tabel 13 Arbeidskosten voor het inzetten van lekdetectie apparatuur over een afstand van 5 km.... | 22 |
| Tabel 14 Meteropnames 2011-2015 [1] .....                                                         | 23 |
| Tabel 15 Samenvatting van de berekening naar het distributieverlies.....                          | 23 |
| Tabel 16 Samenvatting berekening lekverlies.....                                                  | 23 |
| Tabel 17 Baten voor het voorkomen van lekverlies.....                                             | 23 |
| Tabel 18 Baten voor het verminderen van reparaties en voorkomen van schade aan derden .....       | 24 |
| Tabel 19 Samenvatting kosten- en batenanalyse .....                                               | 24 |
| Tabel 20 Lekdetectie apparatuur die getest wordt tijdens de praktijkproeven .....                 | 26 |
| Tabel 21 Samenvatting: resultaten praktijkproef met de ruislogger correlator .....                | 26 |
| Tabel 22 Samenvatting drukverliezen door wrijving en vernauwing of verwijding [47] .....          | 29 |
| Tabel 23 Samenvatting berekening lekverlies.....                                                  | 36 |
| Tabel 24 Overzicht van kosten en baten voor het inzetten van de lekdetectie apparatuur .....      | 37 |

## Inhoud

|     |                                    |    |
|-----|------------------------------------|----|
| 1.  | Inleiding .....                    | 1  |
| 1.1 | Introductie .....                  | 1  |
| 1.2 | Aanleiding .....                   | 1  |
| 1.3 | Probleemstelling .....             | 2  |
| 1.4 | Hoofdvraag .....                   | 3  |
| 1.5 | Deelvragen .....                   | 4  |
| 1.6 | Leeswijzer .....                   | 4  |
| 2.  | Opdrachtgever .....                | 5  |
| 2.1 | Over Brabant Water .....           | 5  |
| 2.2 | Projecten distributieverlies ..... | 6  |
| 2.3 | Interviews medewerkers .....       | 6  |
| 3.  | Marktinventarisatie .....          | 8  |
| 3.1 | Marktverkenning .....              | 8  |
| 3.2 | Lekdetectie apparatuur .....       | 9  |
| 4.  | Keuze Lekdetectie Apparatuur ..... | 13 |
| 4.1 | Voorselectie .....                 | 13 |
| 4.2 | Multicriteria Analyse .....        | 14 |
| 4.3 | Ruislogger Correlator .....        | 18 |
| 4.4 | Validatie .....                    | 19 |
| 4.5 | Conclusie .....                    | 20 |
| 5.  | Kosten- en Batenanalyse .....      | 21 |
| 5.1 | Kosten .....                       | 21 |
| 5.2 | Baten .....                        | 22 |
| 5.3 | Conclusie .....                    | 24 |
| 6.  | Praktijkproef .....                | 25 |
| 6.1 | Vorbereiding .....                 | 25 |
| 6.2 | Resultaten .....                   | 26 |
| 6.3 | Hydraulische berekening .....      | 28 |
| 7.  | Pilots .....                       | 30 |
| 7.1 | Pilot Haaren .....                 | 30 |
| 7.2 | Pilot Cranendonk .....             | 32 |
| 8.  | Conclusie .....                    | 34 |
| 9.  | Aanbeveling .....                  | 38 |
|     | Bibliografie .....                 | 39 |



# 1. Inleiding

## 1.1 Introductie

Brabant Water is het drinkwaterbedrijf in Noord-Brabant (Figuur 1). Als drinkwaterbedrijf produceert en distribueert Brabant Water drinkwater voor haar gebruikers.

Tijdens het produceren en distribueren van het drinkwater gaat een deel verloren. Dit verloren drinkwater wordt niet door de gebruiker afgerekend en wordt ook wel 'Niet In Rekening Gebracht Verbruik (NIRGV)' genoemd. Bij Brabant Water is het NIRGV percentage 5,1% [1]. Echter ligt het NIRGV percentage in het buitenland rond de 20% [2].



Figuur 1 Drinkwaterbedrijven Nederland [48]

Met dit afstudeerverslag wordt een onderzoek uitgevoerd naar lekdetectie apparatuur. De lekdetectie apparatuur heeft als doel om kleine lekken in drinkwaterleidingen op te sporen. Hiermee wordt overlast aan de gebruikers voorkomen. Het NIRGV, het aantal Ondermaatse Leverings Minuten (OLM) en kosten die gemaakt moeten worden voor het repareren van een lek worden verminderd door het vroegtijdig opsporen van een lek.

## 1.2 Aanleiding

Binnen Brabant Water is momenteel beperkte kennis aanwezig over het efficiënt opsporen van een lek. Het uitvoeren van een onderzoek naar lekdetectie apparatuur moet bijdragen aan het vergroten van de kennis binnen Brabant Water over het toepassen van lekdetectie apparatuur.

Brabant Water heeft 30 waterproductiebedrijven, ruim 18.149km distributieleidingen en 7.000km aansluitleidingen. De drinkwaterleidingen bestaan uit diverse buismaterialen. Materialen die het meeste voor komen zijn Polyvinylchloride (PVC), Asbestcement (AC) en Gietijzer (GIJ). Deze leidingen variëren van grote distributieleidingen Ø1200mm tot aansluitleidingen Ø25mm. Het drinkwater in de leidingen staat onder druk. Bij een lek in de leiding ontstaan al snel merkbare gevolgen voor de omgeving. Voor Brabant Water is het interessant om onderzoek te doen naar lekdetectie apparatuur om de volgende redenen;

1. Het detecteren van lekken leidt tot een efficiëntere distributie van het drinkwater en voorkomt inefficiënte graafwerkzaamheden tijdens een storing;
2. Het vroegtijdig opsporen van kleine lekken in een leiding voorkomt dat deze groter worden en leiden tot een leidingbreuk;
3. Met het snel oplossen of voorkomen van een leidingbreuk wordt overlast aan de gebruiker en stakeholders voorkomen. Dit vergroot het publieke vertrouwen in Brabant Water;
4. Brabant Water heeft internationale partnerships met drinkwaterbedrijven in Colombia, Benin en Macedonië [3]. Brabant Water kan in deze landen van meerwaarde zijn door kennis te delen over lekdetectie apparatuur en hiermee bijdragen aan het beperken van het NIRGV.

### 1.3 Probleemstelling

Als drinkwaterbedrijf heeft Brabant Water te maken met een verouderend distributienetwerk [4]. Het gevolg van het verouderende distributienetwerk is dat leidingen eerder lekken vertonen en het aantal reparaties die aan leidingen moeten worden uitgevoerd toenemen. Hierdoor nemen het NIRGV, de OLM en overlast aan de gebruikers toe. De lekken in het distributienetwerk kunnen voor een deel voorkomen worden door het inzetten van lekdetectie apparatuur. Nationaal en internationaal zijn veel bedrijven actief die lekdetectie apparatuur aanbieden. Brabant Water wilt aan de hand van dit afstudeeronderzoek graag meer kennis opdoen over lekdetectie apparatuur.

#### 1.3.1 Niet In Rekening Gebracht Verbruik

Het NIRGV percentage bij Brabant Water is opgebouwd uit productie verliezen en distributieverliezen. In Tabel 1 staan de distributiegegevens over 2011 t/m 2015, het gemiddelde distributieverlies komt op 2,4% per jaar uit. De grootste oorzaken voor het distributieverlies zijn [5]:

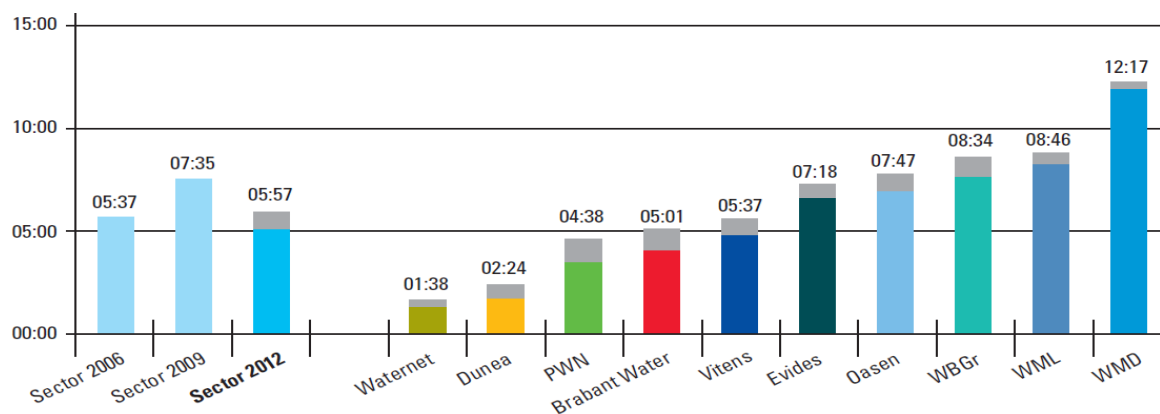
- Lekken distributienetwerk;
- Administratieve lekken;
- Niet geregistreerd gebruik;
- Spuiverbruik.

|             | Gedistribueerd (m <sup>3</sup> ) | Distirbutieverlies (m <sup>3</sup> ) | Distributieverlies |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| <b>2011</b> | 170.421.783                      | 4.073.838                            | 2,39%              |
| <b>2012</b> | 169.201.431                      | 4.110.606                            | 2,43%              |
| <b>2013</b> | 169.967.699                      | 4.129.280                            | 2,43%              |
| <b>2014</b> | 168.494.987                      | 3.456.712                            | 2,05%              |
| <b>2015</b> | 172.240.598                      | 4.598.994                            | 2,67%              |

Tabel 1 Distributiegegevens Brabant Water 2011 – 2015 [1]

#### 1.3.2 Ondermaatse Leverings Minuten

Vanuit de drinkwaterbranchevereniging Vewin wordt om de 3 jaar een prestatievergelijking tussen alle drinkwaterbedrijven in Nederland gehouden [6]. Bij de prestatievergelijking is een toetsingsonderdeel de Ondermaatse Leverings Minuten (OLM). De OLM geeft aan hoeveel minuten elke gebruiker door het jaar heen geen levering van drinkwater heeft ontvangen. De OLM is opgebouwd in OLM gepland en OLM door storingen. De OLM door storingen heeft als oorzaken graafschade door derden, slechte waterkwaliteit, productiestoringen en leidingbreuken. In 2012 stonden de OLM door storingen bij Brabant Water op 05:01 minuten per aansluiting, zie Figuur 2.



Figuur 2 Leveringsonderbrekingsduur per aansluiting (in mm:ss) door storingen [7]

### 1.3.3 Overlast aan gebruikers

Een lek in een leiding begint vaak klein en kan tot gevolg een leidingbreuk hebben. Door de leidingbreuk gaat in een korte tijd zeer veel water verloren en ontstaat overlast voor de gebruikers. Leidingbreuken die recentelijk in het nieuws zijn geweest door de grote overlast die zij met zich meebrachten zijn:

- Gesprongen hoofdwaterleiding in Amsterdam met grote gevolgen voor de Vrije Universiteit Amsterdam medisch centrum (VUmc) [8]. Figuur 3 weergeeft de schade die direct merkbaar waren voor de omgeving door de gesprongen hoofdwaterleiding;
- Breuk in de hoofdbuis van een waterleiding in Florence waarna de fundering van een wegdek met 20 geparkeerde auto's het begaf [9];
- Waterleiding springt in Mierlo, auto zakt weg in Heer van Rodestraat: 120 gezinnen zonder water [10].

Door de leidingbreuk moeten kosten worden gemaakt voor het repareren van de leiding en schade worden vergoed aan derden die overlast hebben ondervonden.



Figuur 3 Afbeelding van de gesprongen hoofdwaterleiding in Amsterdam

## 1.4 Hoofdvraag

*‘Welke lekdetectie apparatuur voor waterleidingen is beschikbaar en onder welke omstandigheden zijn deze toepasbaar voor Brabant Water zelf en hun internationale projecten? Welke kennis ontbreekt er bij monteurs binnen Brabant Water over lekdetectie en wat is ervoor nodig om deze kennis over te dragen?’*

## 1.5 Deelvragen

1. *Welke lekdetectie apparatuur zijn op de nationale- en internationale markt beschikbaar?*
2. *Welke lekdetectie apparatuur is het meest geschikt om lekken in een waterleiding op te sporen en hoe effectief werkt de lekdetectie apparatuur in de praktijk?*
3. *Welke resultaten zijn er met de lekdetectie apparatuur op een proefopstelling te behalen en hoe ziet het druk afname profiel eruit in het stroombeeld van de waterleiding door een lek?*
4. *Hoeveel Niet In Rekening Gebracht Verbruik kan voorkomen worden door de toepassing van lekdetectie en welke kosten en baten zijn te behalen met het inzetten van de lekdetectieapparatuur?*
5. *Welke ervaring op het gebied van lekdetectie is binnen Brabant Water aanwezig en wat is ervoor nodig om praktijkkennis over de toepassing van lekdetectie over te dragen aan monteurs in opleiding en monteurs die al in dienst zijn bij Brabant Water?*
6. *Hoe kan de opgedane kennis over lekdetectie apparatuur ook worden toegepast bij de internationale projecten van Brabant Water?*

## 1.6 Leeswijzer

Het afstudeerverslag is als volgt ingedeeld:

Hoofdstuk 2: Het ontstaan van Brabant Water en een inventarisatie van de kennis die binnen Brabant Water al aanwezig is over lekdetectie.

Hoofdstuk 3: Marktinventarisatie van lekdetectie apparatuur die wordt aangeboden door bedrijven.

Hoofdstuk 4: Op basis van een Multicriteria Analyse en een validatie door het drinkwaterbedrijf Oasen is de lekdetectie geselecteerd die voor Brabant Water het meest geschikt is.

Hoofdstuk 5: Aan de hand van een kosten- en batenanalyse is gekeken of het voor Brabant Water financieel gezien interessant is om te investeren in de lekdetectie apparatuur.

Hoofdstuk 6: Onder beïnvloedbare omstandigheden is ervaring met de lekdetectie apparatuur opgedaan tijdens een praktijkproef. Een berekening naar de invloed van het lek op het stroombeeld van de leiding is naar aanleiding van de praktijkproef uitgevoerd.

Hoofdstuk 7: Naar aanleiding van het afstudeeronderzoek zijn twee pilot projecten met de lekdetectie apparatuur uitgevoerd bij Brabant Water.

Hoofdstuk 8 & 9: Afsluiting van het afstudeeronderzoek met een conclusie en aanbeveling.

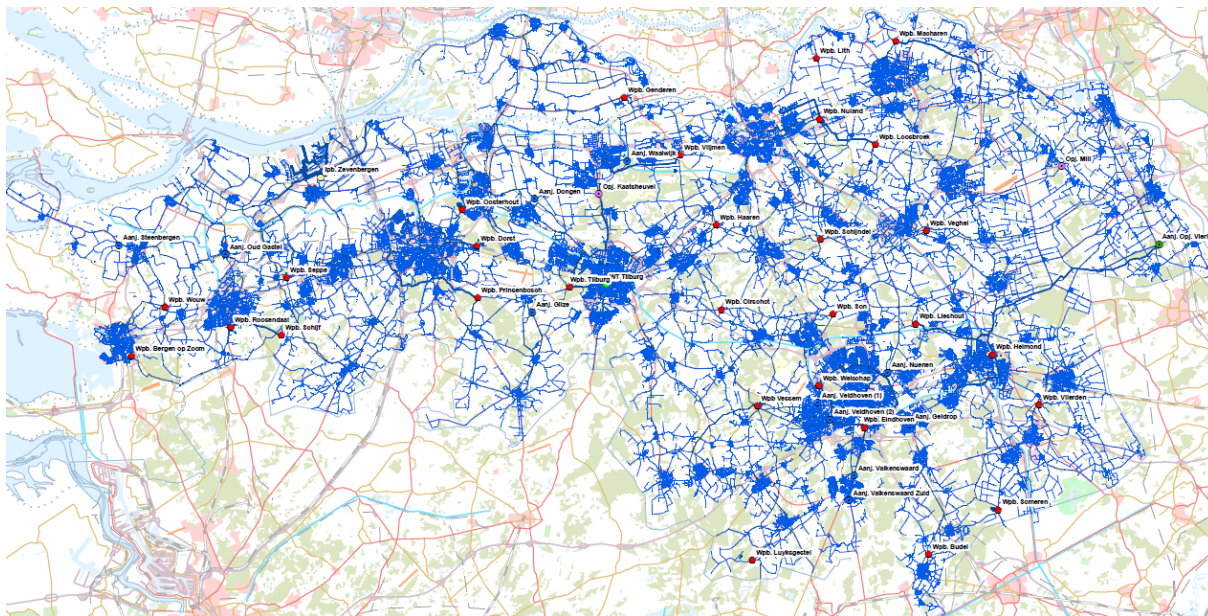


## 2. Opdrachtgever

De opdrachtgever van het afstudeeronderzoek naar lekdetectie apparatuur is Brabant Water. Brabant Water is een bedrijf dat door de jaren heen is ontstaan uit vele fusies van kleine drinkwaterbedrijven. Paragraaf 2.1 gaat in op het ontstaan van Brabant Water en de huidige vormgeving van de organisatie. Binnen Brabant Water lopen er bij elke sector projecten die bijdragen aan het beperken van het distributieverlies. Medewerkers die zich inzetten voor deze projecten staan weergegeven in paragraaf 2.2. In Paragraaf 2.3 staan enkele samenvattingen van de interviews die tijdens het afstudeeronderzoek zijn afgenomen bij medewerkers van Brabant Water.

### 2.1 Over Brabant Water

Brabant Water is een drinkwaterbedrijf dat grondwater wint, zuivert en drinkwater levert aan de gebruikers. Sinds 1887 zijn de eerste drinkwatervoorzieningen in Den Bosch en Roosendaal aangelegd, vanaf die tijd is er een waternetwerk over heel Noord-Brabant gerealiseerd [11]. In 1938 waren er over heel Nederland in totaal 229 drinkwaterbedrijven actief [12], vanaf dat jaar zijn drinkwaterbedrijven met elkaar gaan fuseren voor de efficiëntere productie en distributie van drinkwater. Brabant Water is ontstaan uit één van de laatste fusies tussen Waterleiding Maatschappij Noord-West-Brabant (WNWB) en Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant (WOB) in 2002. Hierbij is in 2006 het drinkwaterbedrijf van Tilburg nog bijgekomen. Bij Brabant Water werken momenteel ruim 800 medewerkers om in de drinkwaterbehoefte te voorzien van 2,5 miljoen mensen. Het huidige voorzieningsgebied van Brabant Water is weergegeven in Figuur 4. De baluwen lijnen in de figuur weergeven alle distributieleidingen die groter zijn dan 75mm.



Figuur 4 Voorzieningsgebied Brabant Water

## 2.2 Projecten distributieverlies

Distributieverliezen treden op vanaf het moment dat het drinkwater vanaf het Waterproductiebedrijf (WPB) het distributienetwerk wordt ingepompt. Al het drinkwater dat vanaf dat moment tot en met de watermeter van de gebruiker verloren gaat wordt gerekend tot het distributieverlies. Binnen Brabant Water lopen er bij alle sectoren projecten om het distributieverlies te beperken. Figuur 5 geeft weer welke projecten momenteel uitgevoerd worden voor het terugdringen van het distributieverlies.



Figuur 5 Projecten binnen Brabant Water op het gebied van distributieverlies

## 2.3 Interviews medewerkers

Tijdens het afstuderen zijn veel medewerkers betrokken bij het onderzoek naar lekdetectie apparatuur, een lijst van medewerkers die geïnterviewd zijn staan in '1 Bijlagen Interviews'. In Tabel 2 op de volgende pagina staan de interviews samengevat van medewerkers die al meer kennis op het gebied van lekdetectie hadden. De drie belangrijkste punten uit de interviews zijn:

1. Jaarlijks treden er bij Brabant circa 600 spontane reparaties op met als oorzaak een lek;
2. In het verleden gebruikten monteurs bij Brabant Water een schroevendraaier of stethoscoop om via een afsluiter een lek te detecteren in de leiding;
3. Op het regio kantoor in Eindhoven is een proefterrein aanwezig waar praktijkproeven met lekdetectie apparatuur uitgevoerd kunnen worden;
4. In het verleden is al eens een poging gedaan om met lekdetectie apparatuur lekken in het distributienetwerk op te sporen. Door hier geen resultaten mee hebben weten te behalen werd gestopt met het toepassen van lekdetectie apparatuur.

| Naam                                                                                               | Samenvatting interview                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Roel Diemel</b><br><i>adviseur<br/>asset-<br/>management</i><br>10 februari<br>2016             | De oorzaken van een lek kunnen zijn zetting, verkeersbelasting, wortelgroei en afname buisconditie. Jaarlijks treden er bij Brabant Water 600 storingen op met als oorzaak een lek. Door het verouderende distributienetwerk is in de toekomst de verwachting dat het aantal storingen toeneemt. De lekdetectie apparatuur die binnen Brabant Water recentelijk nog is toegepast is de Pipe-Inspector, waarmee vanuit de binnenkant van de buis doormiddel van een camera en geluid een inspectie wordt uitgevoerd.                                                                                                                                                                                             |
| <b>Wouter Huisman</b><br><i>adviseur<br/>asset-<br/>management</i><br>17 februari<br>2016          | De projectgroep meten & data binnen Brabant Water houdt zich bezig met innovatieve meettechnieken. District Meter Area's is hier één van en meet het in- en uitgaande drinkwater binnen een gebied. Op basis van het nachtelijke verbruik zouden lekken opgemerkt kunnen worden door een constante toename in de ingaande hoeveelheid drinkwater. Brabant Water laat jaarlijks buizen met een kritieke conditie inspecteren door het bedrijf Echologics. Door een geluidsopname te maken van de leiding wordt de restwanddikte bepaald en een lek opgespoord.                                                                                                                                                   |
| <b>Antoon van Ballengooij</b><br><i>sectieleider<br/>exploitatie</i><br>18 februari<br>2016        | Een grote leidingbreuk heeft vaak als oorzaak een klein lek dat door de jaren heen groter is geworden. Een oorzaak voor een lek kunnen graafwerkzaamheden zijn die in de buurt van de leiding hebben plaats gevonden. Vormen van lekdetectie die bij Antoon bekend zijn onder andere een lekverklikker (pijlbuis in matelbuis bij kritieke infrastructuur), een schroevendraaier of stethoscoop (tegen een afsluiter zetten om te luisteren naar geluid in de leiding) en de bodemmicrofoon om via de grond te luisteren naar geluiden die zich in de leiding afspelen.                                                                                                                                         |
| <b>Jos van de Graaf</b><br><i>sectieleider<br/>kwaliteits-<br/>bewaking</i><br>22 februari<br>2016 | Sinds 2009 zet Brabant Water zich in voor internationale projecten op het gebied van drinkwatervoorziening. Momenteel is Jos betrokken bij het project Acquavalle in Colombia. Onderwerpen tijdens dit project zijn NIRGV, drinkwaterkwaliteit en onderhoud distributienetwerk. Vanwege oude huiswatermeters vindt de registratie van waterverbruik niet goed plaats, dit is één van de grootste oorzaken voor een hoog NIRGV. Het vervangen van de huiswatermeters leidt tot grote afname van het NIRGV. Een volgende stap is het vinden en repareren van lekken in het distributienetwerk. Door afsluiters dicht te zetten en te kijken naar de waterafname kunnen lekken relatief makkelijk gevonden worden. |
| <b>Hans Dehing</b><br><i>opleidings-<br/>coördinator</i><br>01 maart 2016                          | Het regio kantoor Eindhoven huisvest de opleiding voor monteurs, hier is ook een proefterrein aanwezig waar een proefopstelling voor de lekdetectie apparatuur kan worden ingericht. Het buismateriaal waarmee getest kan worden is PVC met een maximale buisdiameter van $\Phi 160$ mm. Hans is in 2001 naar Indonesië geweest om daar bij te dragen aan het terugdringen van het NIRGV. Door in een afgesloten gebied een proef uit te voeren met het vernieuwen van de huiswatermeters daalde het NIRGV percentage met 28% – 56%.                                                                                                                                                                            |
| <b>Ton de Wit</b><br><i>adviseur<br/>distributie</i><br>13 april 2016                              | Eerdere ervaring die met lekdetectie apparatuur is opgedaan betreft de ruislogger correlator van Schmidt Watertechnieken. In het verleden is het niet gelukt met de apparatuur lekken op te sporen waardoor werd gestopt met het toepassen van de lekdetectie apparatuur. Een algemene opmerking was dat lekken van $1 \text{ m}^3/\text{uur}$ in bewoonde gebieden meestal worden opgemerkt door omwonenden, hiervoor is geen lekdetectie apparatuur nodig voor het vinden van het lek.                                                                                                                                                                                                                        |

Tabel 2 Samenvatting interviews medewerkers Brabant Water

### 3. Marktinventarisatie

Brabant Water heeft aangegeven voornamelijk geïnteresseerd te zijn in lekdetectie apparatuur die mobiel in te zetten is. De mobiele lekdetectie apparatuur heeft als doel dat monteurs fysiek een lek in het distributienetwerk kunnen detecteren. Er zijn binnen Brabant Water nog geen projecten die eraan bijdragen de kennis over mobiele lekdetectie apparatuur uit te breiden, hier focust het afstudeeronderzoek naar lekdetectie apparatuur zich verder op.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de lekdetectie apparatuur die op de nationale en internationale markt beschikbaar is. Doormiddel van deskresearch en aan de hand van interviews is de marktinventarisatie uitgevoerd. In paragraaf 3.1 zijn de bedrijven weergegeven die lekdetectie apparatuur aanbieden. In totaal is er onderscheid kunnen maken naar 10 verschillende lekdetectie apparatuur. Een omschrijving van de lekdetectie apparatuur staat toegelicht in paragraaf 3.2.

#### 3.1 Marktverkenning

Door de interviews die met medewerkers van Brabant Water zijn gehouden, zijn enkele bedrijven naar voren gekomen die lekdetectie apparatuur aanbieden. Aan de hand van deskresearch is de lijst van bedrijven die zich bezig houden met lekdetectie apparatuur verder aangevuld. Bedrijven die lekdetectie apparatuur aanbieden op de nationale en internationale markt staan weergegeven in Figuur 6. Voor de lekdetectie apparatuur die door de bedrijven wordt aangeboden wordt verwezen naar '2 Bijlagen Marktverkenning'. Tabel 3 vormt een voorbeeld van lekdetectie apparatuur die door het bedrijf Primayer aangeboden wordt.



Figuur 6 Bedrijven die wereldwijd actief zijn op het gebied van lekdetectie apparatuur

| Naam            | Fabrikant | Locatie     | Lekdetectie apparatuur |
|-----------------|-----------|-------------|------------------------|
| Enigma [13]     | Primayer  | Southampton | Ruislogger correlator  |
| Enigma-hyQ [14] | Primayer  | Southampton | Hydrofoon correlator   |
| Hykron [15]     | Primayer  | Southampton | Leidingmicrofoon       |
| Phocus3 [16]    | Primayer  | Southampton | Ruislogger             |
| PrimeFlo-T [17] | Primayer  | Southampton | Ultrasone debietmeter  |
| PrimeTrace [18] | Primayer  | Southampton | Traceergasmeter        |

Tabel 3 Lekdetectie apparatuur van het bedrijf Primayer



### 3.2 Lekdetectie apparatuur

De lekdetectie apparatuur die onderzocht is tijdens dit afstudeeronderzoek staan weergegeven in Tabel 4. Hierbij is onderscheid te maken naar lekdetectie apparatuur die lekken detecteert op basis van temperatuur, het aanwezig debiet, geluid, of traceergas. Er wordt verwezen naar '3 Bijlagen Lekdetectie Apparatuur' voor het onderzoek dat is verricht naar de lekdetectie apparatuur. Deze paragraaf vormt een samenvatting van de verschillende lekdetectie apparatuur die wordt aangeboden op de nationale- en internationale markt.

| Temperatuur        | Debiet                | Geluid                | Traceergas      |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Optische glasvezel | Debietmeter           | Leidingmicrofoon      | Traceergasmeter |
|                    | Ultrasone debietmeter | Grondmicrofoon        |                 |
|                    |                       | Ruislogger            |                 |
|                    |                       | Ruislogger correlator |                 |
|                    |                       | Hydrofoon correlator  |                 |
|                    |                       | Intelligent PIG       |                 |

Tabel 4 Lekdetectie apparatuur die door de markt wordt aangeboden

#### 3.2.1 Temperatuurmeting

Het drinkwater heeft een andere temperatuur dan de grond. Bij een lek stroomt het drinkwater de grond in waardoor een verandering van temperatuur in de grond ontstaat. Door temperatuurmetingen van de grond uit te voeren wordt op de locatie van het lek een verschil in temperatuur gemeten. Met de lekdetectie apparatuur 'Optische glasvezel' wordt op basis van temperatuur een lek gedetecteerd.

##### Optische glasvezel

De optische glasvezel bestaat uit een glasvezelkabel, transmitter en monitorsysteem. Bij de aanleg van nieuwe waterleidingen wordt onder de leiding een glasvezelkabel gelegd, zie Figuur 7. Een lichtsignaal dat constant door de de optische glasvezel wordt gestuurd, wordt door een uitleesunit geanalyseerd. Door een temperatuursverandering in de grond vindt er een verstoring plaats in de glasvezelkabel waardoor het lichtsignaal met een tijdsverschil bij de uitleesunit aankomt. Aan de hand van dit tijdsverschil kan op een meter nauwkeurig de locatie van het lek worden gedetecteerd.



Figuur 7 Lekdetectie apparatuur 'Optische glasvezel' [19]

### 3.2.2 Debietmeting

Een lek in de leiding veroorzaakt een verbruik. In de leiding 'voor' het lek vindt een toename in het debiet plaats, terwijl er 'na' het lek een lager debiet aanwezig is. De debietmeting wordt uitgevoerd met een mobiel apparaat dat het drinkwater dat door de leiding stroomt in een hoeveelheid per tijdseenheid meet (bijvoorbeeld in m<sup>3</sup>/h). Door op twee verschillende locaties op de leiding het debiet te meten kan een lek opgespoord worden. Voor het uitvoeren van debietmetingen zijn twee lekdetectie apparaten beschikbaar:

- Debietmeter
- Ultrasone debietmeter

#### Debietmeter

De debietmeter dient geplaatst te worden tussen twee brandkranen waarop een slang wordt gemonteerd die het water naar de debietmeter vervoert, zie Figuur 8. Zodra het water door de debietmeter gaat, bepaald de debietmeter de snelheid waarmee het water stroomt. Het debiet wordt aan de hand van de stroomsnelheid die in de leiding aanwezig is en de buisdiameter van de leiding berekend. 'S nachts is er een relatief constante waterafname door de gebruikers, door op dit moment te meten wordt de invloed op de meting van waterafname door gebruikers beperkt.



Figuur 8 Lekdetectie apparatuur 'Debietmeter' [20]

#### Ultrasone debietmeter

De ultrasone debietmeter bestaat uit twee ultrasone sensoren, transmitter kabels en een transmitter. De ultrasone sensoren worden direct op de leiding geplaatst. Via de transmitter kabels worden de sensoren verbonden met de transmitter, zie Figuur 9.



Figuur 9 Lekdetectie apparatuur 'Ultrasone debietmeter' [21]

Het meetprincipe de 'Transit-Time Difference Method' houdt in dat een ultrasone geluid van de ene transmitter naar de andere transmitter wordt gestuurd. Met het verschil in aankomsttijd van het ultrasonegeluid wordt de stroomsnelheid bepaald waarmee het debiet berekend wordt. [22]

### 3.2.3 Geluidsmeting

Een lek in de leiding maakt geluid. Het lek maakt een geluid met een specifieke frequentie (Hz) en heeft een bepaalde geluidssterkte (Db). De frequentie staat voor het aantal geluidsgolven per seconde en wordt uitgedrukt in de eenheid Hertz (Hz). De geluidssterkte (Db) staat voor het geluidsniveau van het lek ofwel hoe duidelijk het geluid te horen is. Door het maken van een geluidsmeting op of in de leiding kan door de volgende lekdetectie apparatuur een lek gedetecteerd worden:

- Leidingmicrofoon & grondmicrofoon
- Ruislogger & ruislogger correlator
- Hydrofoon & Intelligent PIG

#### Leidingmicrofoon & grondmicrofoon

De leidingmicrofoon of grondmicrofoon zijn lekdetectie apparaten die op basis van geluid snel een lek kunnen detecteren. De lekdetectie apparatuur wordt tegen de leiding geplaatst om trillingen van het geluid door het lek op te nemen.

De grondmicrofoon onderscheidt zich van de leidingmicrofoon doordat hier ook metingen mee uitgevoerd kunnen worden van geluiden die zich in de ondergrond afspelen. Bij het horen of registreren van geluiden die wijzen op een lek kan de grondmicrofoon telkens dichterbij het geluid toe worden geplaatst. Op de locatie waar de grondmicrofoon het hardste geluid registreert bevindt zich de locatie van het lek.

#### Ruislogger & ruislogger correlator

De geluidstrillingen van het lek worden door de leiding doorgegeven aan afsluiters en hydranten. De ruislogger is een cilinder  $\Phi 40$  mm met een lengte van circa 150 mm met een magneet waarmee de ruislogger op afsluiters en hydranten geplaatst wordt, zie Figuur 10. Door de ruislogger overdag op de afsluiter of het hydrant te plaatsen en in te stellen voor een meting in de nacht, wordt voorkomen dat omgevingsgeluiden invloed hebben op de meting. De frequenties die door de ruislogger zijn opgenomen worden geanalyseerd door een softwareprogramma. Aan de hand van deze analyse wordt vastgesteld of er een lek in de leiding aanwezig is.



Figuur 10 Lekdetectie apparatuur 'Ruislogger' (foto links) [23] en 'Ruislogger correlator' (foto rechts) [24]

De ruislogger wordt geplaatst op meerdere afsluiters en hydranten om te bepalen of er een lek aanwezig is in het leidingnet. De ruislogger correlator wordt maar op circa drie afsluiters of hydranten geplaatst om de exacte locatie van een lek te detecteren.



### Hydrofoon & intelligent PIG

Het geluid dat door een lek wordt geproduceerd plant zich ook door het water voort dat door de leiding stroomt. Een hydrofoon is in staat om vanuit de binnenkant van de leiding het geluid op te nemen. De hydrofoon wordt op een hydrant geplaatst voor het uitvoeren van de meting.

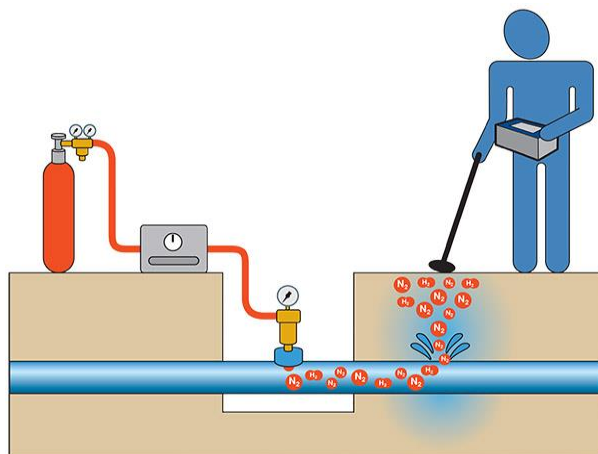
De hydrofoon kan ook in een intelligent PIG (Pipeline Inspection Gauge) worden geplaatst. Dit is een object dat zich met de stroming mee door het leidingnet beweegt. Het voordeel hiervan is dat de hydrofoon langs het lek komt en hierdoor de locatie op een meter nauwkeurig vaststelt. Intelligent PIG's zijn tot op heden nog erg duur. Momenteel zijn er verschillende initiatieven in Nederland om een goedkope intelligent PIG te ontwikkelen om in te zetten en geschikt is voor Nederlandse waterleidingen [25].

### 3.2.4 Traceergasmeting

Gas is een lichtere stof dan water. Door gas in de leiding te injecteren, ontsnapt deze ter plaatse van een lek.

#### Traceergasmeter

Traceergas ontsnapt uit de meest kleine lekken in de leiding. Het traceergas wordt in de leiding geïnjecteerd en heeft, ongeacht de bodemsamenstelling, de eigenschap naar boven te willen stijgen door een lek, zie Figuur 11. Het gas dat uit de leiding ontsnapt wordt boven de grond opgemerkt door de traceergasmeter. De traceergasmeter beoordeelt de lucht en detecteert het traceergas. De locatie van het lek wordt met een meetnauwkeurigheid van 1m gedetecteerd.



Figuur 11 Lekdetectie apparatuur 'Traceergasmeter'

## 4. Keuze Lekdetectie Apparatuur

Lekdetectie apparatuur die het meeste potentie hebben voor Brabant Water zijn beoordeeld op basis van een Multicriteria Analyse (MCA). De MCA is een evaluatie methode waarbij de lekdetectie apparatuur met elkaar vergeleken wordt. In de voorselectie zijn de grondmicrofoon, ruislogger, ruislogger correlator en hydrofoon correlator geselecteerd die het meeste potentie voor Brabant Water hebben. Het onderzoek van de voorselectie staat in paragraaf 4.1 toegelicht. In de MCA is de ruislogger correlator het beste beoordeeld. De keuzes die zijn gemaakt tijdens het opstellen van de MCA staan samengevat in paragraaf 4.2. Uit extra onderzoek naar de ruislogger correlator is gebleken dat een vereiste voor het distributienetwerk is dat om de 500 meter leiding een afsluiter of hydrant aanwezig moet zijn om de ruislogger correlator op te plaatsen. Onderzoek dat is verricht naar de eis of om de 500 meter een afsluiter of hydrant in het distributienetwerk van Brabant Water aanwezig is, is uitgevoerd in paragraaf 4.3. In paragraaf 4.4 zijn de bevindingen uit het MCA gevalideerd met het drinkwaterbedrijf Oasen. Paragraaf 4.5 sluit het hoofdstuk af met een conclusie.

### 4.1 Voorselectie

In de marktinventarisatie zijn 4 methoden voor het detecteren van een lek naar voren gekomen, dit gebeurt op basis van:

- Temperatuur;
- Geluid;
- Debiet;
- Traceergas.

In de voorselectie is eerst 1 methoden van lekdetectie apparatuur geselecteerd. Hierna is binnen de methoden van lekdetectie apparatuur een selectie gemaakt naar lekdetectie apparatuur die het meeste potentie hebben voor Brabant Water.

#### 4.1.1 Lekdetectie methoden

Lekdetectie apparatuur die meeste wordt aangeboden detecteert een lek op basis van geluid. In samenspraak met Brabant Water is besloten het afstudeeronderzoek te focussen op lekdetectie apparatuur die op basis van geluidsmetingen een lek detecteert. Twee belangrijke redenen om te kiezen voor lekdetectie apparatuur dat op basis van geluidsmetingen een lek detecteert zijn:

1. De leiding kan tijdens een inspectie in bedrijf blijven. Hierdoor wordt overlast bij gebruikers voorkomen;
2. Er hoeven geen aanpassingen aan de leiding te worden gemaakt voor het uitvoeren van een inspectie. Hierdoor worden kosten bespaard.

#### 4.1.2 Lekdetectie apparatuur

Voor de leidingmicrofoon en intelligent PIG gaat voordeel 2 niet op. De leidingmicrofoon dient direct op de leiding te worden geplaatst, waardoor kosten moeten worden gemaakt voor het uitgraven van de leiding. Het toepassen van een intelligent PIG vraagt om een in- en uitrede punt op de leiding, waardoor alsnog aanpassingen aan de leiding moeten worden gemaakt.

De lekdetectie apparatuur die in de MCA getoetst worden zijn:

- Grondmicrofoon;
- Ruislogger correlator;
- Ruislogger;
- Hydrofoon correlator.

## 4.2 Multicriteria Analyse

In de MCA is de ruislogger correlator als beste beoordeeld met een waarde van 8,10. Het eindresultaat van de MCA is tot stand gekomen met de methode gewogen somming. De grondmicrofoon, ruislogger, ruislogger correlator en hydrofoon correlator zijn in de MCA beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

- Buismateriaal (st.)
- Buisdiameter (mm)
- Aanschafkosten (€)
- Leidinglengte (m)
- Frequentie bereik (Hz)
- Meetonnauwkeurigheid (m)
- Accuduur (uren)
- Snelheid lekdetectie (dagen)
- Arbeid (uren)

Er wordt verwezen naar '4 Bijlagen Multicriteria Analyse' voor de keuzes die zijn gemaakt tijdens het opstellen van de MCA gewogen somming. Deze paragraaf vormt een samenvatting van de uitkomsten uit de MCA. In subparagraaf 4.2.1 staan de scores toegelicht die per criteria aan de lekdetectie apparatuur zijn toegekend. In subparagraaf 4.2.2 zijn de scores uit de effectentabel vergelijkbaar met elkaar gemaakt door het toepassen van een standaardisatie. Subparagraaf 4.2.3 sluit de MCA af door een weging te koppelen aan de criteria.

### 4.2.1 Criteria

In samenspraak met Brabant Water zijn de criteria geselecteerd waarop de lekdetectie apparatuur beoordeeld is. Op basis van de criteria is de lekdetectie apparatuur beoordeeld. In de effectentabel staan de scores genoteerd die per criteria aan de lekdetectie apparatuur zijn toegekend, zie Tabel 5.

|                         | eenheid | Grondmicrofoon | Ruislogger | Correlator | Hydrofoon |
|-------------------------|---------|----------------|------------|------------|-----------|
| <b>Buisdiameter</b>     | mm      | 1200           | 800        | 800        | 800       |
| <b>Buismateriaal</b>    | st.     | 4              | 2          | 2          | 4         |
| <b>Aanschafkosten</b>   | €       | 2750           | 4000       | 5500       | 15000     |
| <b>Leidinglengte</b>    | m       | 5              | 150        | 500        | 500       |
| <b>Frequentie laag</b>  | Hz      | 10             | 1          | 1          | 1         |
| <b>Frequentie hoog</b>  | Hz      | 6000           | 5000       | 5000       | 1000      |
| <b>Onnauwkeurigheid</b> | m       | 1              | 150        | 10         | 5         |
| <b>Accuduur</b>         | Uren    | 15             | 43800      | 43800      | 43800     |
| <b>Snelheid</b>         | Dagen   | 0,5            | 1,75       | 1,5        | 1,5       |
| <b>Arbeid</b>           | Uren    | 4              | 6          | 4          | 4         |

Tabel 5 Effectentabel

#### Buisdiameter (mm)

De geselecteerde lekdetectie apparatuur detecteren op basis van geluid een lek. Het geproduceerde geluid door een lek geeft een trilling aan de buis die gemeten wordt door de lekdetectie apparatuur. Er is per buismateriaal een verhouding tussen de buisdiameter en wanddikte. Een grote wanddikte van de buis heeft als gevolg een minder goede overdracht van de trillingen, dit geeft een beperking op de lengte waarover de buis geïnspecteerd kan worden. De maximale buisdiameter waarop de lekdetectie apparatuur toegepast kan worden vormt de score die is toegekend in de effectentabel.



## Buismateriaal

De buismaterialen die bij Brabant Water veel voorkomen zijn GIJ, AC, PVC en PE. De lekdetectie apparatuur is per buismateriaal beoordeeld, zie Tabel 6. Het totaal aan buismaterialen waar de lekdetectie apparatuur een meting op uit kan voeren heeft tot de score geleid die in de effectentabel staat vermeld.

|                | GIJ | AC | PVC | PE | Totaal |
|----------------|-----|----|-----|----|--------|
| Grondmicrofoon | x   | x  | x   | x  | 4      |
| Ruislogger     | x   | x  |     |    | 2      |
| Correlator     | x   | x  |     |    | 2      |
| Hydrofoon      | x   | x  | x   | x  | 4      |

Tabel 6 Beoordeling lekdetectieapparatuur per buismateriaal

## Aanschaffkosten

De aanschaffkosten die tijdens het onderzoek naar boven zijn gekomen over de lekdetectie apparatuur staan vermeld in de effectentabel. Verschillen in aanschaffkosten ontstaan door het aantal geluidssensoren dat bij de lekdetectie apparatuur wordt geleverd en de software die nodig is voor het analyseren van de data van de lekdetectie apparatuur.

## Leidinglengte

Met de leidinglengte wordt de lengte van de leiding bedoeld die maximaal tijdens 1 inspectie onderzocht kan worden. De grondmicrofoon dient fysiek ingezet te worden, hierdoor kunnen maar kleine leidinglengtes onderzocht worden. De ruislogger, correlator en hydrofoon kunnen ver van elkaar geplaatst worden en inspecteren hierdoor grotere leidinglengtes. De eenheid waar de leidinglengte in wordt uitgedrukt is meter (m).

## Frequentie bereik

Niet elke lekdetectie apparatuur heeft hetzelfde frequentie bereik waarmee lekken opgespoord kunnen worden. Dit frequentie bereik is in de effectentabel per lekdetectie apparatuur uitgedrukt in 'Frequentie Laag' en 'Frequentie Hoog'. De eenheid voor frequentie is Hertz (Hz).

## Meeton nauwkeurigheid

Elke lekdetectie apparatuur geeft een onnauwkeurigheid waarmee een lek opgespoord wordt. De meeton nauwkeurigheid is gebaseerd op ervaringen die andere drinkwaterbedrijven al hebben met de lekdetectie apparatuur. De eenheid waarin de leidinglengte wordt uitgedrukt is meter (m).

## Accuduur

De grondmicrofoon is lekdetectie apparatuur waarmee continue metingen worden verricht voor het detecteren van een lek, de capaciteit van de accu is hierin een beperkende factor. De ruislogger/correlator/hydrofoon is lekdetectie apparatuur waarmee per meting maar 1 minuut gemeten wordt, hierdoor heeft de capaciteit van accu minder invloed.

## Snelheid lekdetectie

De snelheid waarmee een lek kan worden gedetecteerd is afhankelijk van de tijd die het kost om de inspectie voor te bereiden, uit te voeren en een lek uiteindelijk te lokaliseren, zie hiervoor Tabel 7.

|                              | Vorbereiding | Uitvoering | Leklokalisatie | Totaal (dagen) |
|------------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|
| <b>Grondmicrofoon</b>        | 0 uur        | 2 uur      | 2 uur          | 0,50           |
| <b>Ruislogger</b>            | 4 uur        | 1 nacht    | 2 uur          | 1,75           |
| <b>Ruislogger correlator</b> | 2 uur        | 1 nacht    | 2 uur          | 1,50           |
| <b>Hydrofoon correlator</b>  | 2 uur        | 1 nacht    | 2 uur          | 1,50           |

Tabel 7 Snelheid waarmee de lekdetectie apparatuur een lek opspoord

## Arbeid

De arbeid die moet worden verricht voor het vinden van het lek is afhankelijk van tijd die het kost om de inspectie voor te bereiden, uit te voeren en het lek uiteindelijk te lokaliseren. De waarden uit Tabel 8 vormen een schatting van de arbeidsuren op basis van persoonlijke ervaring met de lekdetectie apparatuur.

|                              | Vorbereiding | Uitvoering | Leklokalisatie | Totaal (uren) |
|------------------------------|--------------|------------|----------------|---------------|
| <b>Grondmicrofoon</b>        | 0 uur        | 2 uur      | 2 uur          | 4,0           |
| <b>Ruislogger</b>            | 4 uur        | 0 uur      | 2 uur          | 6,0           |
| <b>Ruislogger correlator</b> | 2 uur        | 0 uur      | 2 uur          | 4,0           |
| <b>Hydrofoon correlator</b>  | 2 uur        | 0 uur      | 2 uur          | 4,0           |

Tabel 8 Arbeid uitgedrukt in uren die nodig is om het een te detecteren

### 4.2.2 Standaardisatie

De scores in de effectentabel zijn niet vergelijkbaar met elkaar doordat ze allemaal een andere eenheid hebben. Om de scores wel vergelijkbaar te maken worden de scores 'gestandaardiseerd' naar een schaal van 0 t/m 1 die eenheidsloos is. De gestandaardiseerde scores staan in Tabel 9. Het standaardiseren gebeurt door de score in de volgende formule in te vullen:

$$\text{Maximale score} = \frac{1}{\text{maximale score}} * \text{score of} \quad \text{Minimale score} = 1 - \frac{1}{\text{maximale score}} * \text{score}$$

Per lekdetectie apparatuur zijn de gestandaardiseerde scores bij elkaar opgeteld. Na de standaardisatie heeft de ruislogger correlator de hoogste beoordeling met een waarde van 6,80.

|                         | Grondmicrofoon | Ruislogger  | Correlator  | Hydrofoon   |
|-------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Buisdiameter</b>     | 1,00           | 0,67        | 0,67        | 0,67        |
| <b>Buismateriaal</b>    | 0,80           | 0,40        | 0,40        | 0,80        |
| <b>Aanschaffkosten</b>  | 0,80           | 0,70        | 0,59        | 0,00        |
| <b>Leidinglengte</b>    | 0,01           | 0,30        | 1,00        | 1,00        |
| <b>Frequentie laag</b>  | 0,00           | 0,90        | 0,90        | 0,90        |
| <b>Frequentie hoog</b>  | 1,00           | 0,83        | 0,83        | 0,17        |
| <b>Onnauwkeurigheid</b> | 0,99           | 0,00        | 0,93        | 0,97        |
| <b>Accuduur</b>         | 0,00           | 1,00        | 1,00        | 1,00        |
| <b>Snelheid</b>         | 0,71           | 0,00        | 0,14        | 0,14        |
| <b>Arbeid</b>           | 0,33           | 0,00        | 0,33        | 0,33        |
| <b>Totaal</b>           | <b>5,65</b>    | <b>4,80</b> | <b>6,80</b> | <b>5,98</b> |

Tabel 9 Gestandaardiseerde effectentabel met een schaal verdeling van 0 t/m 1

#### 4.2.3 Weging

De weging vormt de laatste stap binnen de MCA gewogen sommering. In samenspraak met Brabant Water is per criteria beoordeeld welke weging wordt toegepast. Met de weging is het belang aangegeven dat aan de criteria wordt gehecht, in dit geval met een schaalverdeling van 0 t/m 2.

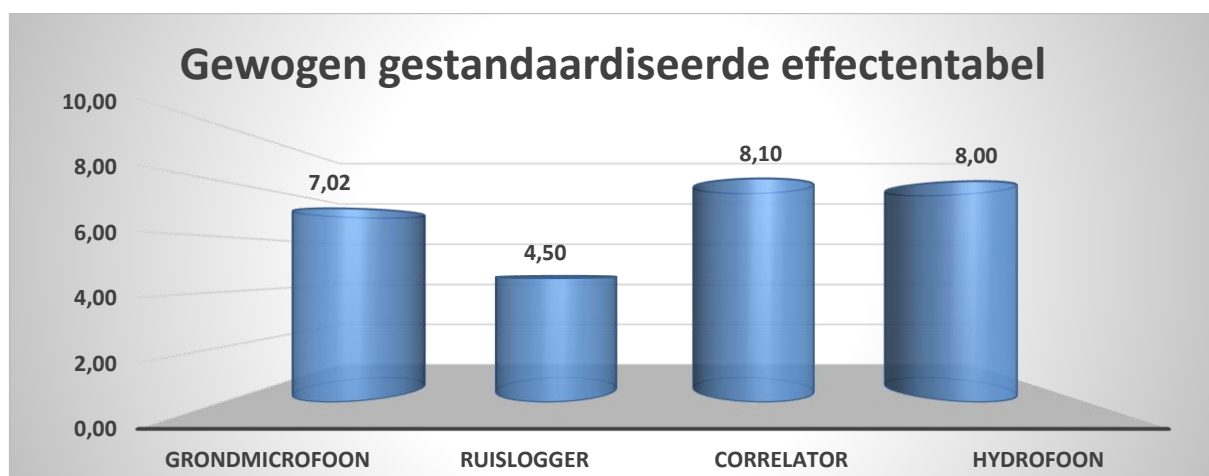
Om de volgende redenen is een weging 0,5 toegekend aan de criteria:

- Aanschaffkosten, vormen een klein percentage van de totale kosten voor het inzetten van lekdetectie apparatuur;
- Accuduur, Door het aanschaffen van een tweede accu levert de accuduur geen beperking meer op voor het toepassen van de lekdetectie apparatuur;
- Snelheid, Een lek staat over het algemeen over een langere tijd te lekken, de snelheid voor het vinden van de exacte locatie van het lek heeft hierdoor geen prioriteit.

Om de volgende redenen is een hogere weging toegekend aan de criteria:

- Buismateriaal, de diversiteit waarmee de lekdetectie apparatuur kan worden toegepast vergroot het aantal distributieleidingen dat kan worden geïnspecteerd op lekken;
- Leidinglengte, de leidinglengte die door de lekdetectie apparatuur in 1 keer geïnspecteerd kan worden op lekken vormt een bepalende factor in de kosten berekening voor het toepassen van de lekdetectie apparatuur;
- Onnauwkeurigheid, de onnauwkeurigheid waarmee een lek gedetecteerd wordt heeft invloed op de kosten die gemaakt moeten worden om de locatie van het lek te ontgraven;
- Arbeid, de arbeidskosten die geïnvesteerd moeten worden voor het inspecteren van de leiding met de lekdetectie apparatuur vormt een bepalende factor in de kosten berekening voor het toepassen van de lekdetectie apparatuur.

Aan de overige criteria is de weging niet aangepast en gelijk gebleven aan 1. Na het toekennen van de weging aan de criteria uit de gestandaardiseerde effectentabel is de eindbeoordeling tot stand gekomen. Figuur 12 vormt een visualisatie van de eind beoordeling per lekdetectie apparatuur. Met een gewogen score van 8,10 voor de ruislogger correlator is het verschil met de hydrofoon correlator kleiner geworden. Door de hoge aanschafprijs van de hydrofoon correlator komt de ruislogger correlator als best beoordeelde lekdetectie apparatuur uit de MCA.



Figuur 12 Stavengrafiek van de gewogen gestandaardiseerde effectentabel

### 4.3 Ruislogger Correlator

Uit de MCA gewogen somming is de ruislogger correlator het beste beoordeeld. Een vereiste voor het inzetten van de ruislogger correlator is dat deze op een afsluiter of brandkraan wordt geplaatst die zich maximaal 500 meter van elkaar bevinden. Deze eis is gebaseerd op eerdere ervaringen van andere drinkwaterbedrijven, zie hiervoor Tabel 10. Bij Brabant Water hebben slechts 2% van de hoeveelheid distributieleidingen geen afsluiter of hydrant om de 500m. Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat de ruislogger correlator onder de huidige omstandigheden bij Brabant Water goed toepasbaar is.

| Bedrijf             | Naam          | Diameter + Leidingmateriaal | Gemeten afstand |
|---------------------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| Watercompany Sydney | Aquascan TM2  | 600 mm ST                   | 1226 m [26]     |
| United Utilitys     | Enigma        | 500 mm PVC                  | 876 m [27]      |
| Wing                | LeakFinder ST | 150 mm AC                   | 298 m [28]      |

Tabel 10 Eerdere ervaringen met de ruislogger correlatoren door andere drinkwaterbedrijven

Op aanvraag is door Brabant Water onderzoek gedaan naar de volgende vraag:

*Bij hoeveel procent van alle distributieleidingen met een kleinere diameter dan 400mm is er in het huidige distributienetwerk tussen elke 1000 meter een afsluiter of brandkraan aanwezig? – Mark van Oostende*

Brabant Water is naar aanleiding van de vraag tot het volgende antwoord gekomen:

*Voor het bepalen welke leidingen buiten de lekdetectie vallen heb ik in het Brabant Water GIS, rondom alle afsluiters en brandkranen een cirkel met een straal van 500 meter getrokken. Hiervoor is in het GIS de buffer tool gebruikt. Hierna heb ik de leidingen bepaald die geheel of gedeeltelijk buiten deze cirkels vallen. Van die leidingen heb ik de leidingen met een diameter < 400 mm geselecteerd. Van de totale lengte van alle leidingen met een diameter < 400 blijft er dan 2% over die geheel of gedeeltelijk buiten de lekdetectie cirkels valt. Totaal 383 km leiding van de 17.136 km leiding met een diameter < 400 mm. – Daan van Oss*

Het afstudeeronderzoek beperkt zich tot het maken van onderscheid tussen de verschillende lekdetectie apparatuur die op de markt wordt aangeboden. Het valt buiten de scope van het afstudeeronderzoek om een selectietraject te starten voor de aanschaf van een ruislogger correlator voor Brabant Water. In Tabel 11 is wel een overzicht gegeven van de ruislogger correlatoren die worden aangeboden door diverse bedrijven en meegenomen kunnen worden in een selectietraject.

| Naam               | Bedrijf    |
|--------------------|------------|
| LeakFinder ST [29] | Echologics |
| Enigma [30]        | Primayer   |
| Hydrocorr [31]     | sebaKMT    |
| Aqua scan TM2 [32] | Gutermann  |
| SeCorr Hy 300 [33] | Sewerin    |
| Lokal 300 [34]     | F.A.S.T.   |

Tabel 11 Ruislogger correlatoren die aangeboden worden door de bedrijven

#### 4.4 Validatie

Naar aanleiding van het onderzoek naar lekdetectie apparatuur is contact gezocht met een extern deskundige. Het doel van de validatie door een extern deskundige was om de bevindingen uit de MCA te vergelijken met zijn/haar deskundigheid over lekdetectie apparatuur.

Op woensdag 18 mei 2016 heeft een gesprek plaatsgevonden met Mario Wildschut van het drinkwaterbedrijf Oasen. Oasen is sinds 2004 actief met het opsporen van lekken in hun distributienetwerk. Aanleiding voor het actief toepassen van lekdetectie apparatuur bij OASEN is een landelijk onderzoek dat in 2002 onder alle drinkwaterbedrijven in Nederland is uitgevoerd. In dit onderzoek kwam Oasen naar voren met het hoogste lekverlies [35].

Van Brabant Water waren Mathieu van den Bosch en Jos van de Graaf aanwezig bij het gesprek. In '9 Bijlagen Notulen 028 Mario Wildschut Oasen' staat het gesprek uitgewerkt. Deze paragraaf vormt een samenvatting van de discussiepunten tijdens het gesprek. De volgende onderwerpen zijn besproken:

- Validatie van de in het afstudeeronderzoek onderzochte lekdetectie apparatuur;
- De scores in de effectentabel van de MCA die aan de lekdetectie apparatuur gekoppeld zijn;
- Toelichting op de toepassing van lekdetectie apparatuur bij OASEN.

##### **Validatie onderzochte lekdetectie apparatuur**

Voor aanvang van het gesprek is het tussentijds verslag van het afstudeeronderzoek naar lekdetectie apparatuur naar Mario gestuurd. Tijdens het gesprek is naar voren gekomen dat de lekdetectie apparatuur die onderzocht is in de marktinventarisatie, ook lekdetectie apparatuur is die bij Oasen bekend zijn. Twee van de tien onderzochte lekdetectie apparatuur kwam qua beschrijving niet overeen met de praktijkervaringen van Mario. Het ging hierbij om de hydrofoon correlator en de traceergasmeter.

Bij de hydrofoon geldt dat deze vanuit de binnenkant van de buis een meting verricht en hierdoor alleen op brandkranen of hydranten kan worden geplaatst. Bij het toepassen van traceergas hoeft de leiding niet leeggepompt te worden, terwijl water door de buis stroomt kan het traceergas worden geïnjecteerd.

Beide opmerkingen van Mario zijn verwerkt in het afstudeerverslag.

##### **Multicriteria Analyse**

Van de MCA zijn de scores besproken die toegekend zijn aan de criteria waarop de lekdetectie apparatuur beoordeeld is. Scores die zijn aangepast naar aanleiding van het gesprek zijn een hogere prijs voor de hydrofoon correlator en een betere meetnauwkeurigheid voor de ruislogger correlator en de hydrofoon correlator. Daarnaast heeft Mario aangegeven dat de leidinglengte van 500 meter voor ruislogger correlator en hydrofoon correlator echt de maximale meetafstand tussen twee ruisloggers of hydrofonen is.



### **Toepassing lekdetectie apparatuur OASEN**

Voor het vinden van een lek selecteert OASEN eerst een verbruiksgebied waar een verhoogde kans op lekken aanwezig is. Hierbij wordt begonnen met het uitzetten van maximaal 30 stuks ruisloggers op alle afsluiters en hydranten van de leiding. Per dag kan met deze werkwijze circa 5 km aan leidingen geïnspecteerd worden. Leidingen die over een grote afstand geen afsluiters of hydranten heeft worden geïnspecteerd met een ultrasone debietmeter.

Na het detecteren van een lek wordt, afhankelijk van de afstand tussen de twee ruisloggers die het lek gedetecteerd hebben, de ruislogger correlator of grondmicrofoon ingezet voor het detecteren van de exacte locatie van het lek. Sinds kort heeft het Infra-Control team ook de beschikking over een hydrofoon correlator om ook op PVC leidingen de exacte locatie van het lek te vinden [36].

### **4.5 Conclusie**

In de validatie is naar voren gekomen dat de lekdetectie apparatuur die op basis van geluid een lek detecteert ook de lekdetectie apparatuur is die bij Oasen het meeste wordt gebruikt. De ruislogger correlator die in de MCA als beste beoordeeld is, is de juiste lekdetectie apparatuur voor het vinden van de exacte locatie van een lek in een drinkwaterleiding. Voor het efficiënt detecteren van lekken is naast het aanschaffen van een ruislogger correlator ook de aanschaf van ruisloggers en één grondmicrofoon nodig. Met de ruisloggers kan in een groot gebied een quick scan worden uitgevoerd op aanwezige lekken in de leiding. Vervolgens wordt de ruislogger correlator of grondmicrofoon ingezet voor de exacte locatie van het lek te detecteren.

## 5. Kosten- en Batenanalyse

De kosten- en batenanalyse is uitgevoerd om te beoordelen of het voor Brabant Water interessant is om te investeren in lekdetectie apparatuur. De kosten- en batenanalyse gaat in op het detecteren van lekken door het inzetten van ruisloggers, een ruislogger correlator en een grondmicrofoon. Voor het inspecteren van het hele distributienetwerk met de lekdetectie apparatuur bedragen de kosten €1.642.350,- en de baten €989.697,25. Dit betekent een negatieve uitkomst van de kosten- en batenanalyse, doordat de kosten €652.652,75 hoger zijn dan de baten.

Het aanschaffen van lekdetectie apparatuur en de arbeid die moet worden verricht voor het inzetten van de lekdetectie apparatuur vormen in de berekening de kosten. De baten bestaan uit het efficiëntere gebruik van drinkwater, verminderen van kosten voor reparaties aan het distributienetwerk en het voorkomen van schade aan derden.

### 5.1 Kosten

Het distributienetwerk van Brabant Water bestaat uit 18.149km distributieleidingen. De kosten voor de afschrijving op één lekdetectie set bedraagt €8.850,- en de arbeidskosten die worden gemaakt voor het inspecteren van het hele distributienetwerk bedraagt €1.633.500,-. Hiermee komen de totale kosten voor het inzetten van de lekdetectie apparatuur neer op €1.642.350,-.

#### 5.1.1 Aanschafkosten

De lekdetectie apparatuur die moet worden aangeschaft om op een efficiënte manier lekken in het distributienetwerk te detecteren zijn ruisloggers, een ruislogger correlator en een grondmicrofoon.

Er is gekozen om 30st. ruisloggers aan te schaffen waarmee circa 5km aan leiding per dag geïnspecteerd kan worden. Deze keuze is gemaakt op basis van het aantal ruisloggers dat het drinkwaterbedrijf Oasen ook heeft aangeschaft. Om voor Brabant Water specifiek te bepalen wat het juiste aantal ruisloggers is om aan te schaffen moet extra onderzoek naar het distributienetwerk van Brabant Water worden verricht. Het gaat hierbij om het aantal afsluiters of hydranten dat aanwezig is binnen een wijk of aaneengesloten stuk leiding.

Op de leiding waar een lek gedetecteerd is door de ruislogger wordt de exacte locatie van het lek gedetecteerd door het inzetten van de ruislogger correlator of grondmicrofoon. Van beide lekdetectie apparatuur is de aanschaf van één stuk voldoende. In Tabel 12 staan de aanschafkosten van de lekdetectie apparatuur vermeld. Fabrikanten geven op dat de levensduur van de lekdetectie apparatuur 5 jaar is. Hiermee komt de jaarlijkse afschrijving voor alle lekdetectie apparatuur uit op €8.850,-.

| Lekdetectie apparatuur         | Richtlijn prijs (€/st.) | Aantal | Afschrijving | Aanschafkosten (€) |
|--------------------------------|-------------------------|--------|--------------|--------------------|
| Ruislogger                     | 1.200,-                 | 30 st. | 5 jaar       | 36.000,-           |
| Ruislogger correlator          | 5.500,-                 | 1 st.  | 5 jaar       | 5.500,-            |
| Grondmicrofoon                 | 2.750,-                 | 1 st.  | 5 jaar       | 2.750,-            |
| <b>Jaarlijkse afschrijving</b> |                         |        |              | <b>8.850,-</b>     |

Tabel 12 Aanschafkosten lekdetectie apparatuur [37]

### 5.1.2 Arbeidskosten

Op elke afsluiter of brandkraan in de leiding moet een ruislogger geplaatst worden voor het uitvoeren van de inspectie. Het inspecteren van 5km leiding kost circa 6 uur aan arbeid voor het plaatsen, ophalen en uitlezen van de ruisloggers. De arbeidsprijs voor het inzetten van een monteur bij Brabant Water bedraagt gemiddeld €75/uur. In Tabel 13 staan de arbeidskosten toegelicht die gemaakt moeten worden voor het inspecteren van het hele distributienetwerk. De ruisloggers worden bij voorkeur ingesteld voor een meting in de nacht.

| Arbeid (uren) | Prijs (€/uur) | Inspectielengte (km) | Distributienetwerk (km) | Inspecties (st.) | Totaal (€)  |
|---------------|---------------|----------------------|-------------------------|------------------|-------------|
| 6             | 75 [38]       | 5                    | 18.149                  | 3630             | 1.633.500,- |

Tabel 13 Arbeidskosten voor het inzetten van lekdetectie apparatuur over een afstand van 5 km

In de huidige berekening van de arbeidskosten is ervan uitgegaan dat het hele distributienetwerk wordt geïnspecteerd op lekken. Bij Oasen werd het inspectiegebied beperkt door de lekdetectie apparatuur alleen in verbruiksgebieden in te zetten waar een verhoogde kans op lekken aanwezig is. De verhoogde kans op lekken in een verbruiksgebied is te achterhalen door inzicht te hebben in de in- en uitgaande hoeveelheid drinkwater. Bij een grotere ingaande hoeveelheid drinkwater dan dat er wordt afgenomen door de gebruikers, kan de oorzaak voor het verschil een lek in de leiding zijn. Door minder kilometers aan leiding te hoeven inspecteren worden de arbeidskosten beperkt. [39]

Bij Brabant Water is het niet mogelijk om op basis van verbruiksgebieden een schatting te maken van de in- en uitgaande hoeveelheid drinkwater. Bij Brabant Water worden verbruiksgebied gevoed vanuit meerdere WPB's. Door de afwezigheid van debietmeters in de transportleidingen naar het verbruiksgebied, is de ingaande hoeveelheid drinkwater niet exact genoeg te achterhalen om waterverliezen die door een lek optreden op te merken. [40]

## 5.2 Baten

De financiële baten die worden behaald door het inzetten van lekdetectie apparatuur is het verminderen van het distributieverlies, het verminderen van kosten door spontane reparaties aan het distributienetwerk en het voorkomen van schade aan derden ten gevolgen van een leidingbreuk in het distributienetwerk. In totaal gaat er in het distributieverlies door lekken 3.750.000m<sup>3</sup> aan drinkwater verloren. Door het voorkomen van het lekverlies zijn €131.500,- aan baten te behalen. Over 2015 zijn er 581 spontane reparaties aan het distributienetwerk nodig geweest door lekken. De baten die worden behaald door het verminderen van reparaties aan het distributienetwerk en het voorkomen van schade aan derden bedragen €858.447,25. Hiermee komen de totale baten door het inzetten van lekdetectie apparatuur in theorie uit op €989.697,25.

### 5.2.1 Distributieverlies

Het lekverlies dat verloren gaat is berekend door het totale distributieverlies bij Brabant Water te achterhalen. Het distributieverlies is opgebouwt uit verschillende componenten waar lekverlies er één van is. Het verschil tussen het distributieverlies en de componenten die achterhaald zijn vormt het lekverlies van 3.750.000m<sup>3</sup> per jaar.

Er wordt verwezen naar '5 Bijlagen Distributieverliezen Brabant Water' voor de onderzoeken die uitgevoerd zijn om te komen tot het leverlies.

Voor de berekening van de baten die te behalen zijn door het voorkomen van lekverlies zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. Het berekenen van het distributieverlies door het verschil tussen het gedistribueerde water en de gebruiksgegevens te nemen:

|                                           | 2011        | 2012        | 2013             | 2014        | 2015             |
|-------------------------------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| <b>Productie (m<sup>3</sup>)</b>          | 174.554.216 | 174.166.233 | 176.093.776      | 174.715.532 | 178.265.578      |
| <b>Productieverlies (m<sup>3</sup>)</b>   | 4.132.433   | 4.964.802   | 6.126.077        | 6.220.545   | 6.024.980        |
| <b>Productieverlies</b>                   | 2.37%       | 2.85%       | 3.48%            | 3.56%       | 3.38%            |
| <b>Distributie (m<sup>3</sup>)</b>        | 170.421.783 | 169.201.431 | 169.967.699      | 168.494.987 | 172.240.598      |
| <b>Gebruiksgegevens (m<sup>3</sup>)</b>   | 166.347.945 | 165.090.825 | 165.838.419      | 165.038.275 | 167.641.604      |
| <b>Distributieverlies (m<sup>3</sup>)</b> | 4.073.838   | 4.110.606   | <b>4.129.280</b> | 3.456.712   | <b>4.598.994</b> |
| <b>Distributieverlies</b>                 | 2.39%       | 2.43%       | <b>2.43%</b>     | 2.05%       | <b>2.67%</b>     |

Tabel 14 Meteropnames 2011-2015 [1]

2. Het analyseren van alle componenten waar het distributieverlies uit bestaat waarbij het niet te achterhalen lekverlies voor 2013 met X is aangegeven en voor 2015 met Y:

| Component                                 | 2013             | 2015             |
|-------------------------------------------|------------------|------------------|
| lekverlies (m <sup>3</sup> )              | X                | Y                |
| Debietmeter pompstation (m <sup>3</sup> ) | 424.919          | 430.601          |
| Huiswatermeters (m <sup>3</sup> )         | Onbekend         | Onbekend         |
| Meterregistratie (m <sup>3</sup> )        | Onbekend         | Onbekend         |
| Bluswater (m <sup>3</sup> )               | 35.924           | 35.924           |
| Illegale afname (m <sup>3</sup> )         | 2.826            | 2.826            |
| Spuiverbruik (m <sup>3</sup> )            | 89.047           | 77.469           |
| <b>Totaal (m<sup>3</sup>)</b>             | <b>607.806+X</b> | <b>618.077+Y</b> |

Tabel 15 Samenvatting van de berekening naar het distributieverlies

3. Het verschil tussen het distributieverlies en alle componenten berekenen om te komen tot het theoretische lekverlies:

|                                              | 2013                 | 2015                 |
|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Distributieverlies (m<sup>3</sup>)</b>    | 4.129.280            | 4.598.994            |
| <b>Berekende componenten (m<sup>3</sup>)</b> | 610.632+X            | 620.903+Y            |
| <b>Lekverlies (m<sup>3</sup>)</b>            | <b>X = 3.518.648</b> | <b>Y = 3.978.091</b> |

Tabel 16 Samenvatting berekening lekverlies

4. Het berekenen van de baten die in theorie behaald kunnen worden met het voorkomen van lekverlies door de productieprij van drinkwater te vermenigvuldigen met het jaarlijkse lekverlies:

| Lekverlies (m <sup>3</sup> ) | Productieprijs (€/m <sup>3</sup> ) | Totaal (€) |
|------------------------------|------------------------------------|------------|
| 3.750.000                    | 0,035 [41]                         | 131.250,-  |

Tabel 17 Baten voor het voorkomen van lekverlies

### 5.2.2 Verminderen reparatiekosten en voorkomen schaden aan derden

Over 2015 heeft Brabant Water 581 spontane reparaties aan het distributienetwerk moeten verrichten. De spontane reparaties moesten in de meeste gevallen worden uitgevoerd door wateroverlast waarvan de oorzaak een lek in het distributienetwerk was. Door het inzetten van lekdetectie apparatuur kunnen vroegtijdig lekken worden gedetecteerd. Hierdoor worden de kosten voor reparaties aan het distributienetwerk verminderd. De reparatiekosten waarmee wordt gerekend in Tabel 18 is een gemiddelde van alle reparatiekosten die over 2015 gemaakt zijn. Of alle lekken die leiden tot een reparatie op tijd gedetecteerd worden om ze te voorkomen is onduidelijk. In samenspraak met Brabant Water is bepaald dat de helft van de reparaties aan het distributienetwerk door het inzetten van lekdetectie apparatuur voortijdig voorkomen kunnen worden.

Naast kosten die gemaakt worden voor het repareren van het distributienetwerk door wateroverlast, worden ook kosten gemaakt voor het vergoeden van schaden aan derden. Over 2015 is het aantal uitgekeerde schadeclaims door Brabant Water 302 stuks met een totaal schadebedrag van €190.317,- geweest. Ook hier is er vanuit gegaan dat de helft van het schadebedrag voorkomen had kunnen worden door het inzetten van de lekdetectie apparatuur. Het schadebedrag dat voorkomen zou kunnen worden bedraagt €95.158,50

De uitkomst van de batenberekening voor het verminderen van reparatiekosten en voorkomen van schaden aan derden is uitgevoerd in Tabel 18.

| Aantal reparaties (st.) | Voorkomen reparaties (st.) | Reparatiekosten (€/st.) | Schaden aan derden (€) | Totaal (€) |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|------------|
| 581 [42]                | 290,5                      | 2627,5 [43]             | 95.158,50 [44]         | 858.447,25 |

Tabel 18 Baten voor het verminderen van reparaties en voorkomen van schaden aan derden

### 5.3 Conclusie

De uitgevoerde kosten- en batenanalyse vormt een theoretische benadering van de financiën over de lekdetectie apparatuur. In het overzicht van Tabel 19 zijn de kosten €652.652,75 hoger dan de baten. Dit betekend een negatieve uitkomst van de kosten- en batenanalyse.

|                                     | Kosten (€)         | Baten (€)         |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Afschrijving lekdetectie apparatuur | 8.850,-            |                   |
| Arbeid monteur                      | 1.633.500,-        |                   |
| Distributieverlies: lekverlies      |                    | 131.250,-         |
| Storingen en schaden aan derden     |                    | 858.447,25        |
| <b>Totaal</b>                       | <b>1.642.350,-</b> | <b>989.697,25</b> |

Tabel 19 Samenvatting kosten- en batenanalyse

De volgende kanttekingen dienen in acht te worden genomen bij de kosten- en batenanalyse:

- Er is in de berekening uitgegaan van het aanschaffen van één lekdetectie set, de aanschaf van een extra lekdetectie set is nodig als meerdere monteurs tegelijkertijd leidingen gaan inspecteren op lekken.
- De kosten voor het repareren van het lek zijn niet in de berekening meegenomen;
- Brabant Water leidt aan imago schade als een storing op treedt. Imago schade is niet in de huidige kosten- en batenanalyse meegenomen, maar telt wel degelijk mee bij de baten.



## 6. Praktijkproef

De praktijkproef is uitgevoerd om ervaring op te doen met de lekdetectie apparatuur. Door Brabant Water is tijdens de praktijkproef de ruislogger correlator als lekdetectie apparatuur beschikbaar gesteld. Met de ruislogger correlator is getest welke lekken te detecteren zijn op het proefterrein. Na afloop van de praktijkproef is een hydraulische berekening uitgevoerd om de invloed van het lek op het stroombeeld in de leiding te bepalen.

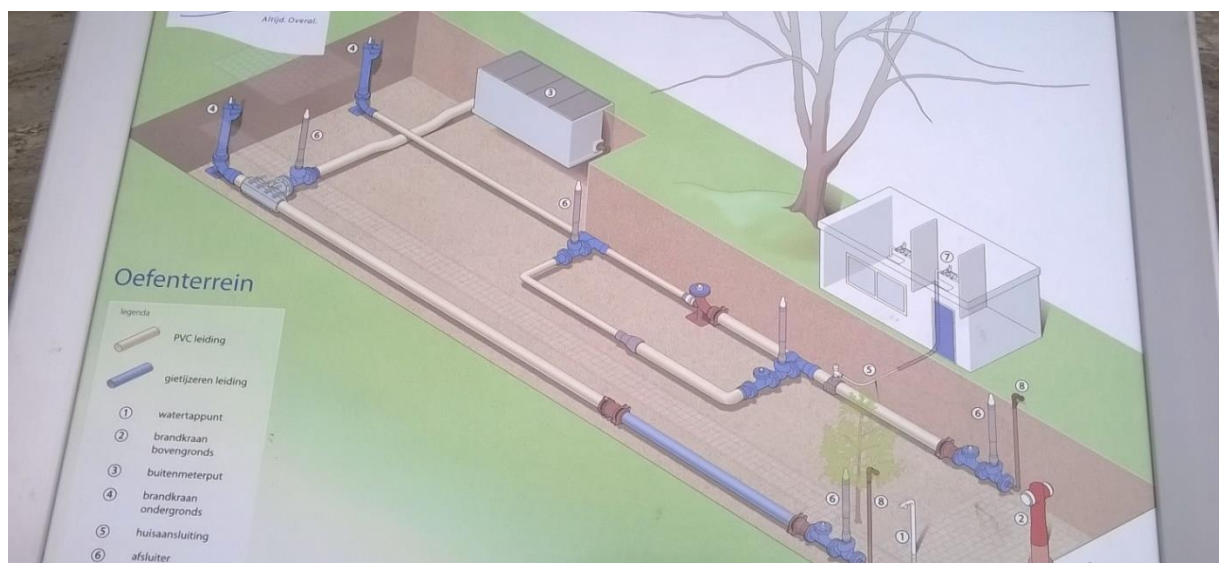
Een lek kan verschillende vormen hebben zoals een langsscheur, dwarsscheur, puntlek of lekkende koppeling. Tijdens de praktijkproef zijn twee lekken gesimuleerd met de vorm van een puntlek en met de vorm van een dwarsscheur. Het kleinste lek dat tijdens de praktijkproef is gedetecteerd door de ruislogger correlator was een dwarsscheur van 20mm op de leiding met een debiet van 1,527m<sup>3</sup>/uur. De invloed die het lek op het stroombeeld van de leiding heeft gehad was een drukafname van 0,1266kPa over een leidinglengte van 30 meter.

In paragraaf 6.1 wordt ingegaan op de voorbereidingen die getroffen zijn voor de praktijkproef en de keuze die gemaakt is voor het type lek dat tijdens de praktijkproef wordt gesimuleerd. De resultaten van de praktijkproef staan in paragraaf 6.2. In paragraaf 6.3 staat de hydraulische berekeningen toegelicht die na afloop van de praktijkproef is uitgevoerd.

Er wordt verwezen naar '6 Bijlagen Plan van Aanpak Praktijkproef', '7 Bijlagen Verslag Resultaten Praktijkproef' en '8 Bijlagen Hydraulische Berekeningen Praktijkproef' voor een uitgebreide beschrijving van de voorbereidingen, resultaten en hydraulische berekeningen.

### 6.1 Voorbereiding

Bij het regio kantoor Zuid-Oost in Eindhoven bevindt zich een proefterrein. Dit proefterrein is ingericht voor leerling monteurs met een MBO niveau die de opleiding Gas, Warmte en Water volgen. De lekdetectie apparatuur ruislogger correlator is door Brabant Water beschikbaar gesteld om testen mee uit te voeren op het proefterrein uit Figuur 13.

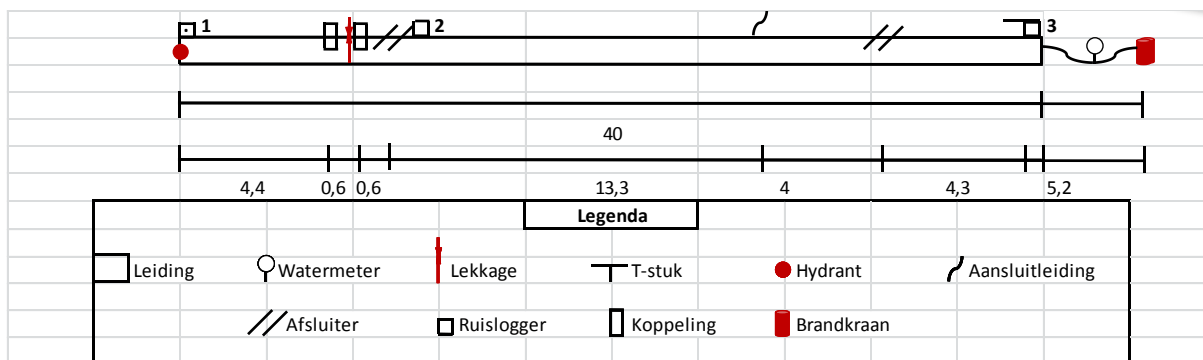


Figuur 13 Proefterrein in Eindhoven

Het proefterrein bestaat uit twee leidingen van 30 m lengte waar via een brandkraan water ingepompt wordt. Leidingen op het proefterrein hebben een buisdiameter van  $\Phi 110\text{mm}$ . Het leidingnet op het proefterrein lijkt sterk op het distributienetwerk van Brabant Water. Een schematisatie van de proefopstelling waarmee de praktijkproef uitgevoerd is staat in Figuur 14. Met de volgende ruislogger correlatoren is de praktijkproef uitgevoerd:

| Lekdetectie apparatuur | Apparatuur         | Fabrikant     | Leverancier             |
|------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| Ruislogger correlator  | LOG3000 correlator | VonRoll Hydro | Schmidt Watertechnieken |
| Ruislogger correlator  | Enigma             | Primayer      | Esders                  |

Tabel 20 Lekdetectie apparatuur die getest wordt tijdens de praktijkproeven



Figuur 14 Schematisering proefopstelling

Het buismateriaal waarmee getest is in Eindhoven is PVC. Het simuleren van een realistisch lek is gedaan door het nemen van een hap uit de rubberenring in de verbinding tussen de PVC leidingen. Dit is om de volgende drie argumenten gekozen:

1. Het onderzoek dat uitgevoerd is door het Bedrijfstakingonderzoek Waterleidingbedrijven (BTO) over het onderwerp 'Faalmechanismen PVC leidingen' is nog niet ingegaan op het falen van de verbindingen van de PVC leidingen [45];
2. 17% van de leidingen bij Brabant Water hebben PVC als buismateriaal [46];
3. Binnen Brabant Water is de praktijkervaring dat PVC leidingen een lekkage kunnen vertonen op de verbinding, maar nog onbekend hoe deze lekken opgespoord kunnen worden.

## 6.2 Resultaten

Op maandag 9 mei is de praktijkproef voor het testen van de ruislogger correlator uitgevoerd op het proefterrein in Eindhoven. De resultaten die behaald zijn tijdens de testen met de ruislogger correlator staan weergegeven in Tabel 21.

| Gesimuleerd lek op PVC $\Phi 110\text{mm}$ | Lekverlies ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) | Gedeteerd lek (ja/nee) | Meetafwijking |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------|
| Nulmeting                                  | 0                                    | Nee                    | -             |
| Hap uit rubberenring 4mm                   | 0,004                                | Nee                    | -             |
| Hap uit rubberenring 10mm                  | 0,012                                | Nee                    | -             |
| Zaagsnede op leiding 20 mm                 | 1,527                                | Ja                     | 0,3m          |
| Zaagsnede op leiding 30 mm                 | 2,360                                | Ja                     | 0,6m          |

Tabel 21 Samenvatting: resultaten praktijkproef met de ruislogger correlator

Het lekverlies door het gesimuleerde lek is gemeten door een debietmeter aan het begin van de leiding. Deze debietmeter heeft al het ingaande water in de leiding gemeten. De debietmeter was met een nauwkeurigheid van één liter af te lezen, zie Figuur 15.



Figuur 15 Debietmeter EVA HPB 2951

Om er zeker van te zijn dat er in het leidingnet op het proefterrein geen andere lekken aanwezig waren, is een nulmeting uitgevoerd. Gedurende de nulmeting is er door de debietmeter geen waterverbruik gemeten. Op de leiding in het proefterrein vond tijdens de praktijkproef verder geen waterafname plaats. Hierdoor is er vanuit gegaan dat al het water dat door de debietmeter is geregistreerd lekverlies is dat werd veroorzaakt door het gesimuleerde lek op de leiding.

Voor het testen van de ruislogger correlator zijn twee lekken gesimuleerd op de proefopstelling:

1. Een lek met als oorzaak een kapotte rubberen ring in de verbinding. Dit lek is gesimuleerd door uit de rubberen ring een hap te nemen met een afmeting van 4mm en één van 10mm, zie Figuur 16.



Figuur 16 Hap uit rubber van 4mm (linker foto) en hap uit rubber 10mm (rechter foto)



2. Een lek met als oorzaak dwarsscheur in de buis. Dit lek is gesimuleerd door het maken van een zaagsnede dwars op de buis met een lengte van 20mm en één van 30mm, zie Figuur 17.

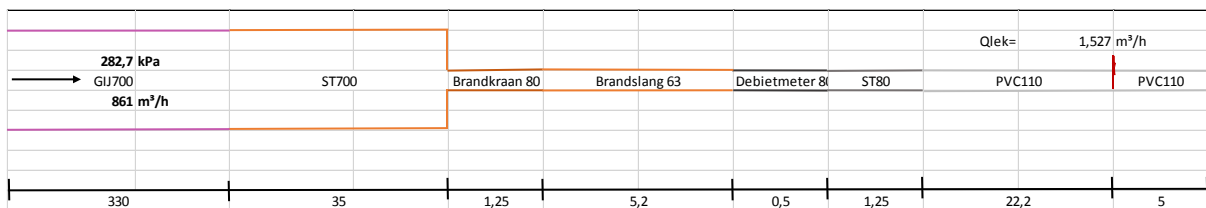


Figuur 17 Zaagsnede met lengte 20mm (linker foto) en zaagsnede met lengte 30mm (rechter foto)

Bij het gesimuleerde lek door de zaagsnede met een lengte van 20mm werd door de ruislogger correlator Enigma van de leverancier Esders, het lek gedetecteerd met een nauwkeurigheid van 0,3m. Dit was het lek met het kleinste debiet dat was te detecteren door de ruislogger correlator. Het debiet van het lek was 1,527 m<sup>3</sup>/h.

### 6.3 Hydraulische berekening

Om te bepalen welke invloed het lek heeft op het stroombeeld in de leiding zijn hydraulische berekeningen uitgevoerd, met als doel de resterende druk ter hoogte van het lek te bepalen. De berekeningen gaan in op het wrijvingsverlies en vernauwings- of verwijdingsverlies dat in de leiding op heeft getreden. De berekeningen worden uitgevoerd voor het lek met een debiet van 1,527m<sup>3</sup>/h.



Figuur 18 Leidingschets van de situatie zoals deze zich heeft voor gedaan tijdens de praktijkproef

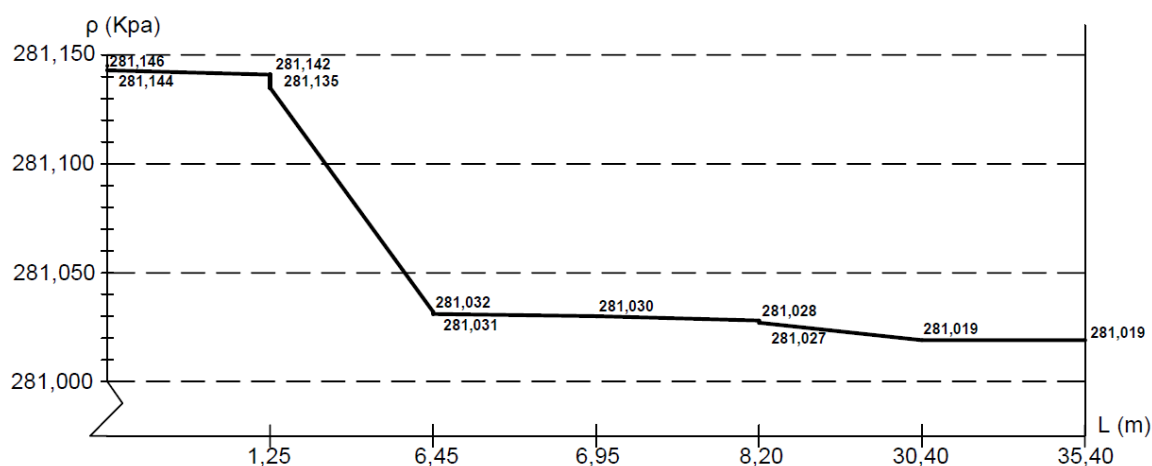
De GIJ700 en ST700 zijn transportleidingen die vanaf het WPB Eindhoven drinkwater distribueren naar de inwoners van Eindhoven. Vanaf het pompstation werd het drinkwater met een druk van 282,7kPa ten tijden van de praktijkproef het distributienetwerk ingepompt. Het aanwezige debiet in de transportleidingen was 861m<sup>3</sup>/h tijdens de praktijkproef. Vanaf de ST700 is een aftakking naar het proefterrein. Het totale drukverlies door wrijving dat in GIJ700 en ST700 tot de aftakking naar het proefterrein heeft opgetreden is 1,554kPa, zie Tabel 22. De druk waarmee het drinkwater de leidingen op het proefterrein is ingestroomt is 281,146kPa.

|                    | GIJ700 | ST700  | Brandkraan | Brandslang | Debietmeter | ST80   | PVC110 | PVC110  |
|--------------------|--------|--------|------------|------------|-------------|--------|--------|---------|
| $\Delta H_v$ (kPa) | 0,0000 | 0,0000 | 0,0018     | 0,0069     | 0,0009      | 0,0000 | 0,0002 | 0,00000 |
| $\Delta H_w$ (kPa) | 1,3920 | 0,1624 | 0,0022     | 0,1031     | 0,0009      | 0,0022 | 0,0085 | 0,00000 |
| $\Delta H$ (kPa)   | 1,554  |        | 0,127      |            |             |        |        |         |

Tabel 22 Samenvatting drukverliezen door wrijving en vernauwing of verwijding [47]

De leidingen op het proefterrein worden gevuld door de brandkraan die aangesloten staat op de ST700 leiding. Vanaf deze brandkraan gaat via een brandslang, debietmeter en aansluitleiding het water naar de PVC110 toe waar het lek in is gesimuleerd. Het debiet dat door de leiding stroomt is het debiet van het lek met  $1,527\text{m}^3/\text{h}$ , verder staat er geen verbruik op de leiding. De totale invloed van het lek op de drukafname dat in de leiding ontstaat door wrijving is  $0,1266\text{kPa}$ . Het stromingsprofiel is weergegeven in Figuur 19. De resterende druk ter hoogte van het lek komt hierdoor uit op  $281,019\text{kPa}$ .

De hydraulische berekeningen zijn gecontroleerd door Sjoerd Dijkstra, adviseur watervoorziening bij Brabant Water.



Figuur 19 Stromingsprofiel in leiding op het proefterrein t.g.v. lek met  $Q=1,527\text{m}^3/\text{h}$

## 7. Pilots

Er zijn twee locatie's uitgekozen voor het uitvoeren van pilots met de ruislogger correlator. Het doel van de pilots is het detecteren van lekken in het distributienetwerk van Brabant Water. Eén pilot is uitgevoerd in Haaren op een AC400 leiding, hierbij was het vermoeden dat er een lek in de leiding zat door een versleten rubberen ring in de verbinding. De ruislogger correlator is hierbij over een afstand van 454m uitgezet, maar heeft geen lek kunnen detecteren. Achteraf is gebleken dat er ook geen lek in de AC400 leiding aanwezig was. De tweede pilot is uitgevoerd in Soerendonk op een gerilinde AC200 leiding. De ruislogger is over een afstand van 1270m ingezet en heeft de locatie van het lek weten te detecteren met een nauwkeurigheid van 20m.

In paragraaf 7.1 wordt ingegaan op de pilot die in Haaren op de AC400 leiding is uitgevoerd. Paragraaf 7.2 beschrijft de pilot die in Soerendonk op de GIJ200 leiding is uitgevoerd.

### 7.1 Pilot Haaren

In Haaren heeft een boer bij klantcontact van Brabant Water aangegeven last te hebben van wateroverlast. Er komt water uit de grond precies op de locatie waar hij zijn mais heeft ingekuild. Een vervelende situatie, want de onderste laag van het mais droogt zo niet goed waardoor het gaat rotten. Het vermoeden is een lekkende waterleiding onder de ingekulde mais. Een indicatie waarom het vermoeden is dat het water afkomstig is van een drinkwaterleiding van Brabant Water is dat er wit zand met het omhoog stromende water mee komt, zie Figuur 20.

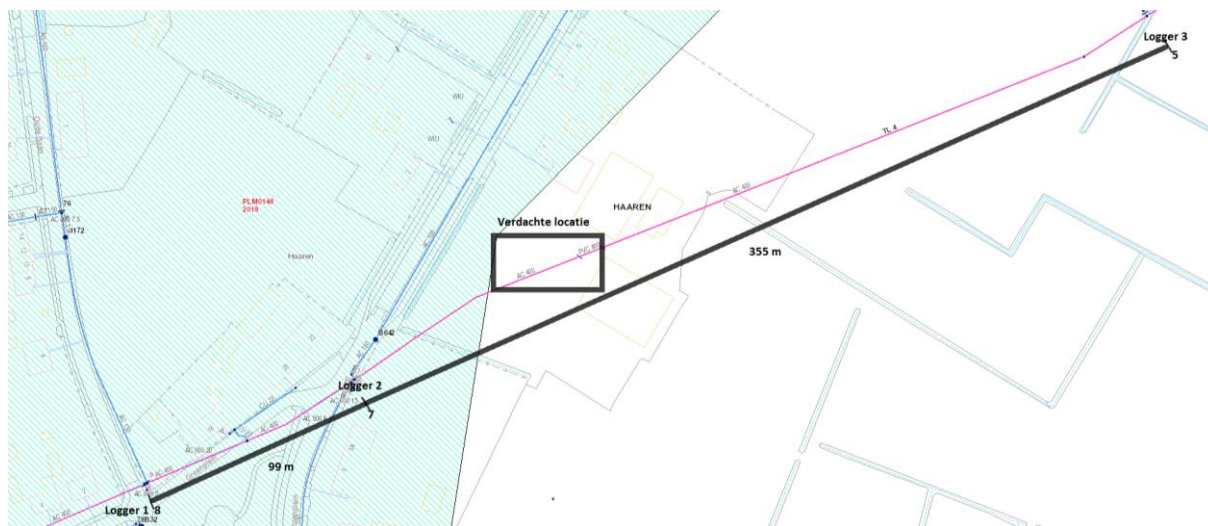


Figuur 20 Wit zand is vermoeden voor een lek in het distributienetwerk



### 7.1.1 Locatie

In Gis is een AC400 leiding te zien die precies onder de ingekuilde mais van de boer loopt, zie Figuur 21. In het verleden zijn er al 2 spontane reparaties op de AC400 leiding uitgevoerd door aangetaste rubberen ringen in de verbinding die een lek tot gevolg hadden. De leiding is afkomstig van het WPB Haaren en is aangelegd in 1961.



Figuur 21 Lekkage locatie Haaren

### 7.1.2 Voorbereiding

Het toepassen van de correlerende ruislogger heeft als doel de exacte locatie van het lek vast te stellen. Hierna kan op de locatie doelgericht worden gegraven om de lekkende leiding te vervangen.

De 3 ruisloggers van de correlerende ruislogger zijn ingesteld voor 3 metingen in de nacht. De drie loggers zijn allemaal op afsluiters geplaatst, locatie logger 1, 2 en 3 in Figuur 21 weergeeft de locatie van de loggers. De totale lengte tussen de loggers bedraagt 454m, de lengte tussen de ruisloggers dienen later in het software programma ingevoerd te worden.

### 7.1.3 Resultaten

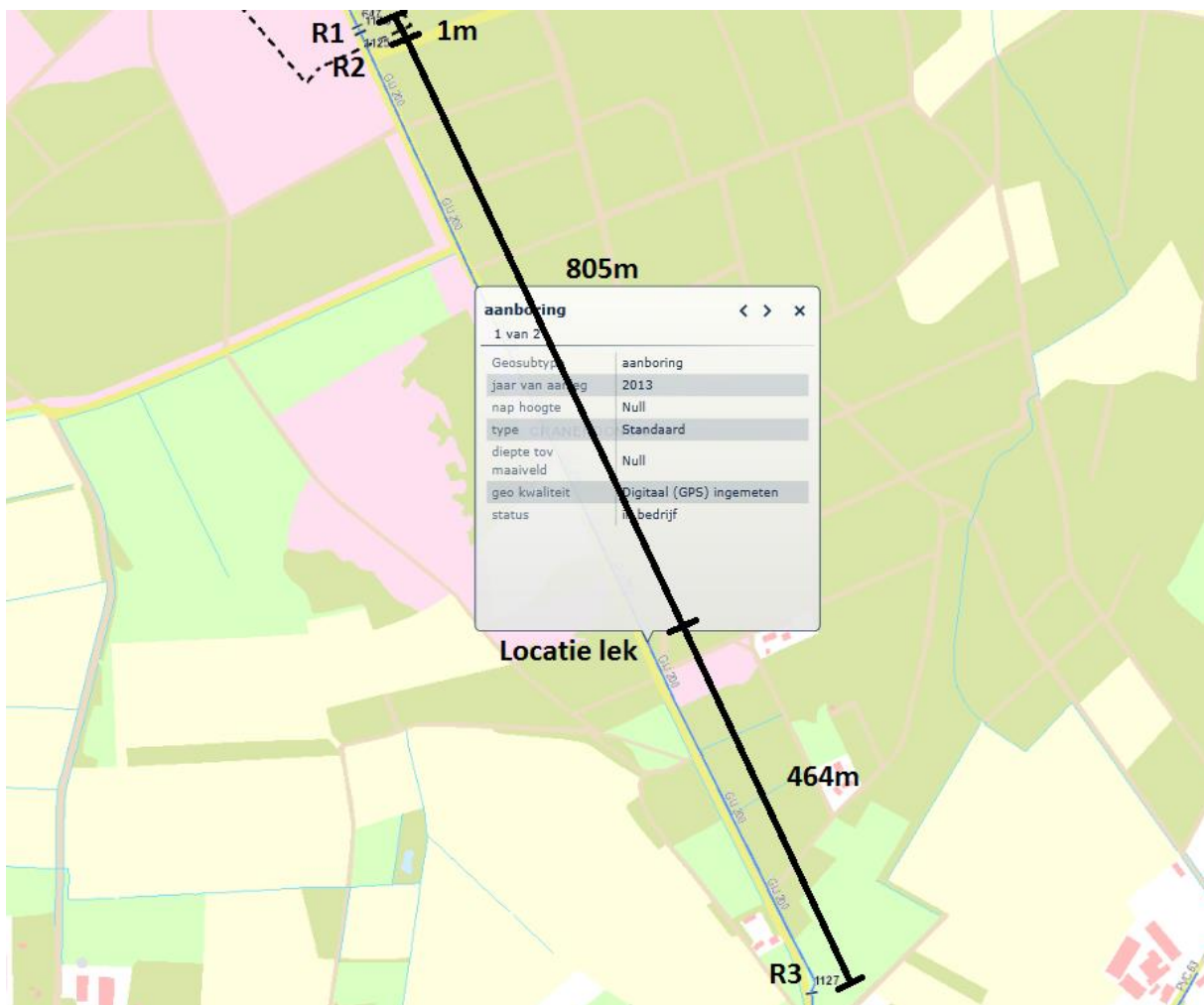
Na het uitlezen van de verzamelde data door de ruislogger correlator op de computer is er geen duidelijke locatie van een lek naar voren gekomen. Achteraf is gebleken dat er geen lek op de verdachte locatie zat. Op het moment dat de boer zijn ingekuilde mais had uitgereden verdween tegelijkertijd het omhoogkomende water. Het water dat wit zand met zich mee spoelde kwam waarschijnlijk door de verhoogde druk op de ondergrond door de ingekuilde mais.

## 7.2 Pilot Cranendonk

In de gemeente Cranendonk heeft Brabant Water een GIJ200 leiding uit 1949 die in 2012 is ge-relined met epoxy. In 2015 is deze leiding geïnspecteerd met de Pipe-Inspector van MTA-Messtechnik, een intelligent PIG. Een camera aan boord van de Pipe-Inspector maakte vanuit de binnenkant van de leiding een opname van de epoxy. De Pipe-Inspector had ook microfonen aan boord om geluid van een lek te kunnen detecteren. Doordat het de eerste keer was dat Brabant Water de Pipe-Inspector inzette werd als test een lek in de leiding gesimuleerd.

Op 1 juni 2016 is een nieuwe intelligente PIG getest in de gerelinde GIJ Ø200mm. Op de vooravond van de test is het gesimuleerde lek, van de test met de Pipe-Inspector, weer opgezet. Door op de aanwezige afsluiters en hydranten de ruislogger correlator te plaatsen is in de nacht getest of het lek door de ruislogger correlator te detecteren was.

### 7.2.1 Locatie



Figuur 22 Lekkage locatie Soerendonk

### 7.2.2 Voorbereiding

Het gesimuleerde lek is gecreerd door een dienstkraan op de GIJ200 te boren en deze open te zetten. Op de GIJ200 leiding bevinden zich drie afsluiter en twee hydranten. Ruislogger 1 en ruislogger 3 zijn op een afsluiter en ruislogger 2 is op een hydrant geplaatst. Het lek bevindt zich op een afstand van 464m vanaf ruislogger 3, zie Figuur 22. Door de ruisloggers in te stellen voor een meting in de nacht is op 1 juli om 02:00u, 03:00u en 04:00u, over een periode van 1 minuut, de geluidsopname gemaakt.

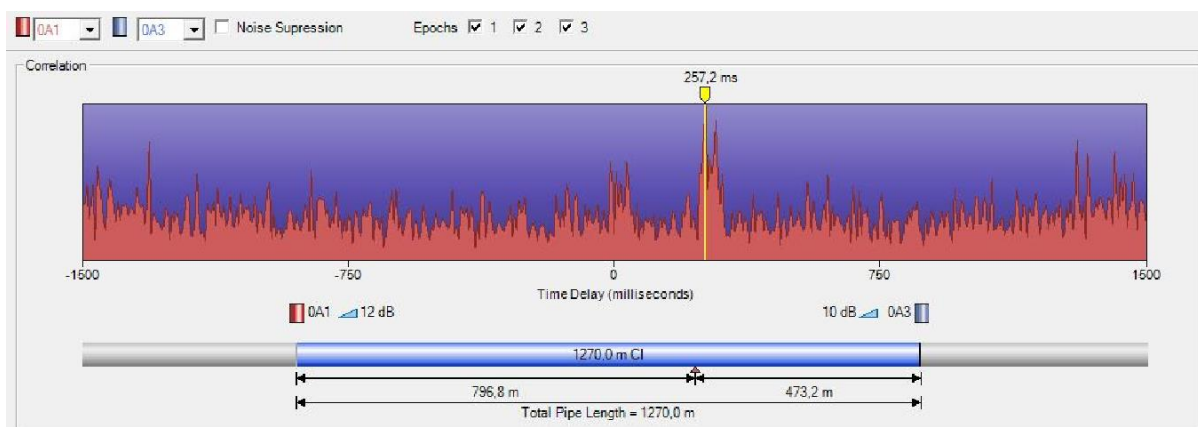
### 7.2.3 Resultaten

Na het uitlezen van de verzamelde data door het softwareprogramma en het invoeren van de gegevens over de leiding zijn de resultaten duidelijk geworden die met de ruislogger correlator zijn behaald.

Tussen ruislogger 1-2 zat een te kleine afstand om een correlatie uit te voeren. Tussen ruislogger 2-3 en ruislogger 1-3 zijn wel duidelijke resultaten behaald. Met het detecteren van het lek op een afstand van 473,2 meter van ruislogger 3, heeft de correlatie tussen ruislogger 1-3 het beste resultaat behaald, zie Figuur 23.

Door de ruislogger correlator is de locatie van het lek met een meetonnauwkeurigheid van 20 meter gedetecteerd. Deze meetonnauwkeurigheid is te verklaren door:

- Enkele PVC stukken die in de leiding zitten en een andere geluidssnelheid hebben dan GIJ,
- De relining die invloed heeft op de geluidssnelheid van de GIJ leiding.



Figuur 23 Grafiek van meting door ruislogger correlator 1 en 3, pilot gemeente Cranendonk

## 8. Conclusie

In de conclusie is antwoord gegeven op de hoofdvraag en deelvragen die in de inleiding van het afstudeerverslag geformuleerd zijn.

### 8.1.1 Hoofdvraag

*‘Welke lekdetectie apparatuur voor waterleidingen is beschikbaar en onder welke omstandigheden zijn deze toepasbaar voor Brabant Water zelf en hun internationale projecten? Welke kennis ontbreekt er bij monteurs binnen Brabant Water over lekdetectie en wat is ervoor nodig om deze kennis over te dragen?’*

Tijdens dit afstudeeronderzoek is, voor het distributienetwerk van Brabant Water, de lekdetectie apparatuur die op basis van geluid een lek detecteren als beste naar voren gekomen. Een lekdetectie set bestaande uit ruisloggers, een ruislogger correlator en een grondmicrofoon zijn de drie lekdetectie apparatuur die lekken in Gietijzer en Asbestcement leidingen kunnen detecteren. Bij Brabant Water zijn de ligging van distributieleidingen, afluiters en brandkranen in een Geografisch Informatie Systeem verwerkt. Bij Brabant Water is hierdoor duidelijk dat er bij 98% van de distributieleidingen maximaal om de 500 meter een afsluiter of brandkraan aanwezig is voor het plaatsen van een ruislogger. Tijdens dit afstudeeronderzoek is onduidelijk gebleven of de omstandigheden bij de buitenlandse projecten van Brabant Water dusdanig gunstig zijn dat er om de 500 meter in het distributienetwerk een afsluiter of brandkraan aanwezig is. Dit is een vereiste voor het kunnen toepassen van de lekdetectie apparatuur.

Monteurs binnen Brabant Water zijn wel bekend met het opsporen van lekken in het distributienetwerk. Dit gebeurt op de ‘ouderwetse manier’ door een schroevendraaier tegen de leiding te zetten waarmee naar het geluid in de leiding geluisterd wordt. Met de moderne techniek van de ruislogger, ruislogger correlator en grondmicrofoon wordt ook op basis van geluid een lek in de leiding gedetecteerd. Het uitvoeren van een inspectie op een distributieleiding met behulp de lekdetectie apparatuur vereist wel meer uitleg dan het plaatsen van een schroevendraaien tegen de leiding.

Over de werkelijke toepassing in het veld is met de ruisloggers tijdens dit afstudeeronderzoek te weinig ervaring opgedaan om te onderbouwen wat ervoor nodig is om de praktijkkennis over de toepassing van lekdetectie over te dragen aan monteurs in opleiding en monteurs die al in dienst zijn bij Brabant Water. Naar aanleiding van het afstudeeronderzoek wordt in het opleidingsprogramma voor leerlingen van de opleiding Gas, Warmte en Water aan het Willem II College lekdetectie apparatuur wel een onderdeel in het lesprogramma.

## 8.1.2 Deelvragen

### 1. Welke lekdetectie apparatuur zijn op de nationale- en internationale markt beschikbaar?

Bedrijven die zowel nationaal als internationaal actief zijn met het aanbieden van lekdetectieapparatuur maken onderscheid naar de volgende lekdetectie apparatuur:

- |                             |                         |                      |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|
| ▪ Debietmeter               | ▪ Ruislogger            | ▪ Traceergas         |
| ▪ Ultrasonische debietmeter | ▪ Ruislogger correlator | ▪ Optische glasvezel |
| ▪ Grondmicrofoon            | ▪ Hydrofoon correlator  | ▪ Intelligent PIG    |

### 2. Welke lekdetectie apparatuur is het meest geschikt om lekken in een waterleiding op te sporen en hoe effectief werkt de lekdetectie apparatuur in de praktijk?

Lekdetectie apparatuur die het meest geschikt is om lekken in het distributienetwerk van Brabant Water op te sporen zijn de:

- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| ▪ Grondmicrofoon | ▪ Ruislogger correlator |
| ▪ Ruislogger     | ▪ Hydrofoon correlator  |

Bovenstaande lekdetectie apparatuur zijn beoordeeld in een Multicriteria Analyse (MCA) met de methode gewogen somming. De ruislogger correlator is met een beoordeling van 8,10 als beste uit de MCA gekomen.

Door een lek wordt een geluid geproduceerd, de ruislogger correlator meet dit geluid, waardoor een lek gedetecteerd wordt. Een vereiste voor het inzetten van de ruislogger correlator is dat deze op een afsluiter of brandkraan wordt geplaatst die zich maximaal 500 meter van elkaar bevinden. Bij Brabant Water voldoet 98% van de distributieleidingen aan deze eis.

Het drinkwaterbedrijf Oasen zet sinds 2004 al actief lekdetectie apparatuur in, met Oasen is de discussie aangegaan over hoe zij de lekdetectie apparatuur toepassen. Voor het vinden van een lek selecteert Oasen eerst een verbruiksgebied waar een verhoogde kans op lekken aanwezig is. Hierdoor wordt het gebied verkleind waarin de lekdetectie apparatuur toegepast wordt.

Bij het toepassen van de lekdetectie apparatuur wordt begonnen met het uitzetten van de ruisloggers op alle aanwezige afsluiters en hydranten in het gebied. Per dag kan op deze manier circa 5 km aan leidingen geïnspecteerd worden. Na het detecteren van een lek wordt de ruislogger correlator of grondmicrofoon ingezet voor het detecteren van de exacte locatie van het lek. Sinds kort heeft Oasen ook de beschikking over een hydrofoon correlator om ook op PVC leidingen de exacte locatie van het lek te vinden.

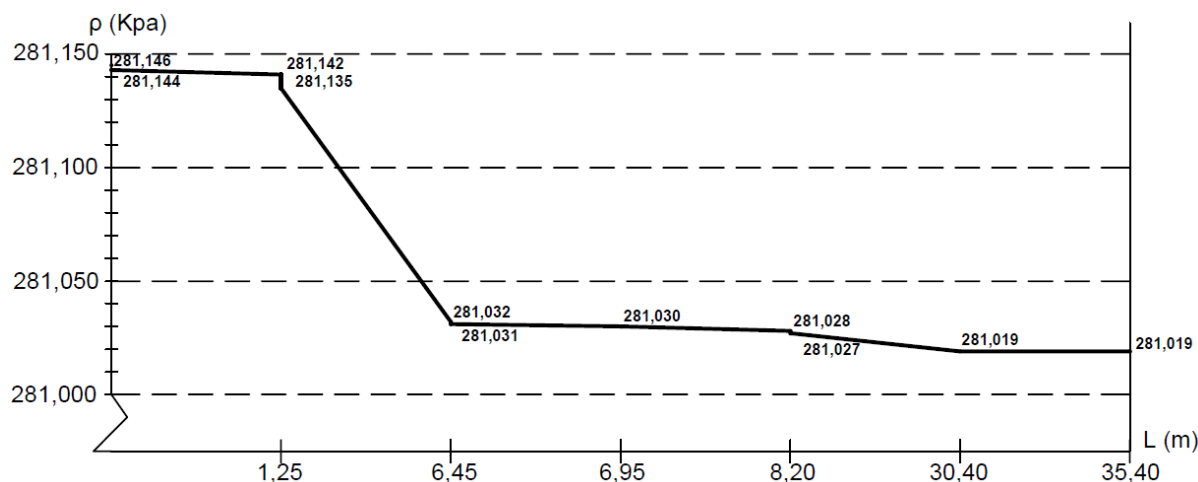
Bij Brabant Water kan de lekdetectie apparatuur effectief worden toegepast op 98% van de distributieleidingen. Op dit moment is het niet mogelijk om op basis van verbruiksgebieden een gebied te selecteren waar een verhoogde kans op lekken aanwezig is. Op het moment dat dit wel mogelijk is wordt de effectiviteit waarmee de lekdetectie apparatuur ingezet kan worden verhoogd.



### 3. Welke resultaten zijn er met de lekdetectie apparatuur op een proefopstelling te behalen en hoe ziet het druk afname profiel eruit in het stroombeeld van de waterleiding door een lek?

Op een proefterrein bij het regio kantoor Zuidoost van Brabant Water is een proefopstelling gemaakt met een PVC110 leiding waarin een lek is gesimuleerd. Over een lengte van 30 meter is een lek met een debiet van 1,527 m<sup>3</sup>/h met een onnauwkeurigheid van 0,3 meter gedetecteerd.

Het drukafname profiel dat door het lek met een debiet van 1,527 m<sup>3</sup>/h is ontstaan in het stroombeeld van de leiding is weergegeven in Figuur 24. De totale drukafname dat in de leiding ontstaat door vernauwingen of verwijdingen en wrijving is 0,1266 kPa. De resterende druk ter hoogte van het lek komt hierdoor uit op 281,019 kPa. De hydraulische berekeningen zijn gecontroleerd door Sjoerd Dijkstra, adviseur watervoorziening bij Brabant Water.



Figuur 24 Stromingsprofiel in leiding op het proefterrein t.g.v. lek met  $Q=1,527\text{m}^3/\text{h}$

### 4. Hoeveel Niet In Rekening Gebracht Verbruik kan voorkomen worden door de toepassing van lekdetectie en welke kosten en baten zijn te behalen met het inzetten van de lekdetectie apparatuur?

Het lekverlies dat verloren gaat is berekend door het totale distributieverlies bij Brabant Water te achterhalen. Het distributieverlies is opgebouwt uit verschillende componenten waar lekverlies er één van is. Het verschil tussen het distributieverlies en de componenten die achterhaald zijn vormt het lekverlies van 3.750.000m<sup>3</sup> per jaar, zie Tabel 23.

|                                         | 2013                 | 2015                 |
|-----------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Distributieverlies (m <sup>3</sup> )    | 4.129.280            | 4.598.994            |
| Berekende componenten (m <sup>3</sup> ) | 610.632+X            | 620.903+Y            |
| Lekverlies (m <sup>3</sup> )            | <b>X = 3.518.648</b> | <b>Y = 3.978.091</b> |

Tabel 23 Samenvatting berekening lekverlies

In het overzicht van Tabel 24 op de volgende pagina staan de uitkomsten van de theoretische kosten- en batenanalyse. De kosten zijn €652.652,75 hoger dan de baten. Dit betekent een negatieve uitkomst uit de kosten- en batenanalyse. Een kanttekening bij de berekening van de kosten is dat de kosten voor het repareren van een gedetecteerd lek in het distributienetwerk nog niet zijn meegenomen. Een andere kanttekening bij de berekening van de baten is dat baten die worden behaald door het voorkomen van imago schade nog niet zijn meegenomen.

|                                     | Kosten (€)         | Baten (€)         |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Afschrijving lekdetectie apparatuur | 8.850,-            |                   |
| Arbeid monteur                      | 1.633.500,-        |                   |
| Distributieverlies: lekverlies      |                    | 131.250,-         |
| Storingen en schade aan derden      |                    | 858.447,25        |
| <b>Totaal</b>                       | <b>1.642.350,-</b> | <b>989.697,25</b> |

Tabel 24 Overzicht van kosten en baten voor het inzetten van de lekdetectie apparatuur

**5. Welke ervaring op het gebied van lekdetectie is er al binnen Brabant Water aanwezig en wat is ervoor nodig om praktijkkennis over de toepassing van lekdetectie over te dragen aan monteurs in opleiding en monteurs die al in dienst zijn bij Brabant Water?**

Bij Brabant Water zijn maar een beperkt aantal medewerkers eerder in aanraking geweest met lekdetectie apparatuur. Over de toepassing van de grondmicrofoon, ruislogger en ruislogger correlator is tijdens dit onderzoek veel kennis opgedaan. Over de praktijktoepassing van de lekdetectie apparatuur is tijdens dit afstudeeronderzoek weinig ervaring opgedaan. Er is meer praktijkervaring nodig om te onderbouwen wat ervoor nodig is om praktijkkennis over de toepassing van lekdetectie over te dragen aan monteurs in opleiding en monteurs die al in dienst zijn bij Brabant Water.

Voor de leerling monteurs die de opleiding Gas, Warmte en Water volgen aan het Willem II College wordt een onderdeel in het lesprogramma lekdetectie apparatuur. De bevindingen die in '3 Bijlagen Lekdetectie Apparatuur' staan komen terug in het lesonderdeel 'Onderhoud aan het distributienetwerk' van de opleiding.

**6. Hoe kan de opgedane kennis over lekdetectie apparatuur ook worden toegepast bij de internationale projecten van Brabant Water?**

Bij de internationale projecten van Brabant Water hebben de drinkwaterbedrijven over het algemeen een hoger Niet In Rekening Gebracht Verbruik (NIRGV) en lagere arbeidskosten dan in Nederland. Arbeidskosten zijn in de kosten- en batenanalyse de bepalende factor. Het toepassen van lekdetectie apparatuur leidt hierdoor sneller tot een positieve business case in het buitenland.

Tijdens dit afstudeeronderzoek is, voor Brabant Water specifiek, de lekdetectie apparatuur die op basis van geluid een lek detecteren als beste naar voren gekomen. Een vereiste voor het inzetten van de lekdetectie apparatuur is dat in het distributienetwerk afsluiter of brandkranen zich maximaal 500 meter van elkaar bevinden. Als er in het distributienetwerk onvoldoende afsluiters aanwezig zijn is lekdetectie apparatuur dat op basis van geluid lekken niet geschikt om toe te passen. Met de opgedane kennis over de andere lekdetectie apparatuur kan een passend lekdetectie apparatuur geselecteerd worden die wel geschikt is voor het distributienetwerk bij het buitenlandse project.

## 9. Aanbeveling

Met het afstudeeronderzoek voor Brabant Water is kennis opgedaan over lekdetectie apparatuur. Op basis van de bevindingen die tijdens het afstudeeronderzoek zijn gedaan is een aanbeveling voor Brabant Water opgesteld.

Met een omvang van 18.149km distributieleidingen bij Brabant Water is er een groot aantal aanleidingen dat geïnspecteerd moet worden met lekdetectie apparatuur. Het toepassen van de lekdetectie apparatuur vraagt hierdoor om veel arbeid. De hoge arbeidskosten hebben in de kosten- en batenanalyse de doorslag gegeven voor een negatieve uitkomst. Dit betekend echter niet dat het voor Brabant Water gelijk niet interessant is om te investeren in de lekdetectie apparatuur. Tijdens de praktijkproef is aangetoond dat de lekdetectie apparatuur zelfs werkt op PVC leidingen naast GIJ en AC leidingen. Met de pilot is aangetoond dat over een afstand van 1270m een lek met een nauwkeurigheid van 9 meter gevonden kon worden. De lekdetectie apparatuur heeft zich dus wel weten te bewijzen, maar vanwege de negatieve uitkomst uit de kosten- en batenanalyse is er niet direct aanleiding grootschalig te investeren in lekdetectie apparatuur. Hiervoor moet eerst nader onderzoek worden verricht.

Bij de kosten- en batenanalyse is onduidelijkheid geweest over het aantal lekken dat voorkomen kan worden door het inzetten van lekdetectie apparatuur. Door hier nader onderzoek naar te verrichten kan een betere kosten- en batenanalyse uitgevoerd worden. Twee vragen voor nader onderzoek zijn:

- Met welk debiet van een lek in een leiding wordt deze opgemerkt door omwonende waardoor een storingsmelding bij Brabant Water binnen komt en een reparatie aan het distributienetwerk moet worden uitgevoerd?
- Hoeveel tijd kost het dat een lek erover doet om zich te ontwikkelen tot een leidingbreuk?

Wat in dit afstudeerverslag niet duidelijk naar voren is gekomen, maar waar tijdens de afstudeerperiode wel aandacht aan is besteed, zijn nieuwe ontwikkelingen binnen Brabant Water als 'District Meter Area's (DMA)' en 'Slimme Watermeters'. Door beide ontwikkelingen is de verwachting dat een beter inzicht ontstaat van gebieden waar een verhoogde kans op lekken is. Momenteel kiest Brabant Water er nog niet voor om DMA's en slimme watermeters op grote schaal toe te passen. Zodra bij Brabant Water inzicht is in gebieden die een verhoogde kans op lekken hebben hoeft minder arbeid te worden verricht voor het detecteren van lekken.

Daarnaast zijn er tijdens het afstudeeronderzoek bij Brabant Water een grondmicrofoon en ruislogger correlator naar boven gekomen die in het verleden al waren aangeschaft. Voor Brabant Water biedt de aanwezige lekdetectie apparatuur de mogelijkheid om in te zetten op leidingen waar een lek wordt verwacht en biedt wellicht ook de mogelijkheid om toe te passen bij de internationale projecten.

Wat ik Brabant Water aan wil bevelen is door te gaan met lekdetectie apparatuur. Aan de ene kant door meer praktijkervaring op te doen met het inzetten van de lekdetectie apparatuur die al aanwezig is en aan de andere kant meer onderzoek te doen naar hoe de lekdetectie apparatuur zo effectief mogelijk ingezet kan worden. Zeker met een blik op de toekomst, waar de verwachting is meer inzicht te krijgen in gebieden waar een verhoogde kans op lekken aanwezig is, is het goed nu alvast meer ervaring op te doen met het toepassen van lekdetectie apparatuur.

## Bibliografie

- [1] M. v. Veldhoven, „Berekening meetverlies,” Brabant Water, Den Bosch, 2010 - 2015.
- [2] S. Research, „Stated NRW Rates in Urban Networks,” The Smart Water Networks Forum, 2011.
- [3] „Corporate Governance,” Januari 2016. [Online]. Available: <http://www.brabantwater.nl/overbrabantwater/Paginas/Corporate%20Governance.aspx>.
- [4] s. d. Kees de Jong, *Kiwa Watersymposium Brabant Water*, Amsterdam: Brabant Water, 2016.
- [5] „Non Revenue Water,” Water-simulation, [Online]. Available: <http://www.water-simulation.com/wsp/2012/01/15/stated-nrw-non-revenue-water-rates-in-urban-networks/>. [Geopend 5 2 2016].
- [6] Accenture, „Bedrijfsvergelijking drinkwatersector,” Vewin, Den Haag, 2013.
- [7] „Bedrijfsvergelijking drinkwatersector,” *Water in zicht 2012*, nr. Vewin (Vereniging van waterbedrijven in Nederland), p. 31, 2013.
- [8] „Gevolgen wateroverlast VUmc september 2015,” Vrije Universiteit medisch centrum, 23 September 2015. [Online]. Available: <http://www.vumc.nl/afdelingen/over-vumc/nieuws/wateroverlast-vumc/>. [Geopend 12 Januari 2016].
- [9] NOS, „Auto's verdwijnen in scheur in de weg in historisch Florence,” NOS, 25 mei 2016. [Online]. Available: <http://nos.nl/artikel/2107098-auto-s-verdwijnen-in-scheur-in-de-weg-in-historisch-florence.html>. [Geopend 2016 6 2016].
- [10] O. Brabant, „Waterleiding springt in Mierlo, auto zakt weg in Heer van Rodestraat: 120 gezinnen zonder water,” Omroep Brabant, 4 juni 2016. [Online]. Available: <http://www.omroepbrabant.nl/?news/250187982/Waterleiding+springt+in+Mierlo,+auto+zakt+weg+in+Heer+van+Rodestraat+120+gezinnen+zonder+water.aspx>. [Geopend 6 juni 2016].
- [11] „Geschiedenis,” [Online]. Available: <http://www.brabantwater.nl/overbrabantwater/Paginas/Geschiedenis.aspx>. [Geopend Januari 2016].
- [12] Vewin, „Sector in Beeld,” Vewin, 2015. [Online]. Available: <http://www.vewin.nl/sector-in-beeld/>.
- [13] Enigma, „Enigma,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/enigma/>.
- [14] Enigma-hyQ, „Enigma-hyQ,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/enigma-hyq/>.
- [15] Hykron, „Hykron,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/hykron/>.
- [16] Phocus, „Phocus,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/phocus3/>.
- [17] PrimeFlo-T, „PrimeFlo-T,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/primeflo-t/>.
- [18] PrimeTrace, „PrimeTrace,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/primetrace/>.
- [19] Inventec, „Optische glasvezel,” *Folder LeakALert*, p. 2.
- [20] SebaKMT, „Uitvoering drukmeter,” *Portable flow and pressure meter*, p. 2.
- [21] FLEXIM, „Uitvoering plaatsen van druklogger,” *FLEXIM Ultrasonic Flowmeter for Water*, p. 7.
- [22] FLEXIM, „The Transit-Time Difference Method,” juni 2013. [Online]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=fz\\_XOheeJUo](https://www.youtube.com/watch?v=fz_XOheeJUo).
- [23] GUTTERMANN, „Uitvoering draadloze ruisloggers,” *ZONESCAN 820 correlating radio loggers*, p. 3.

- [24] Primayer, „Uitrustig ruislogger,” *EUREKAdigital*, p. 2.
- [25] J. Driessen, *Presentatie: Intelligent PIGGING, niet stalen leidingen*, STOWA & RIONED, 2015.
- [26] EveryThingAboutWater, „Successful Traunk Main Correlations,” *Indepth*, Sydney, 2009.
- [27] Primayer, „Major UK trunk mains trial,” Primayer, Engeland, 2009.
- [28] Echologics, „LeakFinder ST Brochure F5,” Echologics, Leicestershire, 2014.
- [29] „LeakFinder ST,” Echologic, [Online]. Available: <http://www.echologics.com/hardware/leakfinderst> . [Geopend mei 2016].
- [30] „Enigmahydrofoon,” Primayer, [Online]. Available: <http://www.primayer.com/products/enigma-hyq/>. [Geopend mei 2016].
- [31] „Hydrocorr,” SebaKMT, [Online]. Available: <http://www.sebakmt.com/produkte/wasser/leckortung/korrelatoren/sebalog-hydrocorr.html> . [Geopend mei 2016].
- [32] „Aqua scan TM2,” Gutterman, [Online]. Available: <http://en.gutermann-water.com/products/leak-noise-correlators/aquascan-tm2-trunk-main-plastic-pipe-correlator/>. [Geopend mei 2016].
- [33] „SeCorr 300,” Sewerin, [Online]. Available: <http://www.sewerin.com/cms/en/products/detailview/secorr-300.html>. [Geopend mei 2015].
- [34] „Lokal 300,” F.A.S.T. gmbh, [Online]. Available: <http://www.fastgmbh.de/index.php/en/menu-products-en/menu-products-correlators-en/menu-products-lokal300-en>. [Geopend mei 2016].
- [35] „Infra-Control: Dossier,” OASEN, [Online]. Available: <https://www.oasen.nl/waterleidingen/Paginas/Infra-control-dossier.aspx>. [Geopend 04 05 2016].
- [36] M. Wildschut, „Nieuwe lekdetectie apparatuur in gebruik genomen,” OASEN, 04 2016. [Online]. Available: <https://www.oasen.nl/nieuws/Paginas/Nieuwe-lekdetectieapparatuur-in-gebruik-genomen.aspx>. [Geopend 4 05 2016].
- [37] R. Tukkers, *Offerte Esders*, Tilburg, 2015.
- [38] B. W. algemeen, *Personeelskosten Brabant Water*, Den Bosch: Brabant Water, 2016.
- [39] M. Wildschut, Interviewee, 'Lekdetectie'-overleg. [Interview]. 18 mei 2016.
- [40] E. Zaadstra, Interviewee, *Ing.*. [Interview]. 06 Januari 2016.
- [41] P. v. d. Wens, *Hoofd bedrijfsbureau productie*, Breda: Brabant Water, 2016.
- [42] R. Diemel, „2015 Oorzaken leidingfalen Brabant Water,” Brabant Water, Den Bosch, 2015.
- [43] A. v. Vorstenbosch, *Adviseur regio Midden*, Breda: Brabant Water, 2016.
- [44] M. Bodar, *Administratief medewerker schadebehandeling*, Den Bosch: Brabant Water, 2016.
- [45] „U-STORE Toelichting op en afspraken over uniforme storingsregistratie,” BTO, Nieuwegein, 2008.
- [46] M. N. & M. Scheres, „Masterplan Vitalisatie Distributieleidingen,” Den Bosch, 7 december 2015.
- [47] R. L. Mott, *Toegepaste stromingsleer*, Amsterdam: Pearson Benelux BV, 2012.
- [48] „Wie zorgt er voor jouw kraanwater,” krnwtr, [Online]. Available: <https://www.krnwtr.nl/wie-zorgt-er-voor-jouw-kraanwater/>. [Geopend 5 2 2016].