

TOOL VOOR INNOVATIEVE LEKDETECTIE EN LEKLOKALISATIE MET (BESTAANDE) DATA

Auteurs:

Yves Vervoort

INHOUDSTAFEL

1	Stakeholders	5
1.1	Het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO).....	5
1.2	AquaFlanders.....	5
1.3	Het bredere ecosysteem van actoren.....	5
2	Algemene uitdaging en de hoofddoelstelling	5
3	Algemene aanpak	10
3.1	Definitie van randvoorwaarden en richtlijnen.....	10
3.2	Aanbestedingsstrategie.....	11
4	Projectcontext	13
4.1	De huidige situatie.....	13
4.1.1	Netwerktopologie.....	13
4.1.2	Netwerkelementen.....	14
4.1.3	District Metered Areas.....	15
4.1.4	Proces van lekdetectie en leklokalisatie.....	16
4.2	Risico's.....	20
4.2.1	Technologische risico's:.....	20
4.2.2	Operationele risico's:.....	20
4.2.3	Externe databeschikbaarheid:.....	20
4.2.4	Financiële risico's:.....	20
4.2.5	Risico bij samenwerking in een ecosysteem:.....	20
5	Marktanalyse	21
5.1	Academisch onderzoek.....	21
5.2	Commerciële ontwikkeling.....	24
5.3	Analyse.....	25
5.3.1	(Gemeten) gegevens verkregen van fysieke sensoren op specifieke locaties.....	25
5.3.2	Afgeleide gegevens - gegevens van virtuele sensoren in gebieden waar fysieke sensoren niet aanwezig zijn.....	26
5.3.3	Proxy / indirecte gegevens - gegevens die indirect de omstandigheden in het netwerk weerspiegelen.....	26
5.4	Conclusie.....	27
6	Behoeftanalyse	28
6.1	Specifieke behoeften van de verschillende belanghebbenden.....	28
6.1.1	Intro.....	28
6.1.2	Use cases.....	29
6.2	Specifieke randvoorwaarden en beperkingen.....	31
6.2.1	Gebruik van data.....	31

6.2.2	Datastromen.....	31
6.2.3	De kosten voor integratie, algoritmes en technologieën mogen de waterprijs niet verhogen. 31	
6.2.4	Vermindering van afstand en tijd voor lekdetectie.....	31
6.2.5	Nauwkeurigheid van voorspellingen binnen straatlengte.....	32
6.2.6	Precisie van voorspellingen voor dezelfde lekkage.....	32
6.2.7	Betrouwbaarheid van voorspellingen.....	32
6.2.8	Sensitiviteit voor lekkages met een debiet van 1-5 m ³ /uur.....	32
6.3	Beschikbare data	32
6.3.1	Interne databronnen.....	32
6.3.2	Externe databronnen.....	40
6.3.3	Data model.....	42
6.4	Hypothetisch illustratief scenario	44
6.5	Conclusie	45
7	Proof-of-Concept	47
7.1	Deelnamevoorwaarden voor marktpartijen	47
7.2	Opzet van de Proof-of-Concept.....	47
7.2.1	Aanvraag en Toegang tot Data.....	47
7.2.2	Dataformaat en Analyse	48
7.2.3	Vorbereidende stappen door de watermaatschappijen.....	49
7.2.4	Evaluatie en verwerking van de resultaten.....	50
7.2.5	Publicatie van de resultaten	51
7.3	Vervolgtraject en Samenwerkingsmogelijkheden na de Testfase	52
7.4	Conclusies.....	52
8	Marktconsultatie.....	53
8.1	Aanpak en methodologie.....	53
8.2	Groepsdiscussie rond de reeds geïdentificeerde use cases	53
8.2.1	Randvoorwaarden	53
8.2.2	Use cases.....	55
8.3	Brainstormsessie.....	59
8.3.1	Databronnen en datapunten	59
8.3.2	Analytische methoden.....	60
8.4	Reflecties rond de proof-of-concept.....	62
8.4.1	Selectie.....	62
8.4.2	Gebruik van data	62
8.4.3	Doorlooptijd / Tijdsinvestering PoC.....	62
8.4.4	Vervolgtraject.....	63
8.5	Conclusies.....	63

9 Conclusie	65
9.1 Nederlands.....	65
9.2 English.....	66
10 Appendix	67
A.1 Overzicht deelnemende partijen	67

1 Stakeholders

1.1 Het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO)

Het Programma Innovatieve Overheidsopdrachten (PIO) van het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO) heeft als doel de omvangrijke koopkracht van de Vlaamse overheid (en de bredere publieke sector in Vlaanderen) meer strategisch in te zetten voor innovatie. Hiertoe wil het PIO de overheidsorganisaties in Vlaanderen stimuleren en helpen om een deel van hun aankoopmiddelen te besteden aan innovatieve overheidsopdrachten, d.w.z. het (laten) ontwikkelen en/of aankopen van innovatieve producten en diensten waarmee ze hun eigen werking en publieke dienstverlening kunnen optimaliseren en beter kunnen inspelen op de vele maatschappelijke uitdagingen waarvoor ze staan. Op die manier wil het PIO bijdragen tot een performantere overheid, competitievere ondernemingen en oplossingen voor uitdagingen van maatschappelijk belang (gezondheid, milieu en energie, veiligheid, ...). Het PIO biedt aan overheidsorganisaties in Vlaanderen begeleiding en cofinanciering bij de ontwikkeling en validering van innovatieve oplossingen. Dit kunnen nieuwe of sterk verbeterde producten of diensten zijn, maar ook nieuwe manieren van werken en organiseren.

1.2 AquaFlanders

AquaFlanders is de toonaangevende organisatie voor duurzaam waterbeheer in Vlaanderen. In een tijd van toenemende waterschaarste en klimaatverandering benadrukt AquaFlanders het belang van een integrale aanpak van waterbeheer. De organisatie zet zich in voor een toekomst waarin water een waardevolle en toegankelijke bron blijft voor alle Vlamingen, en streeft ernaar water veilig te stellen voor toekomstige generaties. Dit doel wordt bereikt door de ontwikkeling en uitvoering van een duurzaam waterbeleid, waarbij capaciteitsopbouw wordt gefaciliteerd door middel van overleg, onderzoek, kennisopbouw en dienstverlening. Bovendien zet AquaFlanders zich in om Vlaanderen te informeren en sensibiliseren rond duurzaam watergebruik. De kernwaarden van AquaFlanders omvatten een focus op de gezondheid van Vlaamse watergebruikers, met kwaliteit en transparantie als leidende principes. AquaFlanders draagt zorg voor het milieu en streeft voortdurend naar verbetering en innovatie in de watersector. Als koepelorganisatie verdedigt AquaFlanders ook de belangen van haar leden, zijnde de Vlaamse waterbedrijven en rioolbeheerders.

AquaFlanders diende in oktober 2023 een aanvraag in voor de opstart van een PIO-traject (Programma Innovatieve Overheidsopdrachten) getiteld "tool voor innovatieve lekdetectie en leklokalisatie met (bestaande) data". Met dit project wil AquaFlanders tot een geavanceerd systeem komen dat de efficiëntie van lekdetectie en leklokalisatie aanzienlijk verbetert.

1.3 Het bredere ecosysteem van actoren

De drinkwatersector streeft er naar om samen met de industrie en kennisinstellingen de krachten te bundelen. Dit om innovatie te versnellen, enerzijds in versterking van de processen en anderzijds in ontwikkeling van verbeterde technologie. De drinkwaterbedrijven hebben reeds workshops en voorbereidende gesprekken gevoerd om een NRW ecosysteem te creëren waar een wisselwerking ontstaat tussen deze technologieleveranciers en onderzoeksinstituten ten behoeve van de waterbedrijven. Concreet wordt nu een vervolg NRW-ecosysteemevent beoogd waarbij leveranciers worden geconsulteerd, inzichten worden uitgewisseld en oplossingen worden besproken. Dit kan worden beschouwd als een soort 'meet-the-buyer' evenement.

2 Algemene uitdaging en de hoofddoelstelling

De **algemene uitdaging** betreft de aanpak van de waterschaarste in Vlaanderen, die verder verergerd is door klimaatverandering en droogte. Als reactie hierop zoekt de Vlaamse Overheid binnen het kader

van de Blue Deal naar manieren om efficiënter met water om te gaan als kostbaar goed. Het detecteren en lokaliseren van lekkages in waterdistributienetwerken (WDN's) vormt wereldwijd een grote uitdaging voor waterbedrijven.

In een typisch waterdistributienetwerk bedraagt het waterverlies, inclusief 'schijnbare verliezen' en 'echte verliezen', doorgaans 20-30%, en in sommige gevallen loopt dit op tot 50%. Bij Pidpa blijft het verlies echter beperkt tot minder dan 10%. Het project heeft als doel de jaarlijkse waterverliezen met 4% te reduceren van het totale watervolume dat in het leidingnet terechtkomt. Een vermindering van het lekverlies met 4% in heel Vlaanderen komt neer op een besparing van 16,68 miljoen m³ water per jaar. Om de streefwaarde uit de Blue Deal te halen, dient ongeveer 30 miljoen m³ water minder verloren te gaan. Met dit project willen ze dus minstens de helft van deze hoeveelheid realiseren. Om de ambitieuze doelstellingen van de Blue Deal te realiseren, heeft de Vlaamse overheid het doel gesteld om de infrastructure leakage index (ILI) – een KPI voor het meten van werkelijk waterverlies in een distributienet – tegen eind 2025 te verlagen naar 0,5. In 2022 lag de ILI op 0,99 (bron: AquaFlanders). De huidige inspanningen vereisen echter aanzienlijke investeringen en uitbreiding van de personeelscapaciteit.

System Input Volume	Authorized Consumption	Billed Authorized consumption	Billed Metered Consumption	Revenue water
			Billed Unmetered Consumption	
		Unbilled Authorized Consumption	Legitiem waterverbruik dat niet wordt gefactureerd, zoals water dat wordt gebruikt voor openbare voorzieningen of brandbestrijding	Non Revenue Water (NRW) ~ 17% <ul style="list-style-type: none"> ▪ DWG – 25% ▪ Pidpa – 10% ▪ Farys – 13,5%
	Water Losses < 61,4 miljoen m ³ >	Apparent Losses	Water dat verloren gaat als gevolg van administratieve of technische fouten, zoals onjuiste metingen, illegale aansluitingen of foutieve registratie van waterverbruik	
		ILI ~ 87% Real Losses ▪ Bodemsamenstelling ▪ Temperatuur ▪ Materiaal ▪ ...	Leakage on Transmission and/or Distribution Mains	
			< 64 miljoen m ³ >	
			Leakage on Service Connections up to point of Customer Metering	

Figuur 1: Opsplitsing van het systeeminvoervolume voor het monitoren van de efficiëntie en het identificeren van onbedoeld waterverlies in het netwerk

De Vlaamse waterbedrijven hebben bevestigd dat ze zich meer willen inspannen om waterverliezen te reduceren, met dit cijfer als richtwaarde. Hoewel dit cijfer zeer ambitieus is (een ILI ~ 1 wordt internationaal als zeer goed beschouwd), streven de waterbedrijven naar een ambitieniveau dat tot de beste ter wereld zal behoren. Om sneller stappen vooruit te zetten en een ILI van 0,5 (Blue Deal doelstelling) te behalen, dienen innovatieve oplossingen sneller ingang in de markt te vinden. Het beperken van NRW (niet-in-rekening-gebracht water) vormt een belangrijke strategische doelstelling van de waterbedrijven. De hypothese is dat het met de huidige (marktklare) oplossingen niet zal lukken, gezien een ILI van 0,5 zeer ambitieus is en ongezien wereldwijd.

Hoewel de belangrijkste focus op het verminderen van ILI ligt, is het belangrijk om op te merken dat - naast de ondergrondse lekverliezen – ook aandacht dient besteed te worden aan waterdiefstal en spoelverliezen, gezien ook deze een impact hebben op het NRW. Hoewel secundair, dient diefstal dus zeker ook aangepakt te worden indien mogelijk.

De **algemene doelstelling** van het project is om de ontwikkeling van oplossingen voor NRW-reductie doelgericht te versnellen. Dit omvat niet alleen een technologische oplossing zoals een lekdetectie- en lokalisatiesysteem, dat het proactieve lekzoekproces nauwkeuriger en efficiënter maakt in het snel opsporen en lokaliseren van calamiteiten met waterverlies in het leidingnetwerk met behulp van gevarieerde en nieuwe databronnen voor algoritmes, maar ook een oplossing voor de samenwerking, inclusief de juridische en organisatorische aspecten, binnen een 'ecosysteem'.

De **algemene probleemstelling** betreft het efficiënt identificeren en isoleren van de locatie met de hoogste kans op een lek, om zo de leklokalisatietijd te verkorten. Nadat een lekverlies in een DMA-zone is vastgesteld (op basis van verhoogd geregistreerd nachtverbruik), is het momenteel niet mogelijk om nauwkeurig te bepalen waar de grootste kans op het aantreffen van een lek bestaat. Het duurt soms tot 3 à 4 weken om een volledige DMA af te zoeken (100km leiding en 4km per dag brengt je op 25 mandagen) Dit komt door beperkingen in de huidige aanpak:

- de nauwkeurigheid van het huidige lekdetectiesysteem wordt beperkt door fluctuaties in waterverbruik, waardoor kleine lekken soms onopgemerkt blijven. Waterbedrijven willen kleinere registreerzones creëren, maar dit stuit op praktische problemen zoals hoge investeringen en ruimtelijke beperkingen. Te kleine DMA's (District Metered Areas) maken het netwerk te complex om effectief te beheren, verhogen de administratieve last en operationele kosten, en maken het moeilijker om bruikbare inzichten te verkrijgen. Daarnaast brengen kleinere DMA's logistieke uitdagingen met zich mee voor installatie, onderhoud en coördinatie van inspecties, en kan de betrouwbaarheid van de gegevens afnemen.
- tegelijkertijd blijft het manueel opsporen van calamiteiten in een zone tijdrovend, zelfs met technologische ondersteuning. Bovendien is de betrouwbaarheid van de informatie beperkt, omdat ze niet altijd kunnen vaststellen of een verhoogd verbruik te wijten is aan een lek of aan andere factoren, vanwege beperkte databronnen. Er is nog veel onbekendheid over het waterverbruik van verschillende klantcategorieën, zoals huishoudelijke en industriële klanten, brandweer en netspoelingen.
 - In sommige gevallen worden binnen een DMA heel veel meetpunten gecontroleerd, zoals toestellen (bijvoorbeeld afsluiters of brandkranen) waarop nachtloggers zijn geplaatst. Slechts 10% van deze meetpunten vertoont verdachte signalen, zoals oranje of rode meldingen op de nachtloggers, die wijzen op een mogelijk lek en verder onderzoek vereisen. Uiteindelijk wordt na het onderzoeken van alle verdachte meetpunten slechts bij een zeer klein aantal daadwerkelijk een lek vastgesteld.
- het zoeken naar lekken vereist veel specialisatie, wat leidt tot een beperkt aantal lekzoekers en tijdsintensieve processen (dagen tot weken per zone). Dit kan vertragingen veroorzaken, met risico op hinder of schade zoals zinkgaten. Bovendien hebben de gebruikte technieken beperkingen in reikwijdte en nauwkeurigheid, wat de detectie beïnvloedt. Het is dus essentieel om effectievere en efficiëntere manieren te vinden, zelfs met beperkte beschikbaarheid van gespecialiseerde technici.

De **specifieke uitdagingen** bij het reduceren van waterverlies in het distributienetwerk ligt in de complexiteit van het snel detecteren en nauwkeurig lokaliseren van lekkages. Dit wordt bemoeilijkt door de variabiliteit in lekgroottes, dynamische veranderingen in het netwerk, en inconsistenties in beschikbare data. Het project streeft daarom naar de ontwikkeling van een robuust en flexibel systeem dat diverse databronnen en algoritmen combineert om snel en effectief waterverliezen te identificeren en op te sporen in een beperkte zone van een DMA.

1) Wenselijk ~ desirability

De noden van de stakeholders zijn gericht op het ontwikkelen van een innovatieve aanpak om lekkages, zowel groot als klein, nauwkeurig tot op straatniveau of tussen specifieke contactpunten (zoals brandkranen en afsluiters) te kunnen lokaliseren. Hiervoor is een breder gebruik van databronnen nodig dan de huidige debiet- en drukmetingen per registreerzone, die doorgaans alleen aan het begin van een registreerzone worden uitgevoerd. Dit betekent dat er binnen de zones zelf weinig tot geen metingen plaatsvinden, wat de nauwkeurigheid van de analyses beperkt. Het is essentieel dat leveranciers zowel directe als indirecte databronnen benutten om algoritmes te ontwikkelen die lekken sneller en nauwkeuriger kunnen detecteren om de tijd voor lekdetectie terug te brengen van 3 weken naar maximaal 3 dagen.

Naast het opsporen van lekkages willen de stakeholders dat ook andere vormen van niet-rendabel waterverlies, zoals brandweerverbruik, spoelverliezen en illegale afnames, kunnen worden gedetecteerd. Er moet in eerste instantie gefocust worden op het identificeren van deze verliezen, waarna vervolgens ook de omvang kan worden geanalyseerd.

Om de privacy van gebruikers te waarborgen, mogen er geen verbruiksdata op het niveau van individuele huishoudens gedeeld worden. De oplossing moet gebruik kunnen maken van anonieme verbruiksdata en moet voldoen aan de GDPR-regelgeving, waarbij gegevens geaggregeerd worden – het valt nog te bevestigen of uurwaarden slechts eenmaal per dag worden doorgegeven.

2) Haalbaarheid ~ feasibility

De haalbaarheid van het project wordt ondersteund door het beschikbare scala aan databronnen, zowel intern als extern, dat kan worden benut voor het verbeteren van de lekdetectie en -lokalisatie. Het algoritme moet in staat zijn om verschillende databronnen te combineren en de eindgebruiker te adviseren over de aard, omvang en locatie van de calamiteit.

Een niet-limitatieve lijst van beschikbare data die werd samengesteld tijdens een van de NRW-werksessies is terug te vinden in sectie 6.3. Leveranciers worden gevraagd zich te richten op reeds beschikbare data. Sommige externe bronnen, zoals brandweerdatabronnen, vereisen verdere onderhandelingen. Indien een leverancier aangeeft dat bepaalde externe data die niet vrij beschikbaar zijn, van groot belang zijn voor het slagen van de opdracht, zullen de waterbedrijven trachten afspraken te maken om deze data te verkrijgen van de externe partij.

3) Levensvatbaarheid

De levensvatbaarheid van het project is gewaarborgd door een focus op kostenbeheersing, zodat eventuele extra uitgaven geen impact hebben op de waterprijs voor eindgebruikers. Het doel is om investeringen terug te verdienen door efficiëntere lekdetectie, wat leidt tot besparingen op zowel lekzoekkosten als waterverliezen.

Zoals reeds aangehaald is de doelstelling om de Infrastructure Leakage Index (ILI) te verlagen van 0,95 naar 0,5, wat neerkomt op een vermindering van 30 miljoen m³ waterverlies per jaar. Gezien de variabiliteit in verborgen lekken (met een grootte van 0,1 – 1 m³/u en een looptijd van 0,25 – 1 jaar) schatten de waterbedrijven dat er gemiddeld één verborgen lek is per 400 m tot 17 km leidingen.

Het huidige lekzoekproces is tijdrovend en kostbaar: met een gemiddelde zoek- en herstelkost van €5.000 per lek bedragen de totale jaarlijkse kosten naar schatting €240 miljoen, exclusief productiekosten voor verloren water. Het is essentieel om deze kosten te verlagen om binnen het huidige tariefplan te blijven. Hoewel lekken kleiner dan 1 m³/u momenteel economisch minder rendabel zijn om te zoeken en te herstellen, kiezen waterbedrijven ervoor om deze toch te dichten vanwege hun duurzaamheidsdoelstellingen. Binnen de PIO kunnen dergelijke kleine lekken echter wel economisch rendabel zijn om op te sporen en te herstellen.

Een efficiëntere aanpak is cruciaal. Momenteel worden lekkages opgespoord aan een tempo van 2 à 3 km per dag, wat betekent dat het volledige Vlaamse netwerk (60.000 km) jaarlijks 110 FTE's vereist. Door gerichte screening en optimalisatie van tools kan dit proces versneld worden, wat leidt tot aanzienlijke besparingen op de lange termijn.

In plaats van kapitaalintensieve investeringen in extra sensoren, richten de waterbedrijven zich op het ontwikkelen van algoritmes die bestaande databronnen combineren voor een snellere en nauwkeurigere detectie. Dit minimaliseert bijkomende kosten en voorkomt een stijging van de waterfactuur. Bovendien kunnen stakeholders in het NRW-ecosysteem investeren in toegang tot specifieke datasets en data-analyse vanwege de waardevolle inzichten die dit biedt, zoals verbeterde operationele prestaties en strategische voordelen. Hierdoor wordt datavalorisatie een zinvolle investering.

3 Algemene aanpak

3.1 Definitie van randvoorwaarden en richtlijnen

Het objectief is om de markt te stimuleren om innovatieve oplossingen voor te stellen zonder dat er vooraf een gedetailleerde systeemdefinitie wordt gegeven, wat verschilt van traditionele aanbestedingen, waarbij de aanbestedende partij een duidelijke en gedetailleerde specificatie van het gewenste product of systeem verstrekt. In plaats van een strikte systeemdefinitie, zal de markt dus aangemoedigd worden om creatief te zijn, met als doel oplossingen te vinden die verder gaan dan de oorspronkelijke verwachtingen. De aanbestedende partij zal echter wel randvoorwaarden en richtlijnen opleggen, waardoor de uitkomst voorspelbaarder is dan bij een volledig open inkoopmodel.

Een calamiteit in waterdistributienetwerken kan verschillende oorzaken hebben:

1. **Lekken:** Deze kunnen ontstaan door corrosie, scheuren, breuken of slechte verbindingen. Het tijdig lokaliseren van deze lekken is essentieel om verdere schade te beperken.
2. **Onjuiste registratie en verbruiksanomalieën:** Onnauwkeurige verbruikscijfers of ongebruikelijke consumptiepatronen kunnen leiden tot verkeerde registratie van waterverbruik. Het is belangrijk om dergelijke situaties te identificeren en uit te sluiten wanneer er geen sprake is van een lek.
 - **Onjuiste registratie:**
 1. Illegale aansluitingen/afname: Water wordt gebruikt zonder betaling of registratie, vaak door illegale aansluitingen aan het netwerk.
 2. Niet-geregistreerde operaties: Water wordt verloren of gebruikt zonder dat het verbruik precies wordt gemeten of gefactureerd.
 3. Onnauwkeurige metingen: Fouten of afwijkingen in de meetapparatuur, zoals bij klantmeters of DMA-meters, kunnen leiden tot foutieve registratie van het waterverbruik. Dit kan resulteren in afwijkende consumptiegegevens.
 - **Ongebruikelijk verbruik / Verbruiksanomalieën:** Plotse, grootschalige verbruikspieken, bijvoorbeeld door de brandweer of verlies door het doorspoelen van leidingen, kunnen het waterverbruik vertekend registreren als ze niet nauwkeurig worden vastgelegd.

Door calamiteiten sneller te detecteren en te analyseren, streven de watermaatschappijen ernaar de inzet van lekzoektechnici te optimaliseren, wat moet leiden tot een snellere en efficiëntere aanpak. De oplossing die gezocht wordt omvat volgende componenten:

- een **lekdetectie systeem** dat abnormaal waterverbruik of veranderingen in waterdruk nauwkeurig, betrouwbaar (*en snel*) detecteert, met een focus op het identificeren van mogelijke lekken, met minimale input. Hoewel alle waterbedrijven al een vorm van lekdetectiesysteem op het niveau van de DMA hebben, moet het systeem daarnaast in staat zijn om afwijkingen in verbruik te onderscheiden die niet het gevolg zijn van een lek, zoals legitiem gebruik door de brandweer. In dergelijke gevallen moet het algoritme, zelfs als er geen lek wordt gedetecteerd, aangeven waar het meerverbruik vandaan komt.
- een **leklokalisatiesysteem** dat de exacte locatie van het lek daadwerkelijk nauwkeurig, betrouwbaar (*en snel*) lokaliseert nadat het is gedetecteerd. Optioneel kunnen de waterbedrijven de beschikbaarheid van gespecialiseerde lekzoekers grondig evalueren en hen reserveren voor situaties waarin hun expertise essentieel is.

Meer specifiek streven de watermaatschappijen ernaar om (soms meerdere) lekken, zowel groot als klein, sneller en nauwkeuriger te lokaliseren binnen een DMA die bestaat uit een groot aantal kilometers leidingen verspreid over een groot oppervlak. Om het lekverlies effectief met 4% te kunnen doen dalen, is de specifieke doelstelling om de tijd tussen de detectie van een lek en het moment waarop het lek wordt gelokaliseerd te reduceren. Het objectief is om de uren die worden besteed aan het zoeken naar lekken (# manuren) te reduceren met 50% (KPI). Mogelijk komt dit met een bijkomend objectief om het aantal kilometers dat wordt onderzocht per gevonden lek te reduceren, maar dat is niet wederzijds exclusief tegenover voorgaande.

Waar watermaatschappijen momenteel voornamelijk gebruik maken van debiet- en drukmetingen aan de ingang van de DMA, wensen ze naast bestaande hydraulische datasets ook indirecte en virtuele datasets te gebruiken om lekkages sneller en nauwkeuriger te detecteren en te isoleren. Hierbij wordt gestreefd naar een significante efficiëntiewinst ten opzichte van de hedendaagse lekzoekprocessen en sensorgebruiken door optimaal gebruik te maken van allerlei bestaande databronnen, die momenteel nog niet of onvoldoende benut worden, zowel intern als extern. Relevante data zijn namelijk beschikbaar binnen de waterbedrijven maar ook bij andere, externe spelers zoals aannemers, overheidsinstellingen, sociale media of nieuwssites. Daarbij zal worden gekeken naar het integreren van data, algoritmen en kunstmatige intelligentie (AI) van zowel interne als externe bronnen. Bij voorkeur kan een lek worden gelokaliseerd tot op straatniveau of zelfs tussen twee fysieke contactpunten van de leiding, zoals brandkranen, afsluiters en dienstkranen, indien dit haalbaar is.

De voorgestelde oplossing binnen dit project zou mogelijk ook ondersteuning kunnen bieden bij het opsporen van locaties waar waterdiefstal plaatsvindt.

Dit **document** schetst de behoeften voor het ontwikkelen van een algoritme voor het detecteren en lokaliseren van calamiteiten met waterverlies, zoals lekken, vanuit het perspectief van de eindgebruiker. Het biedt daarnaast een overzicht van de marktinzichten en mogelijke oplossingsrichtingen voor dit algoritme, evenals de haalbaarheid van deze benaderingen. Deze bevindingen dienen als een waardevolle richtlijn voor het verdere ontwerp en de ontwikkeling van het systeem, zonder vast te leggen op specifieke technische oplossingen. Daarnaast worden de kennis en capaciteiten van marktpartijen besproken, evenals hun bereidheid om samen te werken met andere partijen om een totaaloplossing te ontwikkelen.

3.2 Aanbestedingsstrategie

AquaFlanders heeft als doel om een softwarecomponent in te kopen die lekken sneller en nauwkeuriger kan detecteren en lokaliseren dan de huidige methoden. Deze software zal het risico op lekken in specifieke gebieden inschatten door gebruik te maken van zowel interne als externe databronnen die momenteel onderbenut zijn. Het idee is om algoritmes te ontwikkelen die deze data als input nemen en vervolgens een zoekzone aangeven met een indicatie van de waarschijnlijkheid op lekken. Op deze manier kunnen waterbedrijven gericht en efficiënt zoeken, tot op straatniveau.

Drinkwaterbedrijven willen investeren in algoritmes die diverse databronnen combineren om niet alleen lekken snel op te sporen, maar ook advies te geven over welke gebieden het eerst onderzocht moeten worden, ongeacht de omvang van het lek. Hierbij is het doel om de zoekinspanningen te prioriteren: gebieden met een hoog potentieel voor lekken krijgen voorrang. Zodra een gebied grondig is onderzocht en er nog steeds lekvolume wordt gedetecteerd, verschuift de focus naar zones met een lagere prioriteit binnen de District Metered Area (DMA). Dit proces wordt herhaald totdat alle potentiële lekken zijn geïdentificeerd. Door deze aanpak kan de tijd die nodig is voor het opsporen van lekken mogelijk gehalveerd worden, en in sommige gevallen zelfs met driekwart verminderd worden, wat resulteert in aanzienlijke waterbesparing.

Om deze oplossingen op een grotere schaal te implementeren, streven de drinkwaterbedrijven naar een universeel toepasbare benadering. Dit vraagt om een open systeem dat flexibel genoeg is om verschillende databronnen te integreren. De bedoeling is om complementaire algoritmen en datasets te combineren, iets wat momenteel nog niet op grote schaal gebeurt maar wel aanzienlijke potentie heeft. In de toekomst kan dit leiden tot de ontwikkeling van een open digitaal platform.

De eerste stap is echter om de benodigde data te identificeren en te optimaliseren voor de algoritmes, waarna verdere stappen genomen kunnen worden, zoals het in kaart brengen en professionaliseren van datastromen. Tijdens deze eerste stap zal AquaFlanders zich richten op het verkennen en beoordelen van de beschikbare data. Een select aantal marktpartijen die aan vooraf opgestelde selectiecriteria voldoen, krijgt de gelegenheid om deel te nemen aan een aanbesteding voor een Proof of Concept (PoC). Geselecteerde partijen krijgen toegang tot een datadump (een datadump met data

uit verschillende labo-DMA's die vooraf gedeeld wordt), waarin zij hun oplossingen kunnen testen en optimaliseren. Deze partijen zullen vervolgens geëvalueerd worden volgens vastgelegde criteria.

Data-experimenten zullen plaatsvinden in meerdere sandboxes, die ter beschikking gesteld zullen worden door De Watergroep, Farys en Pipda. De gegevens worden op verschillende manieren beschikbaar gesteld, met variaties in detail en formaat, om te garanderen dat de ontwikkelde algoritmes robuust zijn en goed presteren in diverse omstandigheden. De marktpartijen worden aangemoedigd om enkel de data te gebruiken die zij effectief nodig hebben, aangezien een grotere vraag naar data ook hogere implementatiekosten met zich meebrengt. Deze extra kosten kunnen nadelig zijn bij de evaluatie van hun oplossingen.

Marktpartijen kunnen daarnaast gebruik maken van eigen databronnen, mits deze duidelijk aantoonbare meerwaarde bieden voor zowel waarde als kosten. Om ervoor te zorgen dat de evaluatie eerlijk verloopt, zullen bekende lekken die al tijdens de looptijd van de dataset zijn opgemerkt en hersteld, niet volledig gedeeld worden. Marktpartijen krijgen de opdracht om op basis van beschikbare en externe data te voorspellen waar lekken zich bevinden, met details over locatie, omvang en eventueel mogelijke oorzaken.

Na de experimentele fase geven de leveranciers hun bevindingen en resultaten terug aan AquaFlanders. Deze terugkoppeling stelt AquaFlanders in staat om de oplossingen te evalueren op basis van nauwkeurigheid en effectiviteit. Hierbij zullen marktpartijen worden beoordeeld op de efficiëntie van hun oplossingen en hun vermogen om waterverliezen nauwkeurig te lokaliseren.

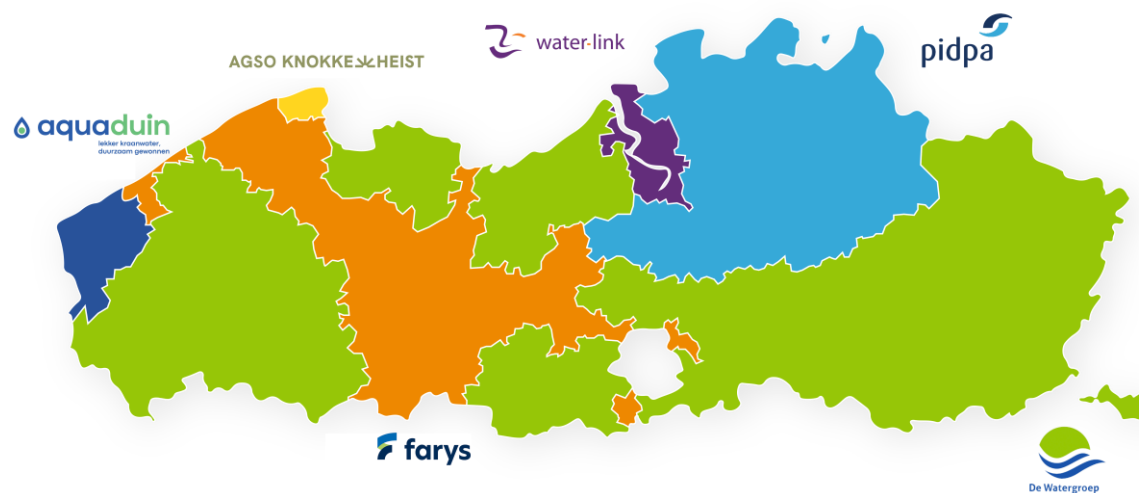
Het is belangrijk op te merken dat dit **document** slechts een tipje van de sluier oplicht en niet de volledige aanbestedingsstrategie uit de doeken doet. De gedetailleerde strategie is een privaat advies dat uitsluitend aan de aanbesteder wordt verstrekt om de vertrouwelijkheid en strategische integriteit te waarborgen.

4 Projectcontext

4.1 De huidige situatie

4.1.1 Netwerktopologie

In Vlaanderen is het Water Distributie Netwerk (WDN) een complex systeem dat wordt beheerd door verschillende instanties, waaronder o.a. Farys, De Watergroep en Pidpa. Deze organisaties zijn verantwoordelijk voor het leveren van veilig drinkwater aan huishoudens, bedrijven en industrieën over het hele Vlaamse grondgebied. Samen zorgen ze voor het beheer, onderhoud en de uitbreiding van het netwerk, met als doel een continue watervoorziening van hoge kwaliteit te garanderen aan alle gebruikers.



Figuur 2: Overzicht van waterbeheerinstantie in Vlaanderen, België

Het diverse landschap in Vlaanderen brengt ook een zekere complexiteit in het ontwerp en de werking van het watersysteem met zich mee. Dit komt voort uit de noodzaak om het distributienetwerk aan te passen aan verschillende terreinomstandigheden, zoals golvende landschappen en hoogteverschillen, die gebaseerd zijn op de geografische en topografische kenmerken van het landschap. Dit aanpassingsproces is cruciaal voor een efficiënte en betrouwbare watervoorziening, waarbij het monitoren van het piezometrische peil van groot belang is om de druk in het distributienetwerk te handhaven en lekken te detecteren.

De typische opbouw van een distributienetwerk voor drinkwater begint bij waterproductiecentra (WPC's) waar het drinkwater wordt geproduceerd. Vervolgens wordt het via toevoerleidingen naar klanten gedistribueerd. Typisch vertakken de leidingen zich en hun doormeter wordt geleidelijk kleiner naarmate ze dichterbij de individuele huishoudens komen. Het distributienetwerk voor drinkwater is als het ware gelaagd. Hier is een algemene beschrijving van deze lagen:

- "Hoofdleidingen" betreffen leidingen met diameters van 250 mm tot 300 mm (en soms groter) welke water van de waterproductiecentra naar verschillende delen van een stad of gemeente voeren
- "Distributieleidingen" betreffen leidingen met diameters van 90 mm tot 150 mm en vervoeren water naar specifieke zones.
- "Buurtleidingen", ook wel secundaire leidingen, betreffen leidingen met doorgaans kleinere diameters, zoals 60 mm tot 100 mm, en vervoeren water naar specifieke buurten of wijken.

- "Aftakkingen" betreffen de kleinste leidingen veel kleinere diameters, zoals 32 mm tot 25 mm en brengen water rechtstreeks naar individuele woningen en bedrijven. Elke woning heeft normaliter zijn eigen watermeter op de serviceleiding / aansluiting. In het geval van appartementencomplexen kunnen er echter meerdere leveringseenheden zijn, een voor elke individuele eenheid binnen het complex. Op 1 aansluiting kunnen meerdere watermeters hangen via een meerloopstuk. Afhankelijk van het aantal zal de 'serviceleiding' (aansluiting) groter zijn qua diameter.

4.1.2 Netwerkelementen

- Leiding
 - Materiaal
 - Metalen leidingmaterialen, zoals staal, gietijzer en ductiel (uitstekende geleiders voor bijv. geluid)
 - Kunststof leidingmaterialen, zoals PVC en PE dempen het geluid, wat het opsporen van lekken met akoestische technieken bemoeilijkt - lekgeluiden zijn slechts hoorbaar op afstanden tot maximaal 200 à 300m
 - Vezelcement vertoont goede chemische bestendigheid en is in staat om druk te weerstaan
- Tussenstukken
 - Materiaal
 - Leidingen bestaan meestal uit buizen van 4 meter die onderling verbonden zijn met tussenstukken zoals MOF's (Mechanische OvergangsFittingen). Wanneer deze MOF's beschadigd raken, worden ze vervangen door herstelbanden: dikke rubberen strips die met roestvrijstalen (INOX) banden worden vastgezet.
- Lekken
 - In het algemeen worden er 3 soorten lekken erkend:
 - Gerapporteerde lekken: Hierbij komt het water uit het lek naar de oppervlakte. Deze lekken zijn meestal zichtbaar en worden vaak opgemerkt door mensen die het water zien spuiten. Ze kunnen een hoogte van ongeveer 20 meter bereiken en hebben over het algemeen een beperkt volume. Deze lekken kunnen snel worden geïdentificeerd en direct worden hersteld.
 - Lekken die zichtbaar zijn in de monitoringssystemen: Dit zijn lekken die worden gedetecteerd via het monitoringstelsel van het distributienetwerk. Ze vereisen echter een grondige zoektocht om de exacte locatie te vinden, omdat ze niet altijd zichtbaar zijn voor het blote oog.
 - Achtergrondlekken: Het fenomeen waarbij kleine lekkages zich in de loop van de tijd kunnen opstapelen en resulteren in een toenemend niveau van achtergrondlekverliezen. Deze lekken worden niet noodzakelijk als een noodsituatie beschouwd, maar geven toch een signaal dat er proactief actie moet worden ondernomen. Het benadrukt het belang van het monitoren van achtergrondlekverliezen en het nemen van preventieve maatregelen om toekomstige problemen te voorkomen.
 - Frequentie afhankelijk van materiaal
 - Het geluid van water dat uit een lek stroomt, zal anders klinken dan het normale geluid van water dat door een leiding stroomt. Door deze verschillen te herkennen, kan de locatie van het lek worden bepaald. Het vergelijken van geluiden met en zonder lek kan nuttig zijn om het lek te isoleren en het geluid ervan te identificeren. Een lekgeluid zit op volgende frequentie:
 - Kunststof: 200 – 700Hz
 - Stalen leiding: 2000 – 3000 Hz

- Vezelcement, bestaande uit een mengsel van cement en vezels: unieke akoestische eigenschappen die het moeilijk maken om een exact frequentiebereik voor lekgeluiden vast te stellen
Het is echter belangrijk op te merken dat deze frequentiebereiken slechts een indicatie zijn en dat andere factoren zoals de grootte van het lek en de omgevingsomstandigheden ook van invloed kunnen zijn op het geluid dat wordt gegenereerd.
- o Invloed van waterafvoer en omgeving op geluidsoverdracht:
 - Als een lek een vlotte waterafvoer heeft, zal het geluid ervan waarschijnlijk duidelijker te horen zijn. Dit komt doordat het water vrij door de leiding of het omliggende medium kan bewegen, waardoor het geluid gemakkelijker wordt overgedragen en waargenomen. In contrast, wanneer er een waterbel rond het lek ontstaat, zoals bij Haspengouwse leem, kan dit het geluid dempen of verstoren. De waterbel fungeert als een barrière die het geluid absorbeert of verzwakt, waardoor het moeilijker wordt om het lek te detecteren, vooral als het dieper in de grond ligt.
 - De eigenschappen van de Haspengouwse leem, zoals dichtheid en poreusheid, kunnen ook van invloed zijn op hoe goed het geluid van het lek wordt overgedragen. Sommige grondsoorten geleiden geluid beter dan andere, dus in gebieden met compacte, dichte grond kan het geluid van een lek minder goed hoorbaar zijn dan in gebieden met meer poreuze of losse grond.
- Mogelijke externe invloeden - Er zijn tal van externe factoren die een rol spelen, waaronder het elektriciteitsnet, het gasnet en verkeersgeluiden. Hierbij enkele voorbeelden:
 - o Geen geluiden kunnen detecteren op een locatie waar geweten is dat er zich ergens een lek bevindt. Het gebied werd zorgvuldig gescreend maar niets wees op de exacte locatie van het lek. Het blijkt dat sinds de constructie van nieuwe verlichtingspalen langs bruggen en wegen, de sokkel van een paal in aanraking komt met de gietijzeren leiding.
 - o De aanwezigheid van één lek betekent niet automatisch dat er geen tweede lek is. Normaal gesproken, als één lek is gerepareerd, kan het nodig zijn om terug te komen voor verdere inspectie.
 - o Bij het volledig afsluiten van de leiding en het laten zakken van de druk tot de omgevingsdruk., kunnen omgevingsgeluiden zoals verkeer een rol spelen. Als er een lek is, zou dit gepaard moeten gaan met het wegvallen van geluid in de leiding en het lokaliseren van het lek op die specifieke plek, terwijl de druk in andere delen van het systeem meteen weer normaal wordt.

4.1.3 District Metered Areas

In Vlaanderen wordt het gehele Water Distributie Netwerk (WDN) opgedeeld in kleinere District Metered Areas (DMA's) of registreerzones, bestaande uit leidingnetwerken van 10, 100 of enkele honderden kilometers. Deze techniek staat ook bekend als 'netwerksegmentatie' of 'sectorisatie' en houdt in dat het waterdistributienetwerk wordt opgedeeld in **hydraulisch discrete gebieden**, d.w.z. subregio's die volledig van elkaar geïsoleerd zijn door middel van afsluiters. De voordelen van het verdelen van waterdistributienetwerken in DMA's zijn onder andere: (1) substantiële vermindering van niet-gebruikt water door lekbewaking, (2) vermindering van de tijd die nodig is om meerverbruik op te sporen en (3) mogelijke creatie van onafhankelijke DMA's die uitsluitend worden bevoorrad vanuit hun eigen bronnen voor een betere controle van de waterkwaliteit (bijv. geen vermenging van water uit verschillende bronnen). Momenteel investeren de waterbedrijven veel in het opzetten van kleinere registreerzones (DMA's of District Metered Areas) en het uitbreiden van gespecialiseerde teams voor lekdetectie. Deze internationaal erkende aanpak heeft reeds positieve resultaten opgeleverd.

In elke DMA kunnen één of meerdere WPC's aanwezig zijn die ruw grond- of oppervlaktewater omzetten in drinkwater voor huishoudelijk, niet-huishoudelijk of industrieel gebruik, en dit vervolgens

naar alle klanten distribueren. De distributie begint met een toevoerleiding van 250/300 mm diameter, die vervolgens vertakt naar leidingen van 150/100/90/60 mm en verder, die het water naar de klanten transporteren. Op deze leidingen bijv. gietijzeren leiding van 150 mm is er voor elke woning een aftakking van 32/25 mm. Na de watermeter ligt de verantwoordelijkheid niet meer bij de watermaatschappij. De leidingen liggen doorgaans 1 tot 1,20 meter diep, behalve in heuvelachtige gebieden.

In het kader van dit project werden drie labo-DMA's geselecteerd om experimenten op uit te voeren, elk met hun eigen kenmerken.

De Watergroep – Lab DMA #1	Farys – Lab DMA #2	Pidpa – Lab DMA #3
<p>Characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ #km of pipeline: 100 ▪ #connections: 4.000 ▪ Landscape <ul style="list-style-type: none"> § Hilly § Rural ▪ ILI: ▪ Water production centers: 2 ▪ Pipe materials: fiber cement, PVC, ductile iron, gray cast iron ▪ Hydraulic model: available ▪ Historical data: 3 years ▪ ... ▪ Operating pressure ▪ Major consumers ▪ Suspicious use / illegal connections ▪ Leaks 	<p>Characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ #km: 15 ▪ #connections: 300 ▪ Landscape <ul style="list-style-type: none"> § Flat § Rural (no industry) ▪ ILI: good (0.27) ▪ Water production centers: ▪ Pipe materials: PVC 75, PE 90 ▪ Hydraulic model: ▪ Historical data: supply line with meter since 1999 (pressure/flow measurement every minute)... ▪ Operating pressure ▪ Major consumers ▪ Suspicious use / illegal connections ▪ Leaks: No leaks in the last 10 years, and leaks can be easily simulated 	<p>Characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ #km: 138 ▪ #connections: 4.961 ▪ Landscape <ul style="list-style-type: none"> § Flat ▪ ILI ▪ Water production centers: ▪ Pipe materials: variable – fiber cement, PVC, iron ▪ Hydraulic model: available ▪ Historical data: incidents, consumption, ... ▪ Operating pressure: average 3.4 bar ▪ Major consumers (greenhouse construction, schools, ...) ▪ Suspicious use / illegal connections: Yes ▪ Leaks

Figuur 3: Kenmerken van de labo-DMA's: de informatie betreft specifiek de labo-DMA's; het volledige netwerk van de drinkwatermaatschappijen vertoont andere kenmerken

4.1.4 Proces van lekdetectie en leklokalisatie

Lekdetectie

Wat betreft **lekdetectie**, wordt het geleverde drinkwater per zone nauwkeurig gevolgd. DMA's worden uitgerust met een meter die constant het **inkomende debiet en de druk bij de ingang van de DMA** controleert. Een **onverwachte toename van waterverbruik zonder aanwijsbare reden** en een **plotselinge daling van waterdruk** in het distributienetwerk kunnen namelijk wijzen op mogelijke lekken in de leidingen. Achter dit proces schuilt een continue monitorsysteem dat **debietmetingen registreert** voor een specifieke District Metered Area (DMA). Het systeem gebruikt intelligente algoritmes om afwijkingen tussen het **werkelijke debiet en het statistische, op seizoensinvloeden gecorrigeerde watervraagpatroon** te analyseren, waardoor mogelijke lekken sneller gedetecteerd kunnen worden.

Het betreft plotselinge, onverwachte gebeurtenissen die mogelijk schade veroorzaken aan het leidingnetwerk (e.g. in het geval van een lek). Factoren die van invloed kunnen zijn op het tot stand komen van lekken in leidingen:

- Aanlegomstandigheden, zoals de kwaliteit van de initiële aanleg en de verdichting / verharding van de ondergrond na aanleg, wat van cruciaal belang is om te voorkomen dat buizen gaan doorbuigen.
- Toenemend zwaar verkeer, vooral op leemgrond, kan trillingen veroorzaken die gietijzeren buizen kunnen doen breken.
- De relatie met andere nutsvoorzieningen, waarbij pijpleidingen vaak in de nabijheid liggen van gas-, elektriciteits- en telecommunicatieleidingen.

- Bodemcondities, inclusief bodemsamenstelling, temperatuur en andere factoren, kunnen een aanzienlijke invloed hebben op de integriteit van waterleidingen. Bodemerosie, bodemdaling en bodemverzakkingen zijn slechts enkele van de problemen die kunnen ontstaan. Deze omstandigheden kunnen druk uitoefenen op de leidingen en uiteindelijk leiden tot lekken. Het monitoren van bodemcondities en het identificeren van risicogebieden is daarom essentieel om potentiële lekken te voorspellen en te voorkomen.
- Grondwaterstand: Veranderingen in grondwaterstanden kunnen van invloed zijn op de stabiliteit van waterleidingen. Door veranderingen in de grondwaterdruk en vochtigheid kan de omliggende bodem verzwakken, wat een verhoogd risico op lekken veroorzaakt, vooral bij oudere of minder robuuste leidingen. Het monitoren van grondwaterstanden en het identificeren van gebieden met significante veranderingen kan helpen bij het voorspellen van potentiële lekken.
- Onverwachte en extreme drukfluctuaties in het distributienetwerk kunnen leiden tot spanningen in de leidingen en bijdragen aan lekken. Het monitoren van drukniveaus en het identificeren van gebieden met frequente drukfluctuaties kan helpen bij het voorspellen van potentiële lekken.
- Corrosie en slijtage: Corrosie en slijtage van leidingen kunnen zwakke plekken veroorzaken die uiteindelijk tot lekken leiden. Het toepassen van kathodische bescherming op stalen leidingen, uitvoeren van potentiaalmetingen om de effectiviteit van corrosiebescherming te beoordelen, en inspecties op tekenen van fysieke slijtage dragen bij aan het identificeren van lekgevoelige gebieden.
- Bij De Watergroep wordt het materiaal dat gebruikt wordt voor leidingen, zoals gietijzer of kunststof, uiteindelijk beslist door de aannemer, gebaseerd op zijn eigen beoordeling en expertise. De opdrachtgever kan alleen specificeren dat hij een buis nodig heeft met een bepaalde diameter en drukbestendigheid, maar hij kan niet specifiek zijn over het materiaal. Het gevolg is dat de opdrachtgever beperkte controle heeft over het materiaal van de leidingen.
- Het materiaal van andere materialen, zoals rubberen dichtingen, vertoont doorgaans een kortere levensduur dan de leidingen zelf, vooral bij PVC-leidingen. PE-leidingen lijken minder vatbaar te zijn voor dit probleem. Ook de verbinding tussen twee buizen, bekend als een mof, kan gevoelig zijn voor slijtage en bijdragen aan lekken.
- Ouderdom van leidingen
- Geografische omstandigheden, corrosiegevoeligheid, en de impact van urbanisatie zijn andere relevante factoren.
- Drukverhogingen bij abonnees en grote, plots stoppende waterafnames kunnen voor drukstoten zorgen.

Wanneer het werkelijke debiet hoger is dan het statistische debiet, kan dit wijzen op lekken binnen de DMA. Er wordt aangenomen dat klanten 's nachts, tussen 2:00 en 4:00 uur, gemiddeld 3 liter per uur per aansluiting verbruiken. Als daar niet van afgeweken wordt, wordt niet actief naar lekken gezocht.

Afwijkingen kunnen wijzen op mogelijke lekken. Een onverwachte toename in nachtelijke levering, bijvoorbeeld van 100 m³ per uur naar 115 m³ per uur door het WPC, kan echter wijzen op een mogelijk lek. Er is sprake van een meerverbruik van 15.000 liter of 15 m³ per uur.

Door het nachtelijke verbruik over meerdere dagen te monitoren, kan inzicht verkregen worden in het verschil tussen normaal en afwijkend verbruik, waarbij een significant en aanhoudend verschil op een lek kan wijzen. Indien het watervraagpatroon een plotselinge stijging vertoont, duidt dit meestal op één lek, maar als de stijging geleidelijk verloopt, kunnen er twee of drie lekken zijn. Het kan ook een klein lek zijn dat geleidelijk groter wordt. Mogelijk moet er op zoek gegaan worden naar één, twee of drie lekken die in totaal verantwoordelijk zijn voor dit verlies van 15 m³. Momenteel kan dit onderscheid niet gemaakt worden. Meestal wordt eerst één lek hersteld, waarna de impact op het nachtelijke verbruik wordt geëvalueerd om te bepalen of er nog een lek aanwezig is.

Met de invoering van digitale meters zal de waterbalans nauwkeuriger kunnen worden opgesteld. Momenteel worden gemiddelde verbruiken gebruikt om het totale klantverbruik te bepalen. Met digitale meters kunnen de nachtverbruiken beter worden gevolgd. Zoals eerder aangehaald beschouwt men 3 liter per uur per leveringseenheid tijdens de nachturen momenteel als normaal. Dus, bijvoorbeeld, voor 1000 leveringseenheden in een zone wordt 3000 liter / uur verwacht. Als er echter 2000 leveringseenheden zijn, zou het nachtverbruik 6000 liter / uur moeten zijn. Wanneer er echter een nachtverbruik van 20.000 – 23.000 liter / uur is omdat een aantal bedrijven 's nachts actief zijn en meer water verbruiken dan 3 liter per uur, brengt dit uitdagingen in de monitoring en analyse met zich mee. Als deze bedrijven digitale meters hadden, zou dit nauwkeurig kunnen worden bijgehouden, waardoor het duidelijk wordt hoeveel water ze verbruiken.

Tijdens droge periodes is er soms een plotse stijging van het verbruik te zien tijdens de nacht, waarna het rond de ochtend weer afneemt, wat kan duiden op illegale praktijken. Het vermoeden kan dan bestaan dat een persoon een illegale standpijp plaatst en deze aansluit op een brandkraan. Het ontbreekt aan specifieke technieken om dit illegale gebruik op te sporen; men kan alleen het nachtelijke meerverbruik waarnemen en het 's ochtends weer zien verdwijnen.

Het verschil (werkelijk vs. statistisch) tussen beide watervraagpatrooncurven dient als indicatie voor de omvang van het lek, waarbij verschillende alarmen worden geactiveerd op basis van de grootte van dit verschil. Wanneer een lek wordt gedetecteerd, wordt een economische afweging gemaakt tussen de kosten van het waterverlies en de kosten van reparatie of het zinvol is om gericht naar het lek te zoeken. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen (1) de bewustwordingstijd, (2) de lokalisatietijd en (3) de reparatietijd:

1. Bewustwordingstijd: Dit is de tijd die een waterbedrijf nodig heeft om de aanwezigheid van een lek op te merken. De bewustwordingstijd wordt aanzienlijk verkort door de introductie van DMA's en de realtime bewaking van het debiet en de druk aan de ingang van elke DMA. Bovendien heeft het gebruik van DMA's ook het geografische gebied verkleind, waardoor de lokalisatietijd korter wordt
2. Lokalisatietijd: Dit verwijst naar de tijd die nodig is om het lek binnen de DMA te lokaliseren. Het lokaliseren van het lek kan een uitdaging zijn en kan een belemmerende factor vormen voor een effectieve strategie om waterverliezen te verminderen, vooral in grote DMA's. Een gespecialiseerd team moet vaak de hele DMA afzoeken totdat het lek is gevonden, wat een zeer kostbare operatie kan zijn.
3. Reparatietijd: Dit meet de tijd die nodig is om het lek te repareren zodra deze is geïdentificeerd en gelokaliseerd, inclusief het inplannen en het aanvragen van eventuele vergunningen door de waterbedrijven.

Wanneer de analyse aangeeft dat er een calamiteit in een zone optreedt, wordt een technicus ter plaatse gestuurd voor lekdetectie om het mogelijke lekverlies op te sporen.

Leklokalisatie

Voor **leklokalisatie** is momenteel geen methode beschikbaar die gebruikmaakt van bestaande data. Er is enkel kennis dat er één of meerdere calamiteiten zijn opgetreden in de registreerzone en dat er vermoedelijk ergens lekken zijn. Als het gaat om een groot lek, zal een lekzoeker op basis van het netwerk in het GIS en de waargenomen veranderingen in de debietdata een inschatting maken van een subzone (sectionering) door bepaalde eindantennes/straten af te sluiten en vervolgens het netwerk kring per kring te controleren. In het algemeen, wordt de klant bij geplande werken op de hoogte gebracht, maar het gebeurt niet altijd. Dat betekent dat er gedurende 2-3 minuten geen drinkwater beschikbaar zal zijn. Voor deze methode is online verbruiksdata nodig om de evaluatie binnen 2-3 minuten te kunnen doen. Bij Pidpa specifiek worden sub-DMA's gevormd zonder dat klanten zonder water komen te zitten. Bij het sectioneren wordt gekeken naar waar het grootste verbruik, oftewel het lekverlies, verschuift. Op deze manier wordt de zone met het lek zo klein mogelijk

gemaakt. Als een lek ook drukproblemen veroorzaakt en veel klanten geen water meer hebben, kan er ergens in het midden van de regio een standpijp met een drukmeter worden geplaatst. Normaal gesproken zou de druk vb. 4 bar moeten zijn, maar als slechts 1,6 bar gemeten wordt, zou het afsluiten van de leiding de druk onmiddellijk weer normaal moeten maken.

Bestaande technieken om het geluid dat ontstaat door een lek te detecteren, registreert ofwel het geluid dat zich langs de buiswand verplaatst ofwel het geluid dat via de waterkolom zelf wordt overgedragen. Het omvat het systematisch beluisteren van elk fysiek contactpunt van de leidingen, zoals brandkranen, afsluiters en dienstkranen, om lekken te detecteren aan de hand van het geluid dat ze produceren. Het gebruik van akoestische meetapparatuur is een veelvoorkomende methode.

- Voor metalen leidingmaterialen, zoals staal, gietijzer en ductiel, werkt deze methode goed gezien deze materialen uitstekende geleiders voor geluid zijn.
- Voor bepaalde andere leidingmaterialen, zoals kunststof (bijv. PVC en PE), wordt geluid juist gedempt, wat het lastig maakt om lekken op te sporen, vooral bij afstanden van 100 tot 150 meter tussen twee meetpunten. In deze gevallen worden alternatieve technieken, zoals het gebruik van hydrofoons, beschouwd om geluid via de waterkolom zelf op te vangen in plaats van ter hoogte van de buiswand. Dit vereist echter wel brandkranen aan beide zijden van het gedeelte om effectief contact met het water te maken.

Soms is het best dat een volledige screening van de registreerzone uitgevoerd wordt. De volledige registreerzone op het terrein wordt dan onderzocht op lekken. Voor het localiseren van lekken wordt soms ook gebruik gemaakt van geluidsloggers. Deze loggers meter gedurende de nacht 3 keer het geluid. Na het uitlezen van de loggers wordt een indicatie verkregen of er al dan niet een lekgeluid opgemerkt werd. Als dit het geval is, dient een lektechnicus ter plaatse te gaan om het eventuele lek op te sporen. Het plaatsen van de geluidsloggers gebeurt bij De Watergroep meestal door maatwerkbedrijven. Afhankelijk van de situatie worden ook niet-akoestische technieken ingezet.

Terwijl het relatief eenvoudig kan zijn om grote lekken op te sporen, zijn kleinere lekken (2-5 liter / uur) veel lastiger om te vinden, zelfs wanneer het netwerk is onderverdeeld in kleinere registreerzones. Het dichten van een lek kan soms leiden tot het ontstaan van nieuwe lekken elders in het netwerk, of een klein lek kan groter worden doordat de druk toeneemt. Deze nieuwe lekken zijn opnieuw moeilijk te vinden. Hierdoor ontstaat een vicieuze cirkel waarin het oplossen van het ene probleem kan leiden tot een ander, wat het beheer van lekken tot een voortdurende uitdaging maakt.

Vaststelling

Wanneer een lek wordt vastgesteld door fysiek contact met de leidingen, is de exacte locatie vaak nog onbekend. Om deze te bepalen, wordt een correlator, ingezet. Dit instrument maakt gebruik van sensoren die aan beide zijden van de vermoedelijke leklocatie worden geplaatst. Het detecteert en analyseert geluidssignalen van het lek en berekent de exacte locatie door het tijdsverschil te meten waarop de geluidsgolven de sensoren bereiken.

De correlator stuurt ultrasone geluidsgolven door de leiding; wanneer deze een lek tegenkomen, worden de golven deels geabsorbeerd en deels weerkaatst. Door de snelheid van geluid in het leidingmateriaal en de geregistreerde tijdsverschillen te combineren, bepaalt het systeem de afstand tot het lek. Zodra de locatie bevestigd is, wordt deze gemarkeerd met een blauwe lijn voor verdere actie.

Wanneer de leiding die onderzocht werd in het verleden hersteld werd, kan dit leiden tot onnauwkeurige leklocaties. Het systeem weet namelijk niet welk materiaal gebruikt is voor herstellingen. Het is mogelijk deze info in te geven in de correlator, alleen is deze info vaak niet gekend door de waterbedrijven. Bijvoorbeeld, als het systeem is ingesteld op gietijzer, maar er een deel van de leiding hersteld werd met PVC, kan de snelheid van het geluid anders zijn, wat de locatie-

inschatting verstoort. Dit kan resulteren in een afwijking van enkele meters. Daarom is het mogelijk nodig om de output van de correlator altijd te verifiëren met een bodemmicrofoon voor extra nauwkeurigheid. Over het algemeen wordt een afwijking van 2 meter op een afstand van 300 meter als nauwkeurig gezien, maar niet als precies.

4.2 Risico's

4.2.1 Technologische risico's:

- Afhankelijkheid van de beschikbaarheid van **data uit digitale watermeters** en **externe bronnen**.
- De **kwaliteit van data** is essentieel; zonder goede data kunnen algoritmes niet optimaal presteren.
- Het risico dat het algoritme **niet meteen gewenste resultaten** geeft door beperkte data; er is geduld nodig voor verdere verbetering.

4.2.2 Operationele risico's:

- **Complexiteit van samenwerking** tussen de 6 waterbedrijven met elk hun eigen systemen en datamodellen.
- De Proof of Concept (PoC) is een **offline test**; een succesvolle implementatie naar een **online omgeving** zal tijd vergen.
- Beschikbare data in de PoC kunnen mogelijk **niet volledig beschikbaar zijn** voor andere DMAs tijdens de uitrol.

4.2.3 Externe databeschikbaarheid:

- Risico dat **externe partijen** hun data niet willen delen, vooral als deze niet openbaar zijn.

4.2.4 Financiële risico's:

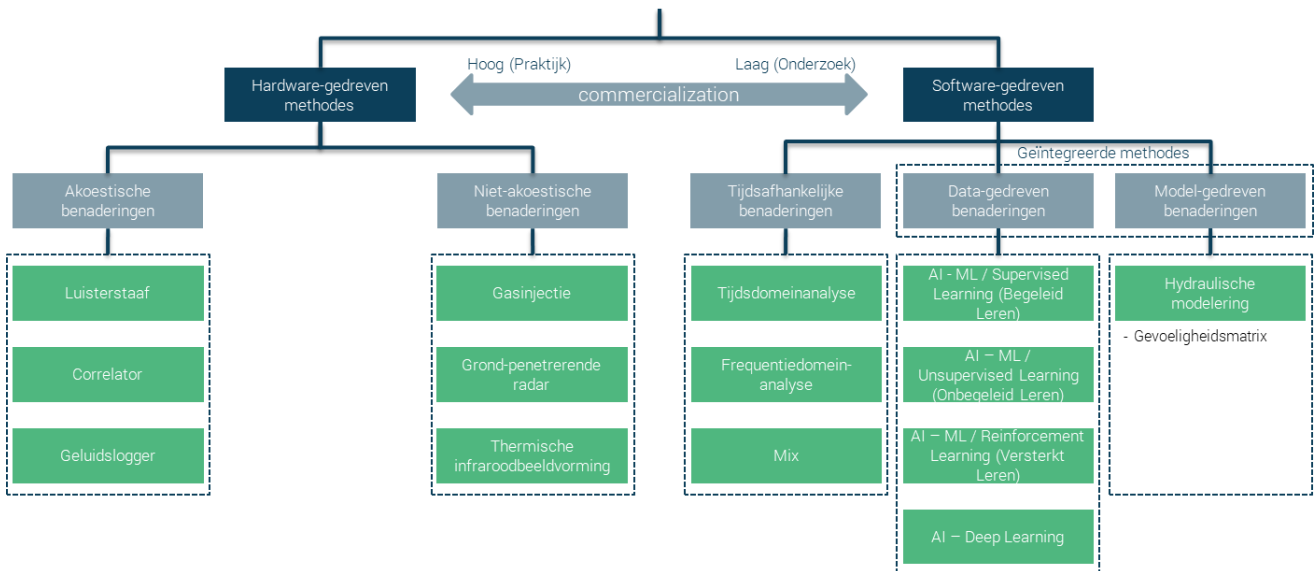
- De **marginale kosten** van lekzoekacties kunnen **exponentieel stijgen** naarmate de moeilijk te vinden lekken overblijven.
- Extra mankracht en middelen zullen nodig zijn voor een volledige uitrol; waterbedrijven moeten hiervoor **budget vrijmaken en het inschatten van de kost voor een IT implementatietraject is niet evident**

4.2.5 Risico bij samenwerking in een ecosysteem:

- Leveranciers moeten **samenwerken** en elkaars output benutten; dit vereist engagement en erkenning van de meerwaarde.
- **Faalt het ecosysteem**, dan kunnen afzonderlijke leveranciers nog steeds verbeteringen in de ILL realiseren, maar mogelijk minder efficiënt.

5 Marktanalyse

In recent onderzoek (Li et al., 2015; Sophocleous et al., 2019; Zaman et al., 2020) werden verschillende methoden bestudeerd voor de detectie en lokalisatie van lekken. Methoden kunnen worden onderverdeeld in hardware-gebaseerde en software-gebaseerde benaderingen, zoals weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4: Classificatie van lek detectie/lokalisatie methoden (Alves et al., 2022; R. Li et al., 2015).

Hardware-gebaseerde benaderingen, die in feite hardware-instrumenten betreffen (instrumenten die fysieke metingen uitvoeren, maar geen sensoren in de strikte zin zijn) maken gebruik van fysieke apparatuur en sensoren om lekken in pijpleidingen te detecteren en hun locatie te bepalen. Ze worden vaak ingezet voor leklokalisatie en lekvastelling. Het betreft zowel akoestische benaderingen - waarbij het geluid gedetecteerd wordt dat wordt gegenereerd door een lek in de pijpleiding – en niet-akoestische benaderingen die gebruik maken van andere fysieke eigenschappen dan geluid om lekken op te sporen.

Software-gebaseerde methoden maken typisch gebruik van continue gegevensmonitoring om lekken in waterdistributienetwerken te schatten met behulp van algoritmen of modellen. In tegenstelling tot hardware-gebaseerde methoden, zoals akoestische apparaten, maken software-gebaseerde methoden typisch gebruik van in-situ sensoren om continue gegevens te monitoren, zoals druk, debiet en andere parameters die verband houden met het gedrag van het leidingnetwerk. Hoewel deze methoden ook de nodige investeringen vereisen wanneer er behoefte is aan hardware voor gegevensverzameling, en er kosten zijn voor ontwikkeling, implementatie en onderhoud van de software, en de analyse van de verzamelde gegevens met behulp van algoritmen of modellen, zijn ze op de lange termijn kosteneffectiever dan hardware-gebaseerde benaderingen. Deze benaderingen zijn namelijk typisch efficiënter en effectiever in het verminderen van het zoekgebied van lekken.

5.1 Academisch onderzoek

Hardware-gebaseerde methoden kunnen verder worden onderverdeeld in akoestische benaderingen en niet-akoestische benaderingen (R. Li et al., 2015).

- Akoestische benaderingen maken gebruik van verschillende apparaten zoals luisterstokken, lekcorrelators en geluidsloggers om het geluidsniveau te meten en zo de locatie van het lek te bepalen. Echter, bij situaties met grote diameters en nieuwe pijpmaterialen zoals polyvinylchloride (PVC), die veel voorkomen in Nederlandse drinkwaternetwerken, blijken deze methoden minder effectief te zijn. Dit komt doordat het geluidsniveau van het lek vaak laag in frequentie is, waardoor het moeilijk te identificeren is. Studies tonen aan dat akoestische benaderingen in dergelijke omstandigheden beperkt zijn in hun vermogen om nauwkeurige lekdetectie uit te voeren (Gao et al., 2005; Sophocleous et al., 2019)
- Niet-akoestische benaderingen betreffen o.a. methoden zoals thermische infraroodbeeldvorming, waarbij andere fysieke eigenschappen dan geluid worden benut om lekkages op te sporen. Thermische infraroodbeeldvorming maakt gebruik van warmtebeeldcamera's om temperatuurverschillen langs de pijpleidingen te detecteren, wat kan wijzen op een lek. Daarnaast worden druk- en debietsensoren ingezet om fysieke parameters zoals druk en debiet in de pijpleidingen te meten. Afwijkende variaties in deze parameters kunnen duiden op een lek, zonder dat geluidsgolven nodig zijn. Ook het visueel inspecteren van de pijpleidingen met behulp van endoscopen of videocamera's valt onder deze categorie, om mogelijke schade of lekken te identificeren. Deze methoden zijn typisch kostbaar omdat ze vaak dure fysieke apparatuur vereisen en ook arbeidsintensief zijn.

Er wordt nog steeds veel academisch onderzoek gedaan naar zowel akoestische als niet-akoestische benaderingen voor lekdetectie en -localisatie. Er is een groeiende interesse in niet-akoestische methoden vanwege hun potentieel om lekken op te sporen zonder afhankelijk te zijn van hoe goed het leidingmateriaal de geluidsgolven transporteert. Het academisch onderzoek richt zich op het ontwikkelen van geavanceerde technologieën, verbeterde sensoren en analysemethoden om de nauwkeurigheid en efficiëntie van zowel akoestische als niet-akoestische benaderingen te verhogen. Daarnaast wordt er onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van deze methoden in verschillende omgevingen, zoals stedelijke en landelijke gebieden, evenals naar de economische aspecten van hun implementatie.

Software-gebaseerde methoden kunnen worden onderverdeeld in tijdsafhankelijke, model-gebaseerde en data-gedreven benaderingen (Alves et al., 2022).

- Tijdsafhankelijke benaderingen, zoals geëvalueerd door Colombo et al. (2009), omvatten inverse transientanalyse, tijddomeinanalyse en frequentiedomeinanalyse. Deze methoden vertrouwen op tijdsafhankelijke analyse om hoogfrequente gegevens uit de gegenereerde drukgolven te halen (R. Li et al., 2015). Hoewel deze benaderingen voornamelijk worden toegepast op gasleidingen vanwege de specifieke eigenschappen van de drukgolven, kunnen ze in sommige gevallen ook op bovengrondse leidingen worden toegepast. Dit komt echter minder vaak voor vanwege de invloed van de systeemconfiguratie, de onzekerheden en het hogere effect van water, wat het proces duurder en complexer maakt (Puust et al., 2010). Bovendien zijn voor dit proces een groot aantal sensoren en complexe berekeningen vereist, wat resulteert in extreem hoge kosten.
- Data-gedreven benaderingen gebruiken gegevensmetingen gekoppeld aan algoritmen om het lek te vinden, die minder afhankelijk zijn van hydraulisch modellen.
 - Quiñones-Grueiro et al. (2018) ontwikkelden een benadering met behulp van Support Vector Machines (SVM's) om drukgegevens te interpreteren voor lekstroom schatting en leklocalisatie.
 - Machine learning-algoritmen, zoals kunstmatige neurale netwerken en clustering, is uitvoerig besproken in de literatuur, waarbij de effectiviteit van deze technieken bij het detecteren van patronen en anomalieën in verschillende domeinen werd onderzocht,

- zoals lekkagedetectie in pijpleidingen en voorspellende onderhoudsmodellen (Romano et al., 2014; Wu et al., 2016).
- Deep learning-algoritmen zoals Convolutional Neural Networks (CNNs) worden toegepast voor leklokalisatie vanwege hun sterke mogelijkheden in kenmerkidentificatie en patroonherkenning.
 - Javadiha et al. (2019) gebruikten offline drukmetingen en de gemodelleerde druk in de niet-leksituatie om een drukrestkaart te maken met behulp van Kriging interpolatie. Deze restkaarten werden vervolgens omgezet in 2-D afbeeldingen als beeldgegevens die overeenkomen met elke leklocatie. Vervolgens stelden de auteurs een CNN-oplossing voor om beeldclassificatie te bieden en testten deze op een benchmarknetwerk in Hanoi, Vietnam.
 - J. Li et al. (2022) gebruikten een nieuw dicht verbonden convolutioneel netwerk (ResNet) om de nauwkeurigheid van leklokalisatie te verbeteren.

Data-gedreven methoden vereisen meestal een grote hoeveelheid gemonitorde data van hoge kwaliteit. Desalniettemin is het uitdagend om geldige data te verkrijgen over een lange periode, vooral voor data in verschillende lekscenario's. Zelfs als de langetermijndata beschikbaar is, zijn deze methoden meer geschikt voor het identificeren van het lekevenement (lekstroom) dat eerder heeft plaatsgevonden in waterdistributienetwerken. Afgezien van op AI gebaseerde leeralgoritmen, vergeleken Soldevila et al. (2019) en Soldevila et al. (2021) de druk op elk knooppunt in niet-lek en leksituaties door gebruik te maken van Kriging-interpolatie om het lek te lokaliseren, wat alleen historische drukgegevens in normale situaties vereist.

- Model-gebaseerde benaderingen gebruiken typisch het hydraulische model om het lek in de modelomgeving te simuleren en het lek te identificeren door de lek-gedreven hydraulische versterking in het modelsysteem te vergelijken met de echte netwerken.
 - De meest voorkomende model-gebaseerde methode is om leklokalisatie te beschouwen als een foutisolatieprobleem door drukgevoeligheidsanalyse te doen (Casillas Ponce et al., 2014; Perez et al., 2014; Pérez et al., 2011; Quevedo et al., 2011).
 - Farley et al. (2013) gebruikten op genetische algoritmen gebaseerde optimalisatie van de Jacobiaanse gevoeligheidsmatrix om het zoekgebied te verkleinen door een DMA op te delen. Correlatie wordt berekend tussen de lek-gedreven drukkalingen in de modelomgeving en de echte wereld. Perez et al. (2014) gebruikten de model-gebaseerde methode met niet-binairedrukgevoeligheidsanalyse voor leklokalisatie en behaalden bevredigende resultaten bij een 30-uur durende brandkraanlekttest in DMA Nova Icaria in Spanje.

Hoewel model-gebaseerde methoden zijn gevalideerd in zowel gesimuleerde als real-life toepassingen, wordt hun prestatie sterk beïnvloed door modelfouten, meetruis en onbekende knooppuntgegevens (Blesa & Pérez, 2018).

Om rekening te houden met deze betrokken onzekerheden, worden gemengde model-gebaseerde/data-gedreven methoden voorgesteld die model simulatie en machine learning classificatie combineren, zoals K-nearest neighbors (KNNs) classifier (Soldevila et al., 2016) en Bayesian classifier (Soldevila et al., 2017), en Support Vector Machines (SVM) (Zhang et al., 2016).

Het dient gezegd dat de meeste bestaande methoden uitgaan van enkelvoudige lekken, wat niet overeenkomt met de werkelijke activiteiten van nutsbedrijven. Het detecteren en lokaliseren van meerdere lekken tegelijkertijd is dan ook een complexe taak. Modelgebaseerde benaderingen, die gebruikmaken van netwerkmodellen, kunnen de cumulatieve effecten van lekken onderzoeken om optimale combinaties te identificeren, wat leidt tot haalbare oplossingen met meerdere lekken (Berglund et al., 2017; Sophocleous et al., 2019). Gegevensgestuurde strategieën zijn daarentegen niet afhankelijk van specifieke lekscenario's, maar vereisen mogelijk eenvoudige uitbreidingen om

multi-lekscenari'o's aan te pakken (Rajeswaran et al., 2017; Wang et al., 2020). Recente inspanningen, zoals die in de BattLeDIM2020-wedstrijd, hebben zich gericht op het oplossen van het probleem van meerdere lekken door methoden te ontwikkelen waarmee datasets met overlappende lekken van verschillende omvang en kenmerken kunnen worden verwerkt (Vrachimis et al., 2022; Daniel et al., 2022; Steffelbauer et al., 2022; Romero et al., 2022; Marzola et al., 2022; Wang et al., 2022; Li et al., 2022c).

Ondanks de complexiteit en uitdagingen die gepaard gaan met elk van deze technieken, zijn de recente ontwikkelingen veelbelovend voor het verbeteren van de efficiëntie en nauwkeurigheid van lekdetectie en -lokalisatie in waterdistributienetwerken. De combinatie van hardware- en software-gebaseerde methoden biedt een veelzijdige aanpak om lekken op een meer tijdige en nauwkeurige manier te lokaliseren, wat cruciaal is voor het behoud van de infrastructuur en het minimaliseren van waterverlies.

5.2 Commerciële ontwikkeling

Commerciële lekdetectie- en lokalisatieoplossingen worden steeds geavanceerder en veelzijdiger, waardoor bedrijven en waterdistributiebedrijven een scala aan opties hebben om uit te kiezen. De keuze voor een specifiek apparaat of meetmethode hangt af van verschillende factoren, waaronder de omvang van het leidingsysteem, het type lek dat moet worden gedetecteerd en de budgettaire overwegingen van de organisatie. Vandaag zijn er een verscheidenheid aan apparaten en meetmethoden beschikbaar om waterlekken efficiënt op te sporen en te lokaliseren.

Hardware-gebaseerde methoden vormen een essentieel onderdeel van de lekdetectie- en lokalisatie-industrie. Deze benaderingen maken gebruik van fysieke apparatuur en sensoren om lekken in pijpleidingen te detecteren en hun locatie te bepalen. Deze methoden zijn vaak de eerste keuze voor waterdistributiebedrijven vanwege hun bewezen effectiviteit en betrouwbaarheid. Hardware-gebaseerde methoden kunnen verder worden onderverdeeld in verschillende categorieën, waaronder:

- **Lekdetectieoplossingen** maken gebruik van druksensoren en -meters om veranderingen in drukniveaus in het leidingsysteem te detecteren, wat kan wijzen op de aanwezigheid van een lek. Daarnaast kunnen debietsmetingen ook worden ingezet om afwijkingen in de stroom van water te identificeren, die eveneens een indicatie kunnen zijn van lekken in het systeem. Het combineren van druk- en debietsmetingen kan de nauwkeurigheid van lekdetectie verder verbeteren. Door de druk over de tijd te monitoren, kunnen deze systemen afwijkingen in het drukniveau detecteren, wat kan wijzen op de aanwezigheid van een lek.
- **Leklokalisatieoplossingen** omvatten een breed scala aan instrumenten, zoals akoestische dataloggers, thermische camera's en traceergasdetectoren, die elk een unieke benadering bieden voor het localiseren van lekken. Akoestische dataloggers luisteren bijvoorbeeld naar geluidsgolven die worden gegenereerd door een lek, terwijl thermische camera's temperatuurverschillen langs de pijpleidingen detecteren die kunnen duiden op een lek. De belangrijkste technologieën zijn onder andere:
 - o Geluidsloggers en hydrofonen detecteren geluidsgolven in leidingen en water.
 - o Correlatoren identificeren afwijkende geluidspatronen voor lekherkenning.
 - o Akoestische detectie-apparatuur biedt zowel handmatige als geautomatiseerde lekopsporing.
 - o Traceergasdetectie maakt gebruik van gas om moeilijk bereikbare lekkages te lokaliseren.
 - o Akoestische technologie in combinatie met geleidbaarheidssensoren zorgt voor nauwkeurige lekdetectie.
 - o Sectie-isolatoren sluiten leidingsecties af en monitoren drukval om lekken te identificeren.
 - o Visuele en auditieve inspectie van riolen, hydranten en afsluiters om vocht, roest of geluiden te controleren en lekkages vroegtijdig te detecteren.

Software-gebaseerde methoden vormen een steeds belangrijker onderdeel van de lekdetectie- en lokalisatie-industrie. Deze benaderingen maken gebruik van geavanceerde algoritmes en kunstmatige intelligentie (AI) om verschillende soorten gegevensbronnen te integreren en te analyseren. In plaats van alleen fysieke sensoren te gebruiken, kunnen deze methoden gegevens combineren van bijvoorbeeld akoestische metingen, satellietbeelden, onderhoudsrapporten, meldingen van lage waterdruk en historische lekken om lekkages te detecteren en te lokaliseren. Door gebruik te maken van machine learning (ML) kunnen patronen in de data worden herkend die wijzen op mogelijke lekken, zelfs wanneer er geen directe metingen zijn.

- **Leklokalisatieoplossingen** maken gebruik van diverse technologieën, zoals sensoren en data-analyse, om lekkages op te sporen en te lokaliseren. Deze technologieën omvatten onder andere:
 - o Detectie van ondergrondse lekkages door veranderingen in grondvochtigheid met satellietgebaseerde elektromagnetische straling.
 - o Combinatie van directe metingen (zoals sensoren) en data-analyse om lekkages op te sporen via waterdruk en stromingsdata.
 - o Integratie van directe en indirecte data (zoals waterverbruik en drukfluctuaties) voor nauwkeurige leklokalisatie.
 - o Gebruik van akoestische sensoren en data-analyse om lekken snel te identificeren.
 - o Toepassing van geluidssensoren in digitale watermeters om lekgeluiden te detecteren.
 - o Toepassing van AI en big data om waterverlies te reduceren door geoptimaliseerde sensoren in DMA's.
 - o Analyseren van waternetwerken met geavanceerde algoritmen voor het opsporen van afwijkingen.
 - o Integratie van data van meters en SCADA om waterverlies te beheersen en prioriteren.
 - o Gebruik van satellietgegevens (radar en optisch) om lekken en risicozones te detecteren en prioriteren.
 - o Overige geavanceerde technologieën voor lekdetectie, zoals AI, remote sensing en satellietobservatie.

5.3 Analyse

Marktonderzoek toont aan dat holistische innovatieve lekdetectie en -lokalisatie kan worden bereikt door het combineren en analyseren van metingen van fysieke sensoren, virtuele sensoren die indirecte gegevens genereren en proxydata die de netwerkcondities weerspiegelen. Door deze combinatie kan een completer en effectiever systeem voor lekdetectie worden gecreëerd. Dit helpt waterbedrijven bij het proactief identificeren van lekken en het verbeteren van de betrouwbaarheid van hun infrastructuur.

5.3.1 (Gemeten) gegevens verkregen van fysieke sensoren op specifieke locaties

- **Minimale sensorplaatsing**
 - Oplossingen plaatsen vaak hydraulische sensoren alleen bij de inlaten van DMA's, maar voor betere lekdetectie en volledige dekking zouden sensoren verspreid moeten worden over sleutelposities, inclusief fysieke en 'virtuele' sensoren.
- **Strategische sensorplaatsing**
 - Sensoren moeten worden geplaatst nabij potentiële lekzones voor nauwkeurige hydraulische gegevens, aangezien Li et al. (2020) het belang benadrukken van het positioneren van sensoren dicht bij lekken om problemen met ver verwijderde gegevens te vermijden.

- Een balans tussen uitgebreide dekking en kosteneffectiviteit is cruciaal, waarbij vaak drukmeters de voorkeur krijgen vanwege hun lagere installatie- en onderhoudskosten dan debietmeters.
- **Remote sensing**
 - Remote sensing wordt vaak geprezen als een nuttige technologie voor het monitoren van waterverliezen en lekdetectie, maar in stedelijke gebieden blijkt het minder effectief voor leklokalisatie. Dit komt door verschillende beperkingen die specifiek zijn voor het stedelijke landschap en de complexiteit van de infrastructuur.

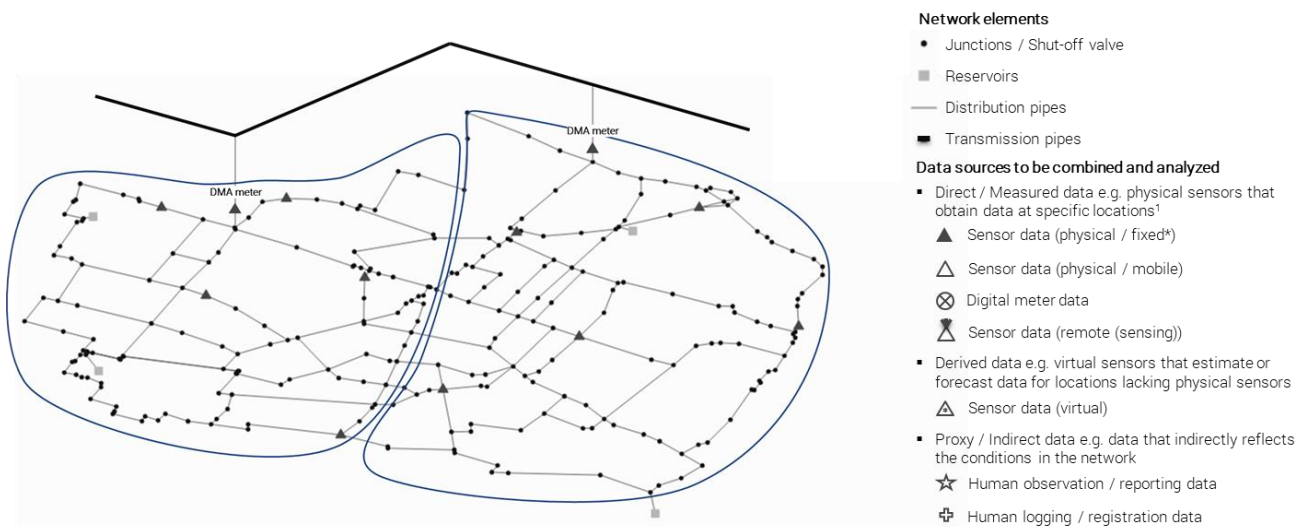
5.3.2 Afgeleide gegevens - gegevens van virtuele sensoren in gebieden waar fysieke sensoren niet aanwezig zijn

- **Het benutten van indirecte metingen – Fysieke verschijnselen afleiden**
 - Wanneer sensorgegevens beperkt of incompleet zijn, kan dit de nauwkeurigheid van de lekdetectie beïnvloeden. In zulke gevallen kunnen op grafieken gebaseerde interpolatietechnieken 'virtuele' sensormetingen genereren, die dienen als effectieve vervangers voor directe metingen en haalbare oplossingen bieden.
 - Het combineren van data-gedreven (gebruikmakend van historische gegevens en machine learning om lekken te identificeren) en model-gedreven methoden (gebruik van wiskundige simulaties van netwerkgedrag voor lekdetectie) verbetert de lekdetectie, maar uitdagingen zoals gegevensvariabiliteit en meetonzekerheden moeten nog steeds beheerd worden.

5.3.3 Proxy / indirecte gegevens - gegevens die indirect de omstandigheden in het netwerk weerspiegelen

- **Benutten van indirecte metingen - Schat de kans in dat een gebeurtenis of voorwaarde zich voordoet**
 - Oplossingen die gebruikmaken van indirecte metingen, zoals menselijke observatie en rapportage, evenals menselijke logging- en registratiedata, lijken minder vaak het onderwerp te zijn in de context van lekdetectie en leklokalisatie. In toegepaste onderzoeken wordt het schatten of beoordelen van de kans op gebeurtenissen of voorwaarden meestal nog steeds gebaseerd op directe of afgeleide gegevens.

De verschillende indirecte, virtuele en bestaande hydraulische datasets die gecombineerd en geanalyseerd moeten worden, kunnen worden beschouwd als essentiële bouwstenen die op de juiste manier moeten worden gecombineerd tot een mogelijke oplossing. Dit wordt schematisch weergegeven in de onderstaande figuur



Figuur 5: Schematische weergave van de verschillende indirecte, virtuele en bestaande hydraulische datasets die dienen gecombineerd en geanalyseerd moeten worden als essentiële bouwstenen voor een mogelijke oplossing.

Hoe dit precies moet gebeuren, wordt binnen dit traject onderzocht.

5.4 Conclusie

Ondanks de waardevolle inzichten bieden software-gebaseerde methoden veel potentieel, maar de brede toepassing ervan is nog niet gerealiseerd.

- In de afgelopen drie jaar hebben we een opvallende toename van wetenschappelijke publicaties waargenomen, gevolgd door een plateau in 2023 en een afname in 2024. Deze trend kan erop wijzen dat de onderzoeksfase is afgerond, waarbij de focus vanaf 2024 verschuift naar het toepassen van de bevindingen in praktische en commerciële contexten.
- Op basis van de marktstudie werd er tot nu toe nog geen totaaloplossing geïdentificeerd die volledig voldoet aan alle gestelde eisen. Dit suggereert dat de beoogde totaaloplossing mogelijk nog niet beschikbaar is of nog onvoldoende ontwikkeld om effectief in praktische en commerciële toepassingen te worden ingezet. Dit kan het gevolg zijn van onzekerheden over de prestaties van de modellen, evenals de complexiteit van het integreren van verschillende databronnen, wat de implementatie bemoeilijkt.

De huidige aanname die hieruit kan worden getrokken, is dat bestaande oplossingen benut moeten worden, terwijl tegelijkertijd hun beperkingen moeten worden aangepakt, en dat de mogelijkheden van toekomstige ontwikkelingen moeten onderzocht worden om een effectiever en innovatiever systeem te creëren. De nadruk ligt op het evalueren van bestaande commerciële oplossingen, hun kenmerken en beperkingen, om zo de ontwikkeling van een nieuw en innovatief systeem te ondersteunen dat voortbouwt op deze oplossingen en tegelijkertijd hun tekortkomingen aanpakt. Door een brede benadering te hanteren en alternatieve opties voor een gelaagd informatiesysteem te verkennen, kunnen wellicht innovatieve methoden ontdekt worden die complexe behoeften oplossen en schaalbare, flexibele oplossingen bieden.

Het is echter belangrijk op te merken dat dit inzicht is verkregen via een bredere marktscan en dat er geen gedetailleerde demonstraties van elk product zijn verkregen. Daarom kunnen we deze conclusie niet met absolute zekerheid trekken. Om een dieper en nauwkeuriger inzicht te verkrijgen, volgt er daarom een marktconsultatie.

6 Behoeftanalyse

Het doel van de eerste werksessies, georganiseerd door Verhaert, was enerzijds om een beter begrip te krijgen van de probleemcontext en anderzijds om de behoeften van de verschillende belanghebbenden in kaart te brengen. Belanghebbenden werden uitgenodigd om hun perspectieven te delen en behoeften met betrekking tot het vernieuwde lekdetectie- en leklocalisatiesysteem te delen. Volgende belanghebbenden waren vertegenwoordigd op deze werksessies.

Organisatie	Naam
Pidpa	Christophe Poels
Pidpa	Kim Belmans
De Watergroep	Filip Vancoillie
De Watergroep	Nele Philips
De Watergroep	Marleen Spiliers
De Watergroep	Steven Callens
Farys	Koen Bauweraerts
Aquaduin	Bernard De Muynck
Vlakwa	Veerle Depuydt
AquaFlanders	Kaat Opdenacker
Vlaio	Tom D'heygere
Vlaio	Louise Vandenberghe

Tijdens interactieve discussies werden diverse aspecten, waaronder de probleemcontext en algemene behoeften, de specifieke behoeften, de impact van de behoeften op de huidige systeemcomponenten, en specifieke randvoorwaarden en beperkingen, zorgvuldig vastgelegd, met aandacht voor zowel individuele als gedeelde perspectieven van de belanghebbenden. Dit wordt hierna beschreven.

6.1 Specifieke behoeften van de verschillende belanghebbenden

6.1.1 Intro

De noden, of meer specifiek **“wat het systeem geacht wordt te doen vanuit het perspectief van de eindgebruiker”** werden bijkomend (niet exhaustief) gedocumenteerd in de vorm van user stories, onder voorbehoud van een grondigere evaluatie - het dient namelijk benadrukt te worden dat hoewel het een goede basis betreft, het nog verdere verfijning en validatie vereist. De noden werden als volgt opgebouwd:

- 1) **Narratief (User Story):** Beschrijving van wat het systeem geacht wordt te doen
 - **Als:** Is het individu (gebruiker) met specifieke verwachtingen, en vanuit wiens perspectief de use case is ontworpen. Volgende gebruikers worden aangehaald:
 - Eigenaar: behoort het systeem toe e.g. process owner
 - Afnemer / Eindgebruiker: zal het systeem gebruiken e.g. lekdetectiespecialist
 - **Wil ik:** de job-to-be-done, wat de gebruiker wenst te bereiken.
 - **Zodat:** de beschrijving van het voordeel dat getracht behaald te worden

- 2) **Systeemvereiste:** Beschrijving van wat het systeem geacht wordt te doen vanuit het perspectief van de eindgebruiker

6.1.2 Use cases

De volgende subsectie bevat een lijst van de verschillende use cases die werden geïdentificeerd.

As a ..., I want to assess environmental and infrastructure factors that may compromise pipe integrity and increase leak risk so that I can accurately locate potential leaks, prioritize inspections, and proactively manage high-risk areas.

- US-092: Integration and analysis of data on material technical characteristics (e.g. aging pipelines, including branches and components) to identify prone areas and factors increasing leak likelihood, thereby pinpointing potential risk areas and enhancing leak detection and localization
- US-110: Integration and analysis of database of sewer locations, including non-water-company-managed sewers, to account for ground subsidence and complications in leak detection and localization caused by invisible water loss due to sewer damage.
- US-107: Integration and analysis of data from sewer operators and wastewater treatment plants to identify leaks in the drinking water network by detecting abnormal clean / drinking water entries into the sewer system
- US-109: Integration and analysis of the soil map from Data Ondergrond Vlaanderen to identify subsidence risk areas based on geological layers
- US-111: Integration and analysis of traffic map data on heavy and constant loads to assess the impact on pipe integrity and potential leaks due to joint shifts and ground displacement, improving leak detection and localization through combined analysis.
- US-122: Integration and analysis of water level measurements from streams and groundwater areas to identify potential leak zones, using abnormal water level changes and patterns to focus leak detection and localization efforts.

As a ..., I want to analyze the historical patterns of leaks and repairs within the network so that I can identify areas at higher risk for future issues, improve the accuracy of leak detection / localization, and identify potential risk areas more effectively.

- US-106: Integrate and analyze a database containing 10 years of leak repair orders with geolocation to analyze historical leaks and repairs, identify patterns and hotspots within the network, and assess areas with frequent problems so that I can identify areas that may need replacement and are at higher risk for future leaks by understanding how past repairs might contribute to potential new leaks.

As a ..., I want monitor water supply issues from various sources, so that I can improve the accuracy of leak detection / localization, and better identify potential risk areas based on human observations and general issue reporting.

- US-091: Integrate and analyze reports related to water supply issues (e.g., pressure problems, visible leaks, complaints) from various sources such as customers, employees, residents, citizens, municipalities, ... to effectively identify potential leaks in drinking water pipes, and will also determine if a leak is truly present, minimizing false alarms and enabling quicker, more accurate responses.
- US-038/039: Combine and analyze notifications of no water supply, reduced water pressure, and recent reports in the distribution network with abnormal water consumption patterns so that I can quickly identify and locate zones with potential leaks or infrastructure problems, enabling me to efficiently respond to and resolve problems within the network.

As a ..., I want to assess the impact of ongoing registered activities and potential disturbances so that I can improve the accuracy and efficiency of leak detection and localization efforts in areas at higher risk.

- US-100: Integrate and analyze data from ongoing pipe work, such as closures and water loss, to adjust my leak localization efforts and ensure accurate detection and localization within the DMA, despite operational impacts.
- US-118/US-112: Integrate and analyze data on terrain, contractor activities (e.g., excavation, hydrant use), and nearby infrastructure to provide context for potential disturbances and identify regions where these activities may increase the risk of pipe damage or other issues, enhancing leak detection and localization
- US-036: Combining and analyzing water usage data with information about recent and ongoing activities (such as location, timing, and pressure fluctuations) to more accurately predict where leaks may occur and to correctly explain temporary spikes in water usage by comparing them with known operational activities and planned works.

As a ..., I want to monitor and distinguish fire brigade activities and legitimate operations so that I can reduce false alarms and improve the accuracy of leak detection and localization.

- US-114: Integrate and analyze data from fire dispatch, including details such as the type of intervention, water usage, time, and location of the event, as well as information on which hydrant was used, along with fire brigade data that is often reported in newspapers afterward.
- US-033/US-032/US-081: Combine and analyze data on firefighting interventions, abnormal water usage patterns, and pressure changes in the distribution network to monitor pressure surges, accurately detect or predict potential leaks, and distinguish between routine operations, legitimate events, and issues arising from misuse or inadequate maintenance, thereby improving leak detection / localization and reducing false alarms.

As a ..., I want to monitor and respond to pressure and flow changes and detect abnormal consumption patterns so that I can proactively detect and prevent leaks, improving overall leak detection and identifying areas at risk.

- US-095: Integrate and analyze data from mobile pressure loggers and transients to identify existing and potential future leaks by analyzing pressure fluctuations and water hammer effects, and improve detection and localization by considering the impact of faulty pressure reducing valves (PRVs).
- US-103: Integrate and analyze pressure data from existing fixed pressure sensors to detect current and future leaks by analyzing low pressure readings and their impact after repairs, allowing me to manage pressure changes and prevent future issues.
- US-101: Integrate and analyze pressure data from supply distribution points to identify leaks and monitor the impact of increased pressure after repairs, helping to manage pressure changes and prevent new leaks.
- US-046/047: Combine and analyze hydraulic model data with real-time DMA monitoring and live pressure and flow measurements to detect and analyze abnormal water consumption patterns, pressure deviations e.g. significant pressure fluctuations and consistently high or low pressures, and flow changes, enabling more accurate identification of potential leaks and prioritization of inspections and repairs, thereby enhancing overall leak detection and localization through a combination of predictive simulations and real-time observations.

As a ..., I want to analyze acoustic patterns that signal potential leaks so that I can accurately locate and respond to leak events and identify high-risk areas for improved leak management.

- US-096: Integrate and analyze data from mobile sound loggers to detect and analyze patterns indicating potential leak locations, including improvements to historical recordings to enhance

leak detection and localization capabilities and proactively manage leaks before they cause significant issues.

As a ..., I want to monitor water usage and balance records across the network so that I can detect small leaks or unexplained water loss and improve overall leak detection and localization accuracy.

- US-064/US-063: Combine and analyze water usage data with network supply and consumption records to maintain an accurate water balance, optimize monitoring for large customers with fluctuating usage, and identify small leaks or unexplained water loss at customer sites

As a ..., I want to analyze patterns and anomalies in remote sensing data (e.g., aerial and satellite images) so that I can identify leak-prone areas, pinpoint pipeline damage, and take timely action to prevent further issues.

- US-121: Integrate and analyze detailed aerial images in both the visual light spectrum and infrared (IR) and detecting temperature anomalies, to help identify potential leak sites, areas of unusual water accumulation, or visible signs of pipeline damage, thereby enhancing leak detection / localization and facilitating timely maintenance actions.
- US-120: Integrate and analyze satellite data in other spectra than aerial images (e.g. to identify the locations of tree roots entangled in pipes, as this information helps in detecting potential pipe damage and blockages caused by root intrusion, allowing for targeted maintenance and reducing the risk of leaks and structural issues in the pipeline network, ...)

6.2 Specifieke randvoorwaarden en beperkingen

De randvoorwaarden bepalen de kritische en andere essentiële datapunten.

6.2.1 Gebruik van data

Hoewel er een overeenkomst afgesloten wordt voor het delen en het gebruik van de beschikbare gegevens, zullen de gedeelde gegevens eigendom blijven van de respectievelijke drinkwaterbedrijven en kunnen deze enkel voor het voorliggende project gebruikt worden.

6.2.2 Datastromen

Het systeem voor lekdetectie en -lokalisatie moet in staat zijn om te werken met datastromen die variëren in temporele discretisatie, de aanwezigheid van outliers, ontbrekende data, enzovoort, aangezien de standaardisatie van de datastromen buiten de reikwijdte van dit project valt.

6.2.3 De kosten voor integratie, algoritmes en technologieën mogen de waterprijs niet verhogen.

Het systeem dient opgezet te worden zonder bijkomende fysieke sensoren, ondanks mogelijke verbeteringen in de nauwkeurigheid, en bijkomende data mag alleen geïntegreerd worden indien dit duidelijke meerwaarde biedt en de implementatiekost beperkt blijft.

6.2.4 Vermindering van afstand en tijd voor lekdetectie

Het systeem moet het mogelijk maken om, eenmaal geïmplementeerd, de afstand en tijd die nodig zijn om een lekkage te lokaliseren met minstens 50% te reduceren ten opzichte van de traditionele methode, zonder dat de kosten of inspanningen aanzienlijk toenemen.

6.2.5 Nauwkeurigheid van voorspellingen binnen straatlengte

Het systeem moet ervoor zorgen dat 90% van de voorspellingen binnen de straatlengte van de werkelijke locatie vallen, wat een nauwkeurigheid van 90% binnen de straatlengte betekent.

6.2.6 Precisie van voorspellingen voor dezelfde lekkage

Het systeem moet een precisie tonen waarbij de standaarddeviatie van voorspellingen voor dezelfde lekkage minder is dan x-aantal meter, wat duidt op hoge precisie met minimale variabiliteit in de metingen. Dit wordt gemeten aan de hand van de standaarddeviatie, die de spreiding van de voorspellingen rondom het gemiddelde aangeeft (en verschilt dus van de nauwkeurigheid, die de directe maat is voor de prestaties van het algoritme ten opzichte van de werkelijke resultaten)

6.2.7 Betrouwbaarheid van voorspellingen

Het systeem moet een betrouwbaarheidsniveau van 90% bieden, wat betekent dat 90% van de voorspellingen consistent betrouwbaar zijn en binnen een gespecificeerd bereik van de werkelijke lekkage locaties vallen, rekening houdend met de variabiliteit van de voorspellingen.

6.2.8 Sensitiviteit voor lekkages met een debiet van 1-5 m³/uur

Het systeem moet een sensitiviteitsniveau van 90% bereiken, wat betekent dat 90% van de lekkages met een debiet van 1 m³/uur tot 5 m³/uur door het systeem gedetecteerd moeten worden.

6.3 Beschikbare data

Om effectief lekken te detecteren en lokaliseren, kunnen zowel interne als externe databronnen benut worden. De interne databronnen van watermaatschappijen omvatten een breed scala aan gegevens die direct voortkomen uit de infrastructuur van het distributienetwerk, zoals leidingen, kleppen en pompen. Deze gegevens vormen de kern van het systeem voor monitoring en onderhoud. Naast de gegevens die automatisch door sensoren worden verzameld, speelt ook handmatig verzamelde data een belangrijke rol, bijvoorbeeld via inspecties en visuele controles.

Externe databronnen bieden bijkomend waardevolle context over de omgeving en kunnen cruciale inzichten verschaffen voor een verbeterde lekdetectie. Het combineren van interne en externe gegevens maakt het mogelijk om potentiële lekken sneller te identificeren, de oorzaken beter te begrijpen en gerichte maatregelen te nemen.

In de volgende secties worden de verschillende interne en externe databronnen besproken.

6.3.1 Interne databronnen

Watermaatschappijen beheren een complex netwerk van assets, zoals leidingen, afsluiters, brandkranen, pompen, en reservoirs, die een breed scala aan data genereren. Elke asset vervult een unieke functie binnen het distributienetwerk en speelt een cruciale rol in het verzamelen van data voor monitoring, lekdetectie, en onderhoud. Niet in alle DMA's zijn deze al data beschikbaar of accuraat.

Intern - Assets data

- Afsluiter / Valve
- Brandkraan / Fire hydrant
- Digitale meter / Digital meter
- Debietmeter DMA / Flow meter DMA
- Glasvezel / Fiber optic
- Leiding / Pipeline
- Druklogger / Pressure logger
- Geluidslogger / Sound logger
- Ontluchter / Air vent
- Pomp / Pump
- Productiesite / Production site
- Reservoir / Reservoir
- Verbruikspunt / Consumption point
- Water Production Center

Afsluiter / Valve	Digitale meter / Digital meter	Glasvezel / Fiber optic	Druklogger / Pressure logger	Ontluchter / Air vent	Productiesite / Production site	Verbruikspunt / Consumption point
Asset	Asset	Asset	Asset	Asset	Asset	Asset
Brandkraan / Fire hydrant	Debietmeter DMA / Flow meter DMA	Leiding / Pipeline	Geluidslogger / Sound logger	Pomp / Pump	Reservoir / Reservoir	Water Production Center
Asset	Asset	Asset	Asset	Asset	Asset	Asset

Hieronder volgt een overzicht van enkele van de belangrijkste assettypen en hun bijdrage aan lekdetectie en leklocalisatie:

- **Debietmeters:** Deze meten het inkomende en uitgaande debiet in specifieke distributiezones (DMA's). Door het waterverbruik en eventuele waterverliezen zoals spoelingen van elkaar af te trekken, kan een nauwkeurige waterbalans worden opgesteld. Afwijkingen in het verwachte debiet kunnen wijzen op mogelijke lekverliezen in het systeem, waarmee vroegtijdige interventies mogelijk zijn.
- **Digitale meters:** Hoewel deze momenteel nog beperkt zijn geïmplementeerd, zullen ze op termijn van groot belang zijn voor een nauwkeurigere waterbalans. Digitale meters bieden gedetailleerde verbruiksgegevens die het mogelijk maken om afwijkingen tussen ingaand en uitgaand water beter in kaart te brengen. Dit helpt niet alleen bij het identificeren van mogelijke lekken, maar ook bij het uitsluiten van andere oorzaken, zoals verbruikspieken bij bedrijven die 's nachts actief zijn. Door de verbruiksgegevens direct te koppelen aan drukmetingen, ontstaat een vollediger beeld van de netwerkbelasting en kunnen lekken nauwkeuriger worden gelokaliseerd.
- **Drukloggers:** Deze meetinstrumenten registreren de druk op verschillende punten in het netwerk. Afwijkingen in druk kunnen wijzen op een lek; een lek resulteert vaak in een drukverlaging die door drukloggers kan worden waargenomen. Drukloggers zijn van cruciaal belang voor het opsporen van afwijkingen in drukpatronen, vooral als deze gekoppeld worden aan specifieke locaties zoals een productie- of pompstation (WPC). Als een lagere druk wordt gemeten zonder dat er een duidelijke oorzaak is, kan dit een indicatie zijn van een lek.
- **Geluidsloggers:** Deze sensoren zijn specifiek gericht op het detecteren van lekgeluiden binnen leidingen. Geluidsloggers kunnen afwijkende geluidspatronen registreren, zoals het typische geluid van water dat ontsnapt uit een leiding, wat vaak op een lek duidt. Hoewel hun gebruik momenteel beperkt is, zijn geluidsloggers een waardevolle aanvulling op het monitoring arsenaal, vooral in combinatie met andere data voor een historische trendanalyse.
- **Brandkranen:** Bij inspecties en onderhoud van brandkranen wordt vaak opgemerkt dat waterverliezen kunnen optreden door defecten of incorrecte afsluiting. Daarnaast veroorzaken de tijdelijke drukveranderingen bij het gebruik van brandkranen vaak drukschommelingen in het netwerk. Deze drukschommelingen kunnen kwetsbare punten in het netwerk blootleggen, wat een verhoogde kans op lekken betekent. Een correcte bediening en onderhoud van

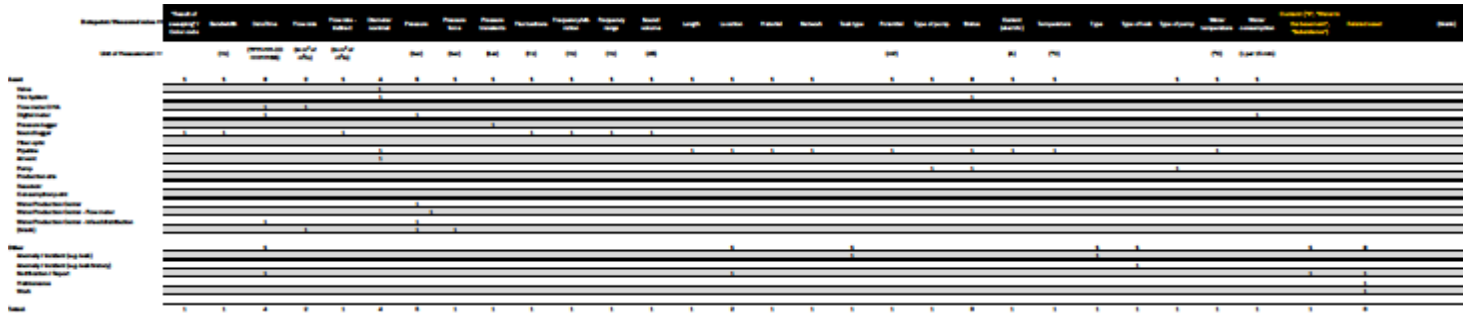
brandkranen is daarom van essentieel belang om ongewenste drukgolven en eventuele lekken te voorkomen.

- **Afsluiters en afsluiterstanden:** Het correcte beheer van afsluiterstanden is essentieel voor een stabiel netwerk. Verkeerde posities van afsluiters kunnen niet alleen het distributiepatroon verstoren, maar ook de waterdruk beïnvloeden. Een GIS-systeem dat real-time afsluiterstanden bijhoudt, kan helpen om afwijkingen of fouten in het netwerk snel te identificeren en lekverliezen beter te monitoren. Het is echter belangrijk te vermelden dat een dergelijk systeem momenteel niet beschikbaar is bij De Watergroep. Leveranciers moeten er rekening mee houden dat deze data niet beschikbaar is voor gebruik in de huidige situatie.

Deze data vormt de ruggengraat van het systeem en is onmisbaar voor het monitoren van waterkwaliteit, het plannen van onderhoud, en het vroegtijdig opsporen van calamiteiten zoals lekken. Met deze data streven de watermaatschappijen ernaar om potentiële lekken sneller op te sporen, andere oorzaken van waterverlies uit te sluiten, en onderhoud gericht te plannen. Door de gecombineerde inzet van automatische metingen en handmatige inspecties ontstaat een efficiënter en beter onderbouwd beheer van het distributienetwerk.

Het dient gezegd te worden dat niet alle waardevolle informatie over de infrastructuur beschikbaar is in digitale systemen. Veel cruciale inzichten worden verzameld door technici die handmatige inspecties uitvoeren en visuele controles doen op locatie. Dit type data wordt vaak niet direct in systemen opgeslagen en is daardoor minder toegankelijk voor automatische analyses e.g. informatie zoals kleine scheuren, beginnende corrosie of subtiele slijtagepatronen.

De onderstaande tabel geeft een gedetailleerd overzicht van de verschillende assets die door watermaatschappijen worden beheerd, evenals de specifieke parameters die voor elk assettype worden gemonitord via uiteenlopende meetmethoden en technieken. De tabel toont een breed scala aan meetwaarden, zoals debiet, druk, druktransiënten, geluid, locatie, materiaal, temperatuur, en status. Deze parameters worden per assettype in kaart gebracht om een diepgaand inzicht te bieden in de operationele staat en mogelijke problemen binnen het netwerk.



Figuur 6: Data (Klik om te openen in PDF)

De tabel is gestructureerd als een matrix, waarbij de rijen de verschillende assettypes vertegenwoordigen (zoals leidingen, pompen, afsluiters, reservoirs, etc.) en de kolommen staan voor verschillende parameters die gemeten kunnen worden (zoals druk, debiet, diameter, locatie, materiaal, enzovoort). Een '1' in een cel duidt erop dat de specifieke parameter voor dat bepaalde assettype wordt gemonitord. Een lege cel betekent dat deze parameter niet van toepassing is op dat assettype of momenteel niet wordt gemeten. Hieronder volgt een overzicht van enkele van de belangrijkste meetwaarden:

1. **Debietmetingen:**

- o *Debiet Direct en Indirect:* Metingen van het inkomende en uitgaande water in specifieke netwerkzones. Directe debietmetingen zijn essentieel voor het bepalen van de waterbalans, terwijl indirecte metingen aanvullende informatie kunnen bieden om verlies te berekenen.

2. **Datum en Tijd**

- o Elke meting en handeling heeft een datum- en tijdstempel om bijvoorbeeld historische trends te analyseren en correlaties tussen incidenten of veranderingen in het netwerk te ontdekken.

3. **Bandbreedte**

- Dit geeft de range van mogelijke variaties in de gemeten waarden, bijvoorbeeld voor debiet of druk. Een smalle bandbreedte kan wijzen op een stabiele situatie, terwijl een brede bandbreedte afwijkingen aangeeft die mogelijk problematisch zijn.

4. Drukmetingen

- *Druk*: Drukniveaus worden continu gemeten om de operationele status van het netwerk te bewaken. Veranderingen in druk kunnen wijzen op lekken, verstoppingen of andere storingen.
- *Drukkracht*: De kracht waarmee het water door het systeem wordt gepompt, wat cruciaal is voor het beoordelen van de prestatie van pompen en andere drukelementen in het netwerk.
- *Druktransiënten*: Dit zijn snelle drukschommelingen, vaak veroorzaakt door plotselinge wijzigingen zoals het aan- of uitzetten van pompen. Druktransiënten kunnen leidingen beschadigen en zijn belangrijk om in de gaten te houden om waterslag en drukgolven te beheersen.
- *Fluctuaties*: Kleinere schommelingen in druk die zich op langere tijdschalen voordoen. Regelmatige drukfluctuaties kunnen wijzen op structurele problemen of seizoensgebonden effecten op het netwerk.

5. Frequentiometingen

- *Frequentie Breedte en Bereik*: Metingen van de variatie in frequentie, relevant voor geluidsloggers en mogelijk andere elektronische monitoringapparatuur. Geluidsfrequenties helpen bij het detecteren van lekken door abnormale geluiden binnen leidingen te identificeren.

6. Geluidmetingen

- *Geluidsvolume*: Het geluidsniveau dat wordt geregistreerd door geluidsloggers. Specifieke geluidspatronen kunnen wijzen op lekken, omdat water dat ontsnapt uit een onder druk staande leiding specifieke geluiden produceert.

7. Fysieke eigenschappen van assets

- *Diameter Nominaal*: De nominale diameter van leidingen en andere componenten. Deze is essentieel voor het berekenen van doorstroming en druk en voor het vaststellen van compatibiliteit tussen verschillende netwerkdonderdelen.
- *Lengte*: De lengte van leidingen of secties van het netwerk, wat belangrijk is voor debietberekeningen en het voorspellen van drukverliezen over afstand.
- *Materiaal*: Het materiaal van de assets (bijv. PVC, gietijzer, staal) beïnvloedt de levensduur en gevoeligheid voor lekken en corrosie.
- *Type en Type Pompen*: Specifieke typen assets, zoals soorten pompen, worden benoemd om hun unieke kenmerken te documenteren en te gebruiken bij het plannen van onderhoud of vervanging.

8. Locatiegegevens

- *Locatie*: De geografische locatie van assets en meetpunten helpt om problemen nauwkeurig te lokaliseren en sneller te reageren op incidenten.

- *Netwerk en Opdracht(en)*: De plaats in het netwerk en de specifieke taak die een asset vervult. Deze informatie is van belang voor het bepalen van de rol van een asset in de distributie en de prioriteit ervan bij onderhoud of vervanging.

9. Operationele status

- *Potentiaal en Status*: De operationele potentie en status van een asset (bijv. actief, stand-by) geven een actueel beeld van de operationele inzetbaarheid.
- *Debiet*: Voor pompen en andere onderdelen van het netwerk is het debiet een belangrijke parameter om het volume van het water dat door het systeem stroomt te meten. Het monitoren van het debiet helpt bij het beoordelen van de prestaties en efficiëntie van de pomp en draagt bij aan het optimaliseren van de operationele werking van het netwerk.

10. Temperatuurmetingen

- *Temperatuur en Watertemperatuur*: Temperatuurmetingen zijn belangrijk, aangezien bepaalde leidingen en materialen gevoelig zijn voor temperatuurschommelingen, die mogelijk leiden tot uitzetting, krimp of zelfs scheuren.

11. Historische en Contextuele gegevens

- *Type Lek en Lekhistoriek*: Dit geeft de aard van een lek en historische gegevens over lekken. Dit is cruciaal om trends te herkennen en om assets of locaties met een verhoogd risico te identificeren.
- *Inhoud en Invoer*: Notities zoals 'water in de kelder' of 'verzakking' geven contextuele aanwijzingen over incidenten en kunnen wijzen op specifieke oorzaken of gevolgen van storingen in het systeem.

12. Onderhoud en Incidenten

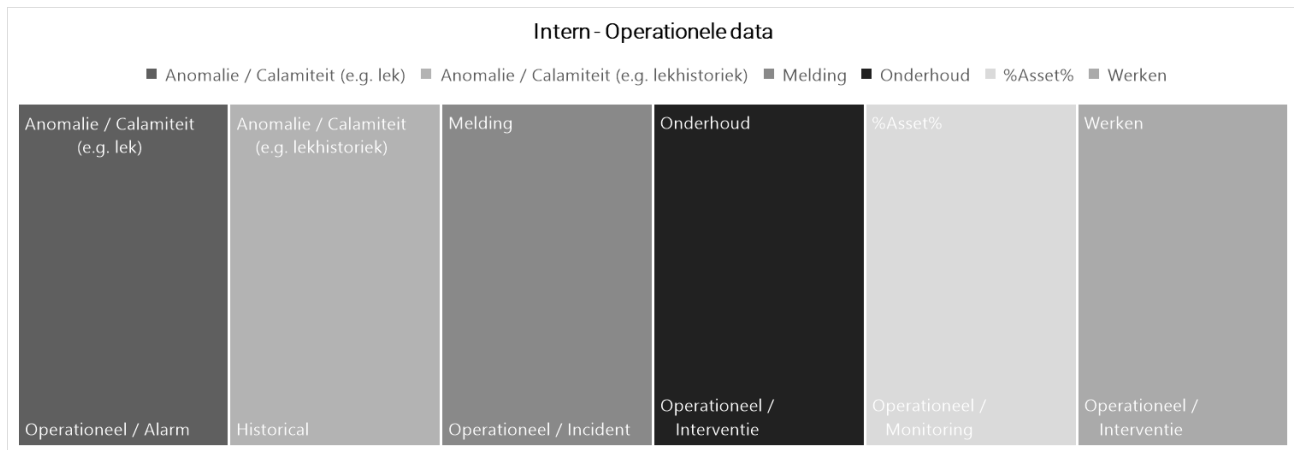
- *Onderhouds- en waterverbruiksgegevens*: Deze geven inzicht in de historische prestaties van assets en helpen bij het optimaliseren van het onderhoudsschema om ongeplande uitval te voorkomen.

13. Type Calamiteiten en Interventies

- *Historische Incidenten*: Data over eerdere interventies, zoals verzakkingen of meldingen van abnormale druk, helpen bij het analyseren van risicogebieden en het optimaliseren van preventief onderhoud. Ook kunnen eerdere calamiteiten een indicatie geven van structurele problemen.

Door deze verzamelde data te analyseren, kunnen potentiële risico's zoals lekken, verzakkingen, of afwijkende drukschommelingen vroegtijdig gesignaleerd worden en gerichte acties ondernomen worden.

Naast de meetwaarden die rechtstreeks door assets worden gegenereerd en continu worden gemonitord, is er een breed scala aan aanvullende operationele data beschikbaar. Deze gegevens zijn cruciaal voor het volledige inzicht in het netwerkbeheer en omvatten diverse categorieën die verder reiken dan de technische meetwaarden van de assets zelf. Operationele data bevat informatie over incidenten, onderhoud, meldingen, en werkzaamheden, evenals historische en actuele gegevens over calamiteiten zoals lekken. Deze gegevensstromen komen uit verschillende bronnen en worden op verschillende manieren gemodelleerd, wat resulteert in unieke datastructuren met attributen die specifiek zijn voor elk concept. Niet in alle DMA's zijn deze al data beschikbaar of accuraat.



Hieronder volgt een overzicht van enkele van de belangrijkste categorieën van operationele data en hun bijdrage aan lekdetectie en leklocalisatie:

- **Meldingen:** Deze categorie, die het grootste deel van de operationele data vormt, bevat meldingen van zowel interne als externe partijen over incidenten zoals waterlekken, verzakkingen of ongewoon waterverbruik. Meldingen helpen watermaatschappijen bij het snel identificeren van problemen en vormen een directe indicator voor potentiële lekken of andere storingen in het systeem.
- **Werken:** Data over werkzaamheden geeft inzicht in de geplande en ongeplande interventies aan het netwerk. Deze gegevens helpen bij het beheren van distributiepatronen, het anticiperen op mogelijke tijdelijke verstoringen, en het voorkomen van onvoorziene drukveranderingen die nieuwe lekken kunnen veroorzaken. Werken hebben invloed op de operationele status en de netwerkstructuur, en een nauwkeurige administratie hiervan helpt bij het minimaliseren van risico's.
- **Anomalieën/Calamiteiten (zoals lekken en lekhistoriek):** Deze data vertegenwoordigt zowel actuele incidenten als historische lekgegevens. Informatie over lekken en de frequentie ervan helpt bij het opstellen van risicoprofielen voor specifieke gebieden en het voorspellen van waar toekomstige lekken zich mogelijk kunnen voordoen. Historische lekgegevens zijn van groot belang voor het identificeren van kwetsbare zones die wellicht extra controle of vervanging vereisen.
- **Onderhoud:** Onderhoudsdata bevat informatie over preventieve en reactieve onderhoudsactiviteiten aan assets zoals afsluiters, pompen, en leidingen. Regelmatig onderhoud vermindert de kans op storingen en helpt om de levensduur van assets te

verlengen. Door deze gegevens te integreren in het netwerkbeheer kan men beter anticiperen op de noodzaak van nieuwe onderhoudsbeurten en risico's proactief aanpakken.

Deze operationele data speelt eveneens een cruciale rol bij het effectief opsporen van lekken. Door meldingen, onderhoudsgegevens en informatie over werkzaamheden en calamiteiten te bundelen in één systeem, krijgen watermaatschappijen een compleet overzicht van de operationele status van het netwerk. Met deze gegevens kunnen ze sneller inspelen op incidenten, onderhoud gerichter plannen en historische patronen benutten om preventieve maatregelen te nemen.

Het combineren van deze operationele data met assetdata helpt bij het optimaliseren van de waterbalans, het minimaliseren van waterverliezen, en het verbeteren van de betrouwbaarheid en efficiëntie van het netwerk.

6.3.2 Externe databronnen

De watermaatschappijen wensen niet alleen gebruik te maken van interne databronnen en datapunten, maar streven – indien nodig – ook naar de integratie van externe gegevens die buiten hun directe beheer vallen. Deze externe databronnen kunnen waardevolle inzichten bieden die de interne gegevens aanvullen, zowel over het waterdistributienetwerk als de omringende omgeving. Door deze externe gegevens toe te voegen, kunnen de watermaatschappijen het huidige lekdetectie- en leklokalisatiesysteem verder verbeteren en optimaliseren.

Verschillende categorieën van omgevingsinformatie kunnen van belang zijn voor lekbeheer, zoals **omgevingsmonitoring, waterbeheer, meldingen** en andere relevante bronnen. Elke categorie draagt dus mogelijk bij aan het vormen van een completer beeld van de factoren die lekken kunnen veroorzaken of beïnvloeden.

Omgevingsinformatie						
■ Meldingen ■ Omgevingsmonitoring ■ Andere ■ Waterbeheer						
Omgevingsmonitoring					Waterbeheer	
Info op terrein	Sociale media	Satellietdata (foto's, radar)	Meteo (droogte, vorst)	Dronebeelden	Riool GIS	Peilmetingen waterlopen
Andere			Meldingen			
Fetrapi	Glasvezel	Brandweer	Meldingen van rioolbeheerd...	Meldpunt gemeente	Bodemkaart	RWZI's en pompstations

Hieronder volgt een overzicht van enkele van de belangrijkste categorieën van operationele data en hun bijdrage aan lekdetectie en leklokalisatie:

Omgevingsmonitoring:

- **Info op terrein:** Informatie over werkzaamheden en activiteiten op en rond het netwerk, zoals die van aannemers, biedt watermaatschappijen real-time inzicht in potentiële risico's. Wanneer er in de nabijheid van leidingen werkzaamheden plaatsvinden, is er een verhoogd

risico op beschadiging. Directe waarnemingen op terrein helpen ook bij het snel signaleren van visueel vastgestelde problemen, zoals verzakkingen of natte plekken.

- **Satellietdata (foto's, radar):** Beelden van satellieten tonen veranderingen in de omgeving, zoals vochtige grond of verzakkingen die kunnen wijzen op ondergrondse lekken. Radar kan ook veranderingen in het bodemoppervlak detecteren, veroorzaakt door verschuivingen als gevolg van lekken. Satellietdata biedt daarmee een hulpmiddel om moeilijk bereikbare of grote gebieden te monitoren.
- **Meteogegevens (droogte, vorst):** Gegevens over weersomstandigheden, zoals droogte en vorst, geven inzicht in veranderingen in de grondcondities. Vooral vorstperiodes en dooi kunnen zorgen voor uitzetting en krimp van leidingen, wat leidt tot een verhoogde kans op lekken. Droogte kan daarnaast tot bodembewegingen leiden, wat extra druk op de leidingen zet.
- **Dronebeelden:** Drones kunnen luchtfoto's maken van gebieden die moeilijk toegankelijk zijn. Dit maakt het mogelijk om het netwerkgebied regelmatig te monitoren op verzakkingen of andere afwijkingen die kunnen wijzen op lekken.
- **Sociale media:** Inwoners en omwonenden melden wateroverlast of verdachte situaties vaak op sociale media. Deze meldingen bieden een vroegtijdige indicatie van potentiële problemen, vooral in gebieden waar directe monitoring beperkt is.

Waterbeheer

- **Riool GIS:** Een geografisch informatiesysteem (GIS) voor riolen biedt inzicht in de ligging en staat van het rioolnetwerk. Defecten in het riool kunnen de stabiliteit van de grond beïnvloeden en zo ook spanning uitoefenen op de waterleidingen. GIS-data helpt om gebieden met verhoogde risico's in kaart te brengen. Wanneer het rioolstelsel defecten vertoont of in slechte staat verkeert, is de kans groter dat lekwater via het riool wegstroomt in plaats van aan de oppervlakte zichtbaar te worden.
- **Peilmetingen van waterlopen:** Metingen van waterpeilen in nabijgelegen waterlopen en grondwaterstanden kunnen helpen bij het lokaliseren van lekken. Abnormale stijgingen van het waterpeil kunnen wijzen op waterverlies uit het distributienetwerk, terwijl verzadigde grondzones potentieel lekkende gebieden markeren.
- **Bodemkaart (DOV - Data Ondergrond Vlaanderen):** Gegevens over geologische lagen en bodemtypes bieden inzicht in gebieden waar verzakkingen of verschuivingen de leidingen onder spanning kunnen zetten. Deze informatie maakt het mogelijk om specifieke risicogebieden voor lekken te identificeren.
- **RWZI's en pompstations (Aquafin):** Informatie van rioolwaterzuiveringsinstallaties kan helpen om lekken op te sporen wanneer ongewoon schoon water in het riool terechtkomt. Dit kan erop wijzen dat er drinkwater in het riool lekt. Monitoring van waterkwaliteit in de riolering biedt daarmee aanvullende aanwijzingen voor mogelijke lekken in het distributienetwerk.

Meldingen

- **Meldingen van rioolbeheer en gemeentelijke meldpunten:** Externe meldpunten, zoals die van Aquafin en gemeentelijke diensten, kunnen waardevolle informatie leveren over verzakkingen, wateroverlast en andere incidenten nabij het waterleidingnetwerk. Dergelijke meldingen kunnen directe indicaties geven van structurele problemen in het netwerk of van mogelijk lekkende leidingen.

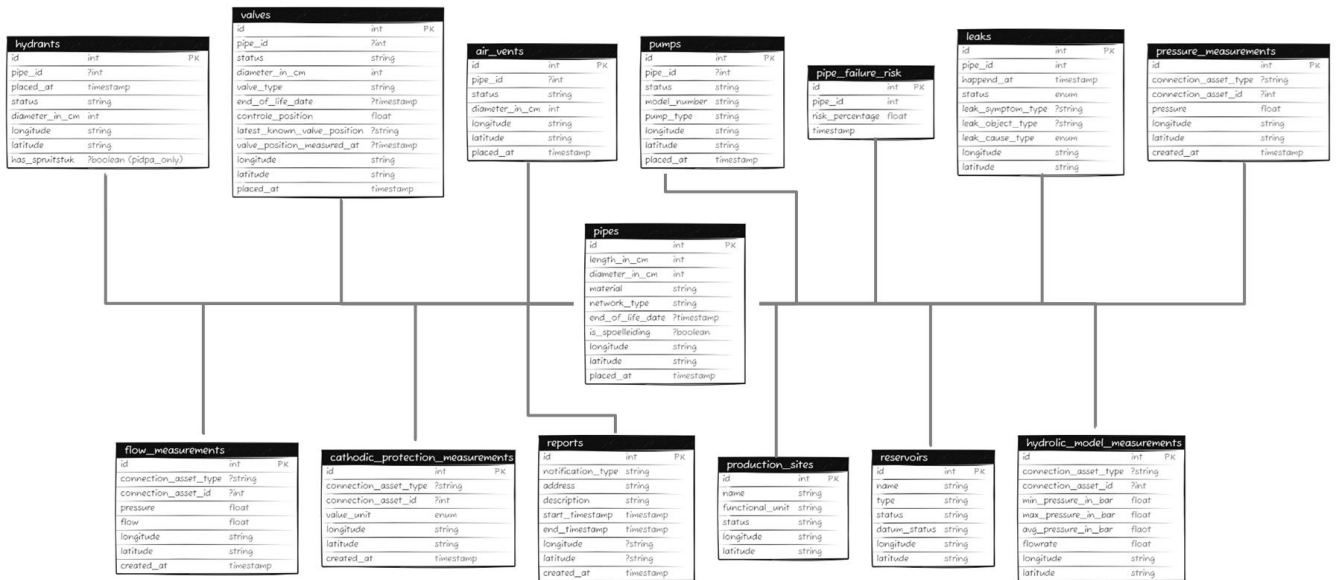
Andere relevante bronnen

- **Gipod:** Dit platform biedt informatie over geplande werkzaamheden van bouwbedrijven, aannemers, en architecten nabij het netwerk. Daarnaast speelt ook het KLIP-platform een rol, waar grondwerken worden gemeld en plannen met de indicatieve ligging van verschillende leidingen kunnen worden opgevraagd. Beide platformen dragen bij aan een veilige en efficiënte coördinatie van werkzaamheden.
- **Glasvezeltechnologie:** Glasvezel kan voor diverse lekdetectietechnieken worden ingezet. Distributed Acoustic Sensing (DAS) detecteert trillingen rond leidingen op basis van verstoring van laserpuls in glasvezel en kan specifieke trillingen opvangen die wijzen op lekkages. Andere technieken zoals Distributed Temperature Sensing (DTS) meten temperatuurveranderingen langs leidingen, terwijl Optical Time Domain Reflectometry (OTDR) reflecties in glasvezel gebruikt om defecten op te sporen.
- **Brandweer:** Incidenten geregistreerd door de brandweer, zoals wateroverlast, kunnen waardevolle informatie bieden over mogelijke lekken, aangezien het water in dergelijke gevallen blijft stromen. Hoewel activiteiten zoals het schoonmaken van wegen of het blussen van branden niet altijd worden gemeld, gaat hiermee vaak wel een aanzienlijk watergebruik gepaard. Niet alleen een aanzienlijk waterverbruik is van belang, maar ook het tijdelijke afnemen van een groot debiet. Vaak wordt een hydrant te snel geopend en gesloten, wat leidt tot een drukgolf die op zijn beurt lekken kan veroorzaken. Deze data kan bijdragen aan het identificeren van ongebruikelijke waterverliezen en het lokaliseren van mogelijke lekken.
- **Verkeerskaarten:** Gebieden met veel zwaar verkeer kunnen een verhoogd risico op lekken hebben vanwege de constante belasting op ondergrondse leidingen. Dit kan leiden tot structurele schade en een verhoogde kans op lekken.
- **Weersvoorspellingen:** Hitte kan leiden tot hogere waterafnames. Stormen kunnen het risico op omgevallen bomen in bosrijke gebieden vergroten, terwijl vorst kan leiden tot bevroren watermeters, die na dooi kunnen zorgen voor verhoogd lekverlies.

Door externe databronnen te integreren met interne gegevens kan mogelijk een breder overzicht worden verkregen van omgevingsfactoren die invloed hebben op het netwerk. Deze externe data moeten echter als aanvullende informatie worden beschouwd die nuttig kan zijn wanneer de doelstellingen niet bereikt kunnen worden met de reeds geïdentificeerde interne databronnen. Het is momenteel nog niet volledig duidelijk welke specifieke databronnen nodig zijn, welke specifieke datapunten en parameters beschikbaar zullen zijn binnen deze databronnen, welke extra informatie uit de datasets kan worden afgeleid, en hoe deze gegevens precies toegepast moeten of kunnen worden. Bovendien kan het nodig zijn om extra externe databronnen te identificeren of toe te voegen, aangezien het nog onzeker is of het doel uitsluitend met de bestaande interne en externe databronnen kan worden behaald. Daarom zou het mogelijk zijn dat de verzameling van externe gegevens verder uitgebreid moet worden om de gewenste resultaten te behalen. De markt zal binnenkort de keuze hebben om al dan niet gebruik te maken van deze externe data of bijkomende externe data. Het combineren van deze bronnen met interne databronnen biedt mogelijk kansen om lekken nog nauwkeuriger te lokaliseren, de oorzaken beter te begrijpen en gerichte preventieve maatregelen te nemen om waterverliezen te minimaliseren.

6.3.3 Data model

Onderstaand datamodel geeft een overzicht van de verschillende entiteiten (zoals assets en meetgegevens) die beschikbaar zijn. Elke tabel representeert een specifieke entiteit of type meetwaarde, en de relaties tussen deze tabellen tonen de koppelingen tussen verschillende onderdelen van het netwerk en de gegevens die eraan gekoppeld zijn. De kardinaliteit tussen de fysieke data tabellen is momenteel niet gekend.



Figuur 7: Datamodel (Klik om te openen in PDF)

Hieronder volgt een overzicht van enkele van de belangrijkste entiteiten:

Assets en infrastructuurcomponenten

- **hydrants**: Bevat informatie over hydranten (brandkranen) in het netwerk, met attributen zoals pipe_id (verwijzing naar de pijpleiding waaraan de hydrant verbonden is), status, diameter_in_cm, locatiecoördinaten (longitude, latitude), en een timestamp voor de plaatsingsdatum (placed_at). Ook is er een indicator has_spruitstuk om aan te geven of de hydrant een spuitstuk heeft.
- **valves**: Beheert gegevens over afsluiters (kleppen) in het netwerk. Attributen zijn onder andere pipe_id, status, diameter_in_cm, valve_type, control_position, longitude en latitude. De afsluiters hebben ook data zoals latest_known_valve_position en een bijbehorende measured_at timestamp.
- **air_vents**: Bevat gegevens over ontluichters, inclusief pipe_id, status, diameter_in_cm, en locatiecoördinaten. Dit helpt bij het beheer van lucht in de leidingen, wat kan bijdragen aan de drukregeling.
- **pumps**: Informatie over pompen in het netwerk, met kenmerken als status, model_number, pump_type, en locatie (longitude, latitude). Deze gegevens helpen bij het beheren van waterdruk en flow in het netwerk.
- **pipes**: Documenteert alle pijpleidingen in het netwerk, met attributen zoals length_in_cm, diameter_in_cm, material, network_type, end_of_life_date, en locatie-informatie. Deze gegevens zijn cruciaal voor het beheren van de pijpleidingen en het plannen van onderhoud of vervangingen.
- **reservoirs**: Bevat gegevens over reservoirs, zoals name, type, status, datum_status, flowrate, en locatie. Reservoirs spelen een sleutelrol in de watervoorziening door water op te slaan en druk te reguleren.

Meetgegevens en monitoring

- **pressure_measurements:** Drukmetingen die gekoppeld zijn aan specifieke assets in het netwerk. Deze tabel bevat pressure-waarden, locatiecoördinaten, en een created_at timestamp. Drukmetingen helpen bij het bewaken van de waterdruk en bij het detecteren van afwijkingen die op lekkages kunnen wijzen.
- **flow_measurements:** Beheert debietmetingen (flow), druk (pressure), locatiecoördinaten en een timestamp. Deze gegevens zijn essentieel voor het monitoren van waterverbruik en het berekenen van de waterbalans.
- **cathodic_protection_measurements:** Metingen die de kathodische bescherming van leidingen evalueren om corrosie te voorkomen. Attributen omvatten value_unit, locatie, en created_at. Deze metingen zijn belangrijk om de integriteit van metalen leidingen te waarborgen.
- **hydraulic_model_measurements:** Bevat gegevens van hydraulische modellen, zoals min_pressure_in_bar, max_pressure_in_bar, en avg_pressure_in_bar. Deze modellen geven inzicht in de verwachte drukcondities in het netwerk en kunnen afwijkingen identificeren die op problemen wijzen.

Incidenten en risico-inschatting

- **leaks:** Documenteert lekken met velden zoals happened_at (tijdstip van het lek), status, leak_symptom_type (beschrijving van het type lek), en locatie-informatie. Deze gegevens worden gebruikt om lekken te registreren en op te volgen.
- **pipe_failure_risk:** Een risicobeoordeling voor pijpleidingen. De tabel bevat risk_percentage en een timestamp, wat helpt bij het voorspellen van pijpleidingfalen en het prioriteren van onderhoud.

Rapportage en andere monitoringlocaties

- **reports:** Bevat meldingen van incidenten of problemen binnen het netwerk. Attributen omvatten notification_type, address, description, start_timestamp, en end_timestamp. Deze tabel wordt gebruikt voor het beheer van meldingen en interventies.
- **production_sites:** Beheert gegevens over productielocaties in het netwerk, zoals name, functional_unit, status, en locatie. Productielocaties spelen een cruciale rol in de watervoorziening en moeten nauwkeurig worden gemonitord.
- **flow_measurements** en **cathodic_protection_measurements:** Deze tabellen bieden gegevens over respectievelijk waterflow en corrosiebescherming binnen het netwerk, met locatie-informatie om precies te kunnen volgen waar de metingen zijn uitgevoerd.

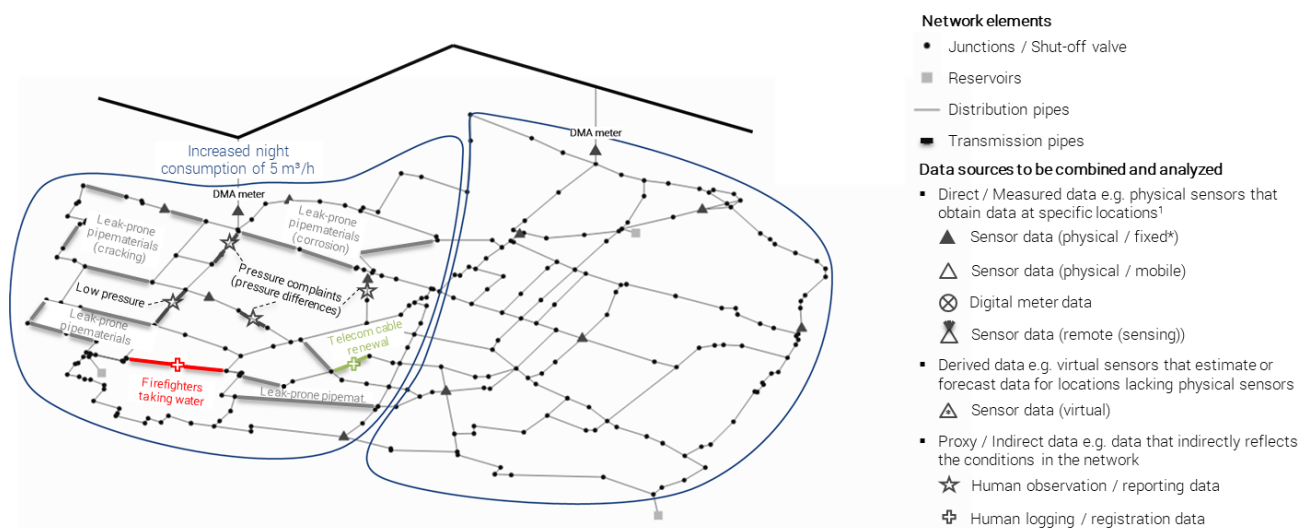
6.4 Hypothetisch illustratief scenario

Hoewel in de vorige secties de belangrijkste verwachtingen voor het systeem vanuit het perspectief van de eindgebruikers zijn uiteengezet, en ook de beschikbare data werd toegelicht, kan een hypothetisch scenario waarbij bestaande data wordt ingezet extra inzicht bieden in de specifieke uitdagingen en de complexiteit van lekdetectie in de praktijk. Dit scenario verduidelijkt hoe de verschillende use cases van het systeem gezamenlijk kunnen bijdragen aan de identificatie en aanpak van potentiële lekkages in een realistische context.

Het scenario is als volgt - Stel u voor dat in één van de District Metered Areas (DMA) van 100 kilometer een verhoogd nachtverbruik van 5 m³/u werd gedetecteerd, wat duidt op één of meerdere lekken binnen dit gebied, en dat deze stijging al enkele nachten achtereenvolgens waargenomen wordt en gepaard gaat met diverse relevante gebeurtenissen die het risico op lekken verder verhogen en de detectie bemoeilijken.

- Er vond recent een brand plaats, waarbij de brandweer water afnam uit het drinkwaternetwerk.
- In enkele straten worden regelmatig drukkklachten (drukverschillen) gemeld, en dit speelt al een geruime tijd.
- In vier zones bevinden zich lekgevoelige leidingen.
- Gelijktijdig met het stijgen van het nachtverbruik ontvingen we een melding van lage waterdruk.
- Enkele weken geleden werd in een bepaalde zone een telecomkabel vernieuwd.

Er zijn medewerkers beschikbaar met mobiele geluidsloggers en druktransiëntloggers. Indien nodig kunnen deze loggers op korte termijn geplaatst worden.



Figuur X: Visuele weergave van het scenario

Dit hypothetische scenario belicht de uiteenlopende en onderling verbonden factoren die leklocalisatie bemoeilijken. Het illustreert de uitdaging van het lokaliseren en prioriteren van lekgebieden, waarbij de vraag rijst hoe deze prioriteit moet worden bepaald binnen de gestelde randvoorwaarden. Het benadrukt zo de waarde van het integreren van diverse databronnen en use cases. De use cases die in de vorige secties zijn gedefinieerd, bieden het raamwerk voor het aanpakken van deze uitdagingen. Ze vertegenwoordigen de mogelijke oplossingen om met behulp van data-analyse de tijd en afstand die nodig zijn voor het lokaliseren van lekken met 50% te verkorten, terwijl tegelijkertijd extra kosten voor eindgebruikers worden vermeden. De centrale vraag is dan welke specifieke stappen of methoden, gebaseerd op de gedefinieerde use cases, toegepast moeten worden om deze doelen te bereiken.

6.5 Conclusie

Zoals eerder aangegeven in sectie 3.1, is het korte-termijndoel van dit project om de markt te stimuleren om innovatieve oplossingen voor te stellen, zonder dat er vooraf een gedetailleerde systeemdefinitie wordt gegeven. De gepresenteerde use cases fungeren als richtlijn en bieden een kader waarin marktpartijen hun voorstellen kunnen ontwikkelen. Hoewel de verwachtingen voor het

systeem vanuit het eindgebruikersperspectief globaal al duidelijk zijn, moet verder worden uitgewerkt hoe een alomvattend systeem voor lekdetectie en -lokalisatie deze behoeften specifiek kan vervullen.

In een vervolgtraject zullen daarom een reeks Proofs of Concept (PoCs) van verschillende oplossingen uit de markt uitgevoerd worden, wat een leermoment biedt om diverse opties te verkennen. De opzet hiervan zal verder toegelicht worden in de volgende sectie. Door de use cases naast het hypothetische scenario ook toe te passen op de eerder vermelde labo-DMA's kan de markt verschillende methoden en stappen voor data-analyse ontwikkelen die helpen bij het identificeren, prioriteren en lokaliseren van lekken. Dit proces dient de randvoorwaarden te respecteren. Sommige marktpartijen zullen een sterke oplossing aanbieden, terwijl anderen mogelijk slechts een gedeeltelijke of minder geschikte oplossing hebben. Dat zal de waterbedrijven in staat stellen om te begrijpen welke oplossingen het beste aansluiten bij de verwachtingen en waar nog lacunes zijn. Deze inzichten bieden waardevolle richtlijnen voor het verdere functionele ontwerp en de specificaties van het systeem, zodat vervolgens een gedetailleerde systeemdefinitie voor een totaalsysteem kan worden opgesteld, die het vervolgtraject effectief kan sturen en als basis kan dienen voor een aanbesteding. Dit zal ook bijdragen aan een betrouwbare en voorspelbare uitkomst en ervoor zorgen dat de uiteindelijke specificaties goed zijn afgestemd op de praktische haalbaarheid en de behoeften van de eindgebruikers.

7 Proof-of-Concept

Zoals eerder aangegeven, wordt er een Proof-of-Concept (PoC) gelanceerd om veelbelovende marktoplossingen te evalueren. Het doel is een toegankelijk en stimulerend initiatief te ontwikkelen dat zowel de deelname en betrokkenheid vergroot als inzicht biedt in de waarde van innovatieve ideeën voor de watersector, waarbij de effectiviteit van verschillende oplossingen voor lekdetectie en -lokalisatie wordt geëvalueerd. De resultaten van de PoC zullen leiden tot een beter inzicht in welke algoritmes en benaderingen het meest effectief zijn en welke complementaire strategieën het beste kunnen worden gecombineerd voor een robuustere aanpak. Door gezamenlijke evaluatie kunnen waterbedrijven bepalen welke oplossingen het beste samen kunnen werken, wat uiteindelijk zal bijdragen aan een verbeterd detectie- en lokalisatiesysteem. Dit moet verder ook bijdragen aan de verdere verbetering van de technologieën binnen de sector.

7.1 Deelnamevoorwaarden voor marktpartijen

Marktpartijen dienen te voldoen aan de onderstaande voorwaarden om in aanmerking te komen voor deelname aan het PoC. De voorwaarden zijn voorlopig en onder voorbehoud. Ze kunnen nog worden aangepast in afwachting van het definitieve bestek en verdere afstemming met de betrokken interne en externe stakeholders. De uiteindelijke voorwaarden zullen afhankelijk zijn van de voortgang van de gesprekken en eventuele aanvullende vereisten die tijdens het proces naar voren komen.

1. **NIS-compliance:** Hoewel de NIS-compliance nog verder moet worden uitgeklaard met de interne werkgroepen, is de voorlopige veronderstelling dat deelnemers aan de NIS-richtlijn zullen moeten voldoen. Deze richtlijn vereist onder andere verplichte incidentrapportage, regelmatige audits en samenwerking met de relevante overheidsinstanties voor het waarborgen van de netwerk- en informatiebeveiliging. Dit houdt in dat deelnemers geaccrediteerd moeten zijn voor het verwerken van gegevens volgens vastgestelde normen en voldoen aan de noodzakelijke cybersecurity-standaarden. Het is echter nog niet volledig duidelijk of kleinere organisaties zonder deze certificering als onderaannemer kunnen deelnemen; dit zal verder onderzocht worden. Mogelijk kunnen zij in dat geval samenwerken met een NIS-compliant partner.
2. **Delen van bevindingen:** Deelnemers dienen bereid te zijn hun bevindingen te delen binnen het bredere partner-ecosysteem, inclusief gebruikte data, combinaties van data, en de effectiviteit van die combinaties. Het ontwikkelde algoritme zelf dient natuurlijk niet gedeeld te worden.
3. **Technisch rapport:** Deelnemers moeten bereid zijn om een gedetailleerd technisch rapport te leveren aan waterbedrijven, waarin de technische haalbaarheid van hun oplossing wordt geëvalueerd. Dit omvat systeemopzet, algoritmeprestaties, nauwkeurigheid, gevoeligheid, mogelijke verbeteringen, en implementatievereisten.

7.2 Opzet van de Proof-of-Concept

De opzet is voorlopig en onder voorbehoud. Deze kan nog worden aangepast in afwachting van het definitieve bestek en verdere afstemming met de betrokken interne en externe stakeholders. De uiteindelijke opzet zal afhankelijk zijn van de voortgang van de gesprekken en eventuele aanvullende vereisten die tijdens het proces naar voren komen.

7.2.1 Aanvraag en Toegang tot Data

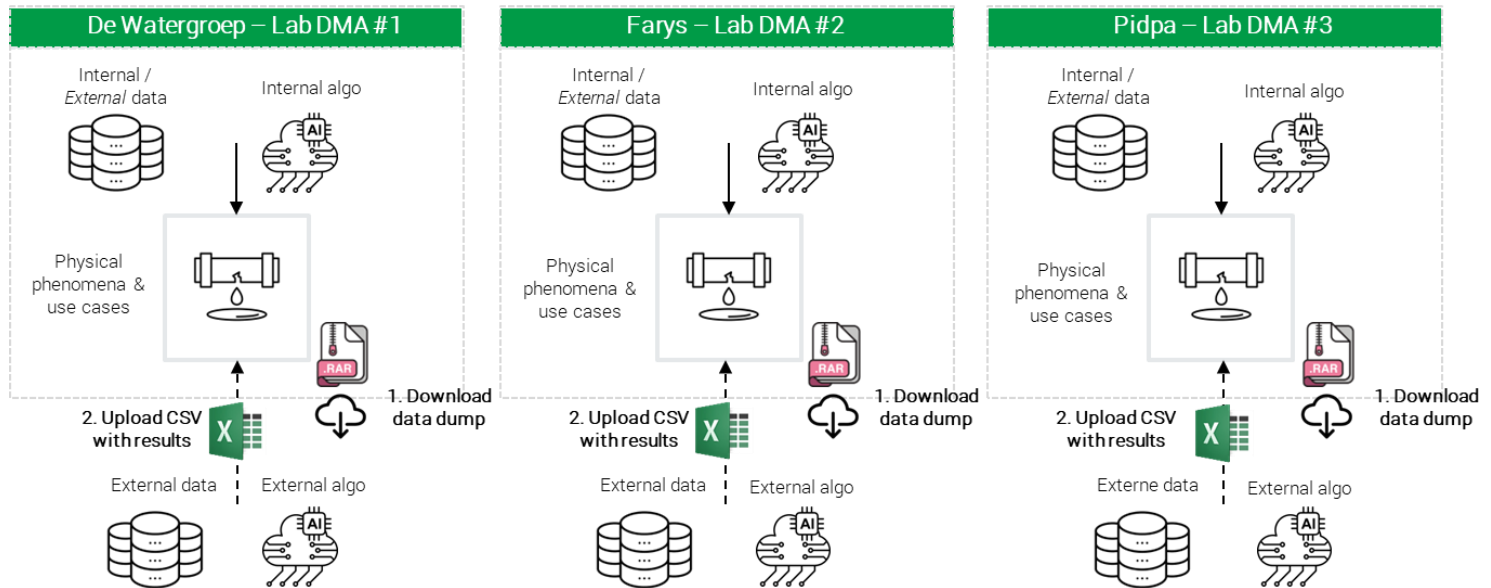
Gekwalificeerde leveranciers dienen een beknopt voorstel in, waarin zij hun aanpak voor het voldoen aan de projectvereisten uiteenzetten, inclusief technische strategieën, tijdlijnen en kosten. Daarnaast wordt in het voorstel gepeild naar de haalbaarheid vanuit het perspectief van de leveranciers, bijvoorbeeld: "Wij, leverancier X, verwachten dat we ... kunnen bereiken om volgende redenen:...."

Geselecteerde marktpartijen krijgen toegang tot een centraal platform, waar ze data kunnen downloaden, voortgang kunnen rapporteren, vragen kunnen stellen en kunnen samenwerken.

De data zal in een centrale plaats beschikbaar worden gesteld, inclusief documentatie die helpt bij de snelle implementatie. Marktpartijen worden verwacht de data lokaal te verwerken, aangezien er geen operationele omgeving beschikbaar zal zijn. Er zullen geen real-time gegevens verstrekt worden, waardoor de algoritmes niet in real-time hoeven te functioneren.

7.2.2 Dataformaat en Analyse

Marktpartijen downloaden de datadump, analyseren de gegevens, testen hun algoritmes op basis van de beschikbare data en leveren de resultaten aan in een gespecificeerd formaat.



Figuur 8: Visuele weergave van het proces waarbij marktpartijen de datadump downloaden, de gegevens analyseren, hun algoritmes testen op basis van de beschikbare data en de resultaten aanleveren in het gespecificeerde formaat.

Deelnemers zullen in staat moeten zijn om datastromen van verschillende formaten, meetfrequenties en kwaliteitsniveaus te verwerken. De oplossing moet flexibel zijn en omgaan met de diversiteit van de gegevens.

Meer specifiek gaat het om een historische dataset van 2 jaar: 1,5 jaar met lekken en 6 maanden zonder. Tijdens het 1,5 jaar kunnen lekken opduiken en later verdwijnen, bijvoorbeeld doordat ze worden hersteld. Tijdens de laatste 6 maanden wordt de lekdata achtergehouden en moeten de deelnemers de lekken voorspellen. De exacte periode kan echter nog variëren, afhankelijk van verdere afstemming is er mogelijk ruimte om data van een langere periode aan te leveren.

Het is belangrijk op te merken dat historisch gezien vooral grote lekken zijn gedetecteerd en succesvol verholpen, maar er is geen duidelijk inzicht in het aantal andere lekken, zoals achtergrond- of rioollekken. Dit zorgt voor veel ruis in de dataset. Andere aspecten waar rekening mee gehouden dient te worden zijn o.a.

- **Exacte tijdstippen van lekken:** Het is moeilijk om de exacte momenten waarop lekken zich voordoen vast te leggen, wat een uitdaging vormt voor het volgen van lekken in real-time.
- **GIS-locatie van lekken:** Lekken worden momenteel alleen geregistreerd als een locatie binnen een GIS-systeem, zonder verdere gedetailleerde informatie zoals de tijd van het lek of de grootte ervan.
- **Data-inconsistentie:** Er zijn datapunten die aangeven waar een lek zich heeft voorgedaan, maar dit is niet altijd betrouwbaar of volledig, omdat de data niet 100% compleet is.

- **Vertrouwensniveau en debiet:** Er is geen informatie over het vertrouwensniveau van de data of de grootte van het debiet van een lek, wat cruciaal zou kunnen zijn voor het bepalen van de ernst en impact van het lek.
- **Gekende en onbekende lekken:** Een lek wordt momenteel geclassificeerd als ofwel 'gekend' of 'niet gekend'. Gekende lekken krijgen de aanduiding 'lopend' als ze nog steeds aanwezig zijn, maar zonder gedetailleerde informatie over de voortgang van het herstel of de grootte van het lek.

Het resultaat dient onder voorbehoud in het voorgestelde format geleverd te worden (bij voorkeur Shapefile voor GIS-visualisatie, alternatieven zoals CSV kunnen ook worden geaccepteerd), met duidelijke uitleg over gebruikte methoden en bereikte prestaties. Daarnaast dient de analyse voor de drie DMA's (District Metering Areas) te worden aangeleverd, zodat we beoordeeld kan worden of een bepaald algoritme beter werkt in specifieke situaties.

Date of Analysis	Search Zone ID	Geolocation/Bounding Hull	Priority	Expected Leak Size	Accuracy	Precision	Confidence	Sensitivity	Remarks	Conditions
2024-07-26	Zone-001	{52.3676, 4.9041; ...}	High	Large	projection or expected value	projection or expected value	Indicate if the predictions fall within the specified range (e.g., "Yes" if within 90% accuracy range)	Indicate if the system detects leaks within the specified size range (e.g., "Yes" if leaks from 1 to 5 m ³ are detected)		
2024-07-26	Zone-002	{52.3670, 4.9050; ...}	Medium	Small	projection or expected value	projection or expected value	Indicate if the predictions fall within the specified range (e.g., "Yes" if within 90% accuracy range)	Indicate if the system detects leaks within the specified size range (e.g., "Yes" if leaks from 1 to 5 m ³ are detected)		

Figuur 9: Voorgesteld formaat (onder voorbehoud)

7.2.3 Voorbereidende stappen door de watermaatschappijen

Voor de uitvoering van de PoC zullen de IT-diensten van de waterbedrijven een aantal voorbereidende stappen nemen om de data zo uniform mogelijk aan te leveren. De waterbedrijven zullen hun data per labo-DMA aanleveren, maar standaardisatie tussen de verschillende labo-DMA's valt buiten de scope van dit project. De volgende voorbereidende stappen worden, ook onder voorbehoud, genomen:

1. **Data Profiling:** De watermaatschappijen zullen data profiling toepassen om inzicht te krijgen in de datastructuur en -kwaliteit. Dit proces helpt om de data op te schonen en goed te documenteren, zodat deelnemers de data snel en effectief kunnen gebruiken in de PoC.
2. **Documentatie van Concepten:** Voor elk dataconcept zal gedetailleerde documentatie worden voorbereid, waarin de naam, beschrijving, relaties, attributen, gebruik en validatie worden vermeld. Dit biedt een duidelijke uitleg voor deelnemers en andere belanghebbenden.
3. **Documentatie van Gegevensvelden:** Elk veld binnen de dataconcepten zal worden gedocumenteerd, inclusief naam, beschrijving, gegevenstype, formaat, bereik, precisie, beperkingen, vereiste status, uniciteit, regels en verzamelfrequentie. Dit zorgt voor een helder overzicht van de datastructuur.
4. **Fysiek Datamodel:** De watermaatschappijen zullen de fysieke relaties tussen entiteiten vastleggen in een fysiek datamodel. Dit helpt om de verbindingen tussen verschillende datapunten te verduidelijken en te documenteren.
5. **Logisch Datamodel:** Daarnaast zullen de conceptuele relaties tussen entiteiten worden vastgelegd in een logisch datamodel, wat het begrip van de onderlinge relaties in de data zal verbeteren.
6. **Uitgebreide Documentatie van Modellen:** Er zal uitgebreide documentatie worden voorbereid van zowel het fysieke als het logische datamodel, inclusief gedetailleerde beschrijvingen van tabellen en relaties, zodat de deelnemers duidelijk begrijpen hoe de data is gestructureerd.
7. **Documentatie van CSV-tabellen:** Elke CSV-tabel zal specifieke documentatie bevatten over de beschrijving, waarden en logische relaties van de attributen, inclusief eventuele uitzonderingen of bedrijfslogica, zodat de data correct kan worden geïnterpreteerd.
8. **GIS en Topologische Modellen:** De watermaatschappijen zullen datasets, zoals leidingen en sensormetingen, uit GIS- en topologische modellen in kaart brengen. Deze data zal handmatig

worden gekoppeld door netwerkspecialisten om een samenhangend netwerkmodel van het leidingnetwerk (grafiek) te creëren. Dit netwerkmodel wordt voorzien van een legenda en een overzicht van entiteiten, samen met hulpmiddelen om ID's op te zoeken.

Deze voorbereidende stappen zorgen ervoor dat de data op een consistente en begrijpelijke manier wordt aangeleverd, zodat de deelnemers de benodigde informatie snel en efficiënt kunnen verwerken en gebruiken tijdens de Proof-of-Concept.

7.2.4 Evaluatie en verwerking van de resultaten

Deelnemers zullen worden geëvalueerd op basis van vooraf vastgestelde criteria. Er zal daarvoor een validatieprotocol gehanteerd worden. Dit validatieprotocol heeft als doel de prestaties van de ingediende algoritmen te evalueren op basis van vooraf vastgestelde KPI's binnen aangewezen testzones. Dit protocol zorgt ervoor dat alle deelnemers op een eerlijke en consistente manier beoordeeld worden, en biedt de watermaatschappijen een transparante methode om de effectiviteit van de voorgestelde oplossingen te bepalen. De opzet van dit validatieproces dient nog verder uitgewerkt te worden, maar zou er als volgt kunnen uitzien:

- **Gebruik van Testzones:** De validatie van de ingediende algoritmen gebeurt aan de hand van de zones die door de deelnemers zijn geïdentificeerd, zoals zone-001 en zone-002, waar vermoedelijk lekken aanwezig zijn. Dit vindt plaats binnen de volledige labo-DMA en wordt gebaseerd op een historische dataset van twee jaar, of, afhankelijk van verdere interne afstemming, zoals eerder aangehaald, mogelijk een langere periode aan lekgegevens. In deze geïdentificeerde zones zullen de prestaties van de geleverde oplossingen worden beoordeeld aan de hand van specifieke KPI's.
- **Vastgestelde KPI's voor Validatie:** De KPI's zullen vermeld worden in het bestek. Er wordt gestreefd naar een oplossing die voldoet aan de volgende criteria:
 - De kosten voor de integratie van algoritmen en technologieën mogen **de waterprijs niet verhogen**, en er mogen **geen extra fysieke sensoren** worden toegevoegd, tenzij dit strikt noodzakelijk is. De leverancier dient dit zelf aan te tonen door middel van een uitgewerkte business case.
 - Het systeem moet in staat zijn om de **afstand en tijd voor lekkage lokalisatie met 50% te reduceren** ten opzichte van de huidige traditionele methoden.
 - Het systeem moet een **nauwkeurigheid van 90% binnen een straatlengte** behalen, wat betekent dat de voorspellingen binnen de juiste straatlengte van de werkelijke leklocatie vallen.
 - Het systeem moet een **hoge precisie** tonen, waarbij de standaarddeviatie van voorspellingen voor hetzelfde lek minder is dan een vooraf vastgestelde marge. Dit duidt op een lage variabiliteit in de metingen.
 - Het systeem moet een **betrouwbaarheidsniveau van 90%** behalen, wat inhoudt dat 90% van de voorspellingen consistent binnen een gespecificeerd bereik van de werkelijke leklocaties vallen.
 - Het systeem moet een **sensitiviteitsniveau van 90%** bereiken, wat betekent dat het 90% van de lekken kan detecteren met een debiet van **1 tot 5 m³/uur**.
- **Validatie en Beoordelingsproces:**
 - De watermaatschappijen zullen de resultaten verwerken. Er zal aanvullende verificatie in het veld plaatsvinden door technici van de waterbedrijven of externe partners. Indien het algoritme lekken aanduidt op locaties waar geen lekken zijn vastgesteld, dienen de watermaatschappijen dit namelijk ter plaatse te controleren, aangezien het mogelijk is dat het algoritme een lek heeft gevonden dat nog niet was opgemerkt. Mogelijks zullen enkel lekken die aangeduid werden met een bepaald betrouwbaarheidsniveau onderzocht worden.
 - De ontwikkeling van een dashboard valt buiten de scope van dit project.

- De watermaatschappijen zullen de validatie uitvoeren door middel van een **peer-review proces**. Dit houdt in dat de ingediende resultaten van de deelnemers nauwkeurig worden beoordeeld door experts uit de sector.
- De beoordeling vindt plaats op basis van de ingediende rapportages en de analyse van data uit de testzones. Hierbij wordt gekeken naar de consistentie, nauwkeurigheid en prestaties van de algoritmen ten opzichte van de vastgestelde KPI's.
- De resultaten worden geëvalueerd om te bepalen of de ingediende oplossingen voldoen aan de gestelde eisen en om zo de meest effectieve technologieën en algoritmen te identificeren.

7.2.5 Publicatie van de resultaten

De resultaten van de Proof-of-Concept (PoC) zullen niet alleen inzicht geven in de effectiviteit van de individuele oplossingen, maar ook nieuwe mogelijkheden voor samenwerking onthullen. Waterbedrijven zullen de verschillende methoden die door de deelnemers zijn ingezet, onderling vergelijken. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de effectiviteit van de oplossingen, maar ook naar complementaire benaderingen die kunnen bijdragen aan een krachtigere en robuustere aanpak van lekdetectie en -lokalisatie. Door de gezamenlijke evaluatie van de testresultaten wordt geprobeerd de beste strategie te identificeren, die mogelijk meer oplevert dan de afzonderlijke oplossingen.

De algemene resultaten en testresultaten van de deelnemers zullen openbaar gedeeld worden via het ecosysteemplatform. Dit biedt alle deelnemers de mogelijkheid om van elkaar te leren, hun algoritmes te evalueren en mogelijk te verbeteren, wat bijdraagt aan de verdere ontwikkeling van de algoritmes en het verfijnen van de aanpak. De gedeelde omgeving maakt het mogelijk om inzichten en reflecties te delen, waarmee het gezamenlijke doel van het verbeteren van de technologieën en het optimaliseren van de methodes wordt bevorderd.

Onderliggende technische details, met betrekking tot de feitelijke implementatie van de algoritmes, zullen echter niet openbaar gedeeld worden. Deze blijven uitsluitend toegankelijk voor de watermaatschappijen om de intellectuele eigendom van de verschillende partijen te beschermen. Het platform biedt dus enkel een transparant overzicht van de testresultaten, zonder de gedetailleerde technische implementaties van de afzonderlijke deelnemers prijs te geven.

De resultaten van de verschillende algoritmes die op de lab-DMA's zijn toegepast, zullen niet alleen inzicht geven in de effectiviteit van de oplossingen, maar ook kansen voor (nieuwe) samenwerkingen onthullen. Omdat alle deelnemers in hetzelfde format moeten antwoorden, kunnen de watermaatschappijen de methoden onderling vergelijken en afwegen welke algoritmes het beste complementeren. Hierbij wordt gekeken naar de voor- en nadelen van de verschillende benaderingen, om zo een ideale combinatie te vinden die de effectiviteit van het detectie- en lokalisatiesysteem vergroot.

Om de nauwkeurigheid van het systeem voor de waterbedrijven aanzienlijk te verbeteren, en de robuustheid tegen variaties in data en onverwachte scenario's te vergroten, is het waarschijnlijk dat een combinatie van verschillende algoritmes nodig zal zijn. Het combineren van de sterke punten van verschillende algoritmes is hierbij een essentieel doel. Dit houdt in dat de oplossingen complementair moeten functioneren om een optimaal resultaat te behalen. Daarnaast is het belangrijk dat de systemen zelflerend zijn en zich continu verbeteren op basis van feedback, waardoor de nauwkeurigheid en effectiviteit van de detectie- en lokalisatiesystemen verder worden verhoogd. Dit stimuleert deelnemers om samen te werken aan een oplossing die meer kan bereiken dan de technologieën van één enkele leverancier, wat leidt tot een robuustere en effectievere oplossing voor de watersector.

7.3 Vervolgtraject en Samenwerkingsmogelijkheden na de Testfase

Indien de PoC de gewenste resultaten oplevert, zullen deelnemers na de testfase mogelijk worden uitgenodigd om een voorstel voor een vervolgtraject in te dienen. Dit voorstel zou dan onder andere aanvullende ontwikkelingen van de algoritmes omvatten, evenals het opnemen van extra datastromen die nodig kunnen zijn om de oplossing verder te verfijnen. Het kan ook nodig zijn om samen te werken met complementaire partijen, zoals andere technologieproviders of sectorexperts, om de oplossing verder te verbeteren en uit te breiden. Door deze samenwerking kan de effectiviteit van de algoritmes worden vergroot en kan er optimaal gebruik worden gemaakt van alle beschikbare data en technologieën. Het is op dit moment echter nog te vroeg om hierover een beslissing te nemen.

Er zal ook gekeken worden naar het gebruik van externe databronnen die momenteel niet beschikbaar zijn. AquaFlanders kan als netwerkpartner optreden om aanvullende samenwerking te faciliteren, bijvoorbeeld met overheden, de brandweer of andere nutsdiensten.

Afhankelijk van de voorgestelde vervolgtrajecten kan besloten worden of er nieuwe PoC's moeten worden opgezet of dat de implementatie van een robuust totaalsysteem kan plaatsvinden, waarbij verschillende oplossingen worden geïntegreerd voor een efficiënte aanpak van lekdetectie en -lokalisatie.

7.4 Conclusies

De Proof-of-Concept (PoC) biedt een platform om innovatieve oplossingen voor lekdetectie en -lokalisatie te testen en evalueren, waarbij samenwerking en kennisdeling tussen marktpartijen centraal staan. De gezamenlijke evaluatie zal niet alleen de effectiviteit van oplossingen blootleggen, maar ook nieuwe kansen voor complementaire benaderingen en verbeterde systemen identificeren.

Door verschillende algoritmes te combineren en geavanceerde analysemethoden toe te passen, kan een robuustere en effectievere aanpak ontstaan, die de efficiëntie van waterbedrijven verhoogt. De open benadering van het delen van resultaten stelt deelnemers in staat van elkaar te leren en technologieën te verfijnen, terwijl de integratie van aanvullende gegevens en externe samenwerking innovatie stimuleert.

Na de PoC kan worden gekeken naar de verdere ontwikkeling van veelbelovende oplossingen en de implementatie van een geïntegreerd systeem om de effectiviteit van lekdetectie en -lokalisatie verder te verbeteren.

8 Marktconsultatie

8.1 Aanpak en methodologie

Op 7 oktober 2024, van 9:30 tot 17:00, werd een fysieke marktconsultatie georganiseerd. Het doel van de marktconsultatie was om inzicht te verkrijgen in mogelijke oplossingsrichtingen voor het detecteren en lokaliseren van lekken in het waterdistributienet op basis van (bestaande) data.

Deze bijeenkomst bracht bedrijven, kennisinstellingen en onderzoeksorganisaties samen, die expertise, ervaring en inzichten op het gebied van algoritme-ontwikkeling, data science, machine learning en geavanceerde analyse inbrachten. Zowel commerciële oplossingen als onderzoeksontwikkelingen werden gepresenteerd, en alle relevante partijen werden uitgenodigd om deel te nemen.

In totaal tekenden 29 deelnemende partijen present. Zie bijlage A.1 voor een overzicht.

Tijdens de marktconsultatie werden de behoeften van de watermaatschappijen – waar mogelijk – gematcht met (deel-)oplossingen beschikbaar op de markt, met als doel om te evalueren in hoeverre bedrijven oplossingen kunnen aanbieden en/of ontwikkelen voor diverse use cases. De marktconsultatie zelf bestond uit 4 hoofdonderdelen:

1. een toelichting van de uitdaging, gevolgd door een interactieve groepsdiscussie rond de reeds geïdentificeerde use cases en mogelijke ontbrekende use cases;
2. een interactieve groepsdiscussie over mogelijke oplossingsrichtingen op basis van marktonderzoek, gevolgd door een informele en interactieve uitwisseling over beschikbare oplossingen van de deelnemende partijen tijdens een posterbeurs;
3. een brainstormsessie over mogelijke combinaties van deeloplossingen die samen een totaaloplossing kunnen vormen voor de waterbedrijven;
4. een toelichting van de beoogde opdracht in de vorm van een proof-of-concept vanuit de aanbesteder, gevolgd door een interactieve groepsdiscussie. Er was de gelegenheid om reflecties te delen en in gesprek te gaan met andere aanwezigen. Er werden ook optionele speeddates voorzien.

In wat volgt worden de resultaten en inzichten gepresenteerd. Deze inzichten moeten de watermaatschappijen in staat stellen om potentiële bijkomende uitdagingen en risico's te identificeren, en hen helpen een realistische inschatting te maken van de beschikbare oplossingen, evenals de eventuele hiaten ten opzichte van de gestelde richtlijnen waaraan het lekdetectie- en lokalisatiesysteem (binnen de vastgestelde randvoorwaarden) moet voldoen. Dit zal de watermaatschappijen in staat stellen om een weloverwogen beslissing te nemen bij het bepalen van de verdere stappen in het project, de gewenste inkoopstrategie, het verfijnen van de scope, de benodigde functioneel-technische vereisten voor het bestek, de gunningscriteria enzovoort.

Gelet op de beperkte groep en de samenstelling van de groep geconsulteerde marktpartijen, zijn de bekomend cijfers of scores louter indicatief. Het gaat hem vooral om de motivatie/rationale die erachter zit. Het is een manier ook om te peilen naar gelijke, dan wel verschillende meningen, afhankelijk van de achtergrond van elke deelnemer.

8.2 Groepsdiscussie rond de reeds geïdentificeerde use cases

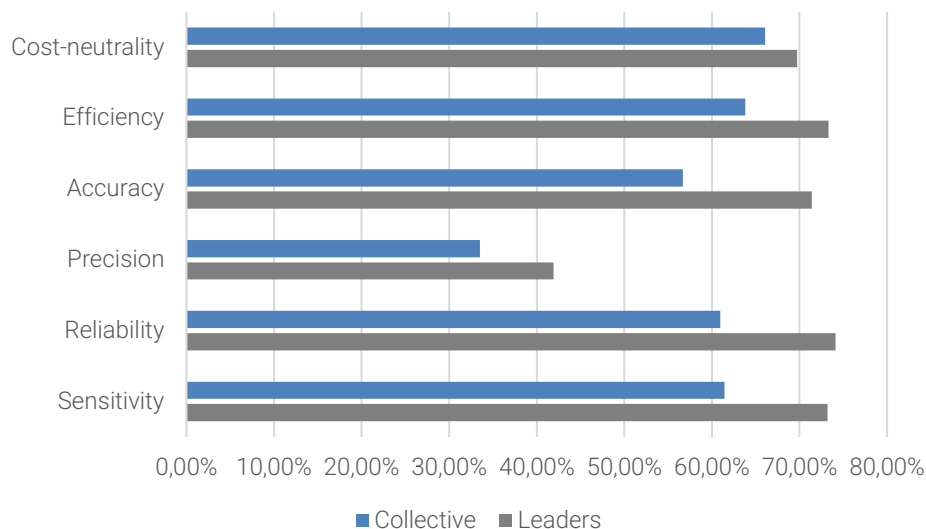
8.2.1 Randvoorwaarden

Tijdens de marktconsultatie werd de deelnemers gevraagd de haalbaarheid te beoordelen van het voldoen aan specifieke randvoorwaarden met betrekking tot lekdetectie en -lokalisatie. Deze

voorwaarden werden geëvalueerd aan de hand van zes belangrijke factoren: kostenneutraliteit, efficiëntie, precisie, betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en gevoeligheid.

Op basis van de resultaten werden de deelnemers onderverdeeld in twee categorieën: de collectieve groep, bestaande uit alle 33 respondenten, en een subgroep van 16 leiders, geïdentificeerd als degenen met hogere individuele scores over de verschillende vragen heen, wat duidt op meer vertrouwen in hun huidige capaciteiten en oplossingen. Het opdelen van de deelnemers in de collectieve groep en de leiders biedt ook effectief een scala van haalbaarheid. Dit bereik geeft het spectrum van de industrieparaatheid aan – waarbij de scores van de collectieve groep een meer voorzichtige, algemeen perspectief weergeven, en de hogere scores van de leiders weerspiegelen wat haalbaar is met geavanceerde technologieën en methodologieën. Deze onderscheiding benadrukt zowel de bestaande capaciteiten in het veld als de hiaten die nog moeten worden aangepakt voor bredere schaalbaarheid.

De onderstaande analyse breekt de haalbaarheidsbeoordelingen per factor af, benadrukt zowel de perspectieven van de collectieve groep als de leiders, en verkent de implicaties voor de adoptie en optimalisatie in de hele industrie.



Een overzicht:

- Kostenneutraliteit** wordt door zowel de collectieve groep (66,07%) als de leiders (69,75%) als relatief haalbaar beoordeeld, wat vertrouwen aangeeft dat bestaande oplossingen geoptimaliseerd kunnen worden zonder de kosten voor eindgebruikers aanzienlijk te verhogen. Tijdens een open gesprek wordt echter duidelijk dat de conclusie is dat het verminderen van Non-Revenue Water (NRW) zonder de consumentenprijzen te verhogen toch niet zo haalbaar is, vanwege de lage economische waarde van water. Aangezien water goedkoop wordt verkocht, hebben waterleveranciers weinig ruimte om te investeren in dure innovaties, zoals betere infrastructuur of lekdetectietechnologie, zonder de prijzen te verhogen. Het probleem is niet dat mensen water niet waarderen, maar dat ze niet gewend zijn om veel te betalen voor water, waardoor prijsverhogingen tot weerstand of betaalbaarheidsproblemen kunnen leiden. Aangezien het verhogen van de consumentenprijzen geen haalbare optie is door de lage economische waarde van water en de mogelijke weerstand tegen prijsverhogingen, vinden marktdeelnemers het moeilijk om innovaties voor het verminderen van NRW te financieren. De lage prijzen van water bieden weinig ruimte voor investeringen in noodzakelijke technologieën of infrastructuurverbeteringen, omdat de terugverdientijd van deze investeringen te lang is. Dit maakt het lastig om geld te investeren in het verminderen van lekken en verliezen zonder de

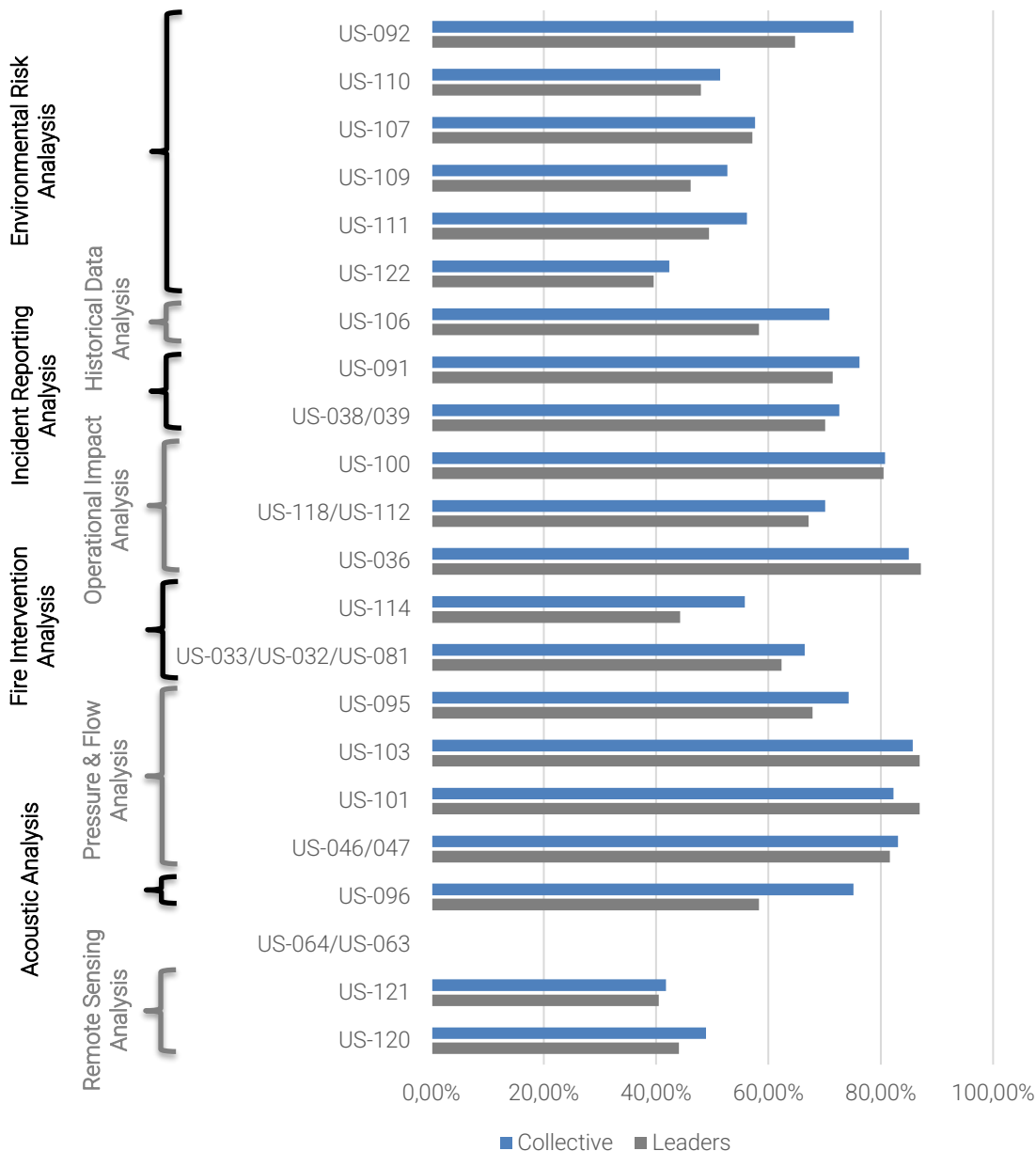
kosten door te rekenen aan de consument. Het ondergewaardeerde economische belang van water beperkt dus de financiële mogelijkheden om zonder extra belasting voor de consument te investeren in oplossingen voor NRW-reductie.

- **Efficiëntie** - het verminderen van de doorlooptijd voor inspecties en de lokalisatietijd van pijpleidingen met 50% - wordt als relatief haalbaar beschouwd, met de collectieve groep op 63,81% en de leiders op 73,33%, wat wijst op een gedeeld vertrouwen dat de optimalisatie van de huidige praktijken aanzienlijke tijdsbesparingen kan opleveren.
- **Precisie** - het bereiken van een standaarddeviatie van minder dan 1 meter voor voorspellingen - blijft het meest uitdagende aspect, waarbij de collectieve groep het op slechts 33,50% beoordeelt en de leiders iets hoger op 41,90%. Een standaarddeviatie van 1 meter lijkt dus mogelijk te ambitieus. Er kan daarom beter gestreefd worden naar precisieniveaus die overeenkomen met de referenties uit de markt om de systeemvereisten vast te stellen. Gezien de huidige technologische mogelijkheden en beschikbare sensornetwerken, zonder extra investeringen in nieuwe sensoren, is een realistische precisie-eis dat de standaarddeviatie van voorspellingen voor hetzelfde lek hoger dan 1 meter blijft. Voor nauwkeurige en gevalideerde gegevens over een mogelijke standaarddeviatie bij herhaalde metingen met specifieke technieken dienen echter bijkomende uitvragen te gebeuren.
- **Betrouwbaarheid** - het garanderen van 90% van de voorspellingen binnen een gedefinieerd bereik - scoort gematigd, met de collectieve groep op 60,95% en de leiders op 74,11%. Leiders tonen meer vertrouwen, wat wijst op bestaande capaciteiten om de betrouwbaarheid van voorspellingen te handhaven, hoewel bredere implementatie onzeker blijft.
- **Nauwkeurigheid** - 90% van de voorspellingen binnen een straatlengte - toont ook gematigde haalbaarheid, met 56,67% voor de collectieve groep en 71,43% voor de leiders. Het verschil suggereert dat hoewel de leiders oplossingen hebben die zij vertrouwen, schaalbaarheid over verschillende infrastructuren een zorg blijft.
- **Gevoeligheid** - het detecteren van 90% van de lekken tussen 1-5 m³/h - wordt als enigszins haalbaar beschouwd, met 61,43% van de collectieve groep en 73,21% van de leiders, wat het vertrouwen van de leiders aangeeft in het nauwkeuriger detecteren van kleinere lekken dan momenteel door de collectieve groep wordt waargenomen.

De beoordeling onthult een consistent patroon: bij alle factoren geven de leiders de haalbaarheid hoger aan dan de collectieve groep. Dit verschil suggereert dat de leiders—waarschijnlijk degenen met toegang tot meer geavanceerde technologieën of methodologieën—meer vertrouwen hebben in hun huidige capaciteiten. In tegenstelling hiermee toont de bredere groep een voorzichtiger perspectief, mogelijk door beperkingen in hun bestaande systemen of onzekerheden over de effectieve schaalbaarheid van oplossingen. Dit verschil geeft aan dat, hoewel sommige organisaties al gebruik maken van innovatieve benaderingen, er nog steeds een aanzienlijke uitdaging is om enerzijds bredere adoptie en bredere schaalbaarheid binnen de industrie te waarborgen en anderzijds kostenneutraliteit te waarborgen.

8.2.2 Use cases

Tijdens de marktconsultatie werd deelnemers gevraagd een reeks user stories (US) met betrekking tot lekdetectie en -lokalisatie te prioriteren. Het doel was om de gebieden te identificeren die belanghebbenden, zowel de collectieve groep als de leiders, het meest waardevol achten voor het verbeteren van de efficiëntie en effectiviteit van het huidige systeem. De prioritering werd uitgevoerd over verschillende categorieën, waarbij deelnemers hun input gaven over welke user stories zij het meest impactvol achtten. De user stories met de hoogste scores vertegenwoordigen de gebieden waarvan belanghebbenden geloven dat ze het grootste potentieel hebben voor het verbeteren van lekdetectie.



Analyse

- **Druk- en debietsanalyse** kwam naar voren als het hoogste prioriteitgebied, waarbij de user stories US-046/047, US-101, US-103 en US-095 uitzonderlijk hoge scores behaalden bij zowel de collectieve groep als de leiders. Dit geeft aan dat er brede overeenstemming is dat verbeteringen in druk- en debietmonitoring cruciaal zijn voor effectieve lekdetectie. De collectieve groep gaf deze user stories een gemiddelde score van meer dan 80%, terwijl de leiders nog sterkere steun toonden (tot 87%).
 - Drukgegevens (van distributiepunten, mobiele loggers en pressure reducing valves (PRV's)) voor het monitoren van druksdalingen
 - Gegevens van mobiele drukloggers en transiënten om huidige en potentiële lekken te identificeren door drukfluctuaties en de invloed van PRV's te bestuderen
 - Pre- en post-logging van segmenten waar graafwerkzaamheden worden uitgevoerd om veranderingen voor en na de interventie te monitoren
 - Drukgegevens van vaste sensoren om huidige en toekomstige lekken te detecteren door lage metingen en hun impact na reparaties te analyseren

- Drukgegevens van toevoerdistributiepunten om lekken te identificeren en de effecten van drukverhogingen na reparaties te monitoren
- Debietgegevens van toevoerdistributiepunten (inlaat) en service-aansluitpunten (uitlaat) om abnormale waterverbruikspatronen te detecteren, een veelvoorkomend indicator voor lekken

Een deelnemer in de marktconsultatie maakt het punt dat er een duidelijk onderscheid gemaakt moet worden tussen bestaande en nieuwe lekken:

Bestaande lekken zijn lekken die al in het netwerk aanwezig zijn en al dan niet bekend zijn. Deze lekken kunnen al enige tijd aanwezig zijn, waardoor er water verloren gaat, maar ze zijn mogelijk nog niet volledig gedetecteerd of gelokaliseerd. Bestaande lekken kunnen worden opgespoord door monitorsystemen, klantklachten of opvallende dalingen in waterdruk of -aanvoer.

- **Nieuwe lekken** verwijzen naar lekken die recent zijn ontstaan in het netwerk. Deze lekken zijn doorgaans moeilijker onmiddellijk te detecteren, omdat ze geen deel uitmaken van de huidige dataset of historische gegevens. Ze kunnen optreden door plotselinge veranderingen in systeemomstandigheden, pijpfalen, drukstoten of externe factoren zoals bouwwerkzaamheden. Het doel van real-time lekdetectiesystemen is vaak om deze nieuwe lekken zo snel mogelijk te identificeren om waterverlies te minimaliseren. Hiervoor zijn fysieke sensoren nodig.

Echter, bestaande lekken kunnen juist moeilijker te detecteren zijn, omdat ze vaak al "verborgen" zijn in de historische dataset en geen duidelijke afwijking meer veroorzaken. Nieuwe lekken veroorzaken daarentegen een plotselinge verandering in data (zoals drukverlies of debietafwijkingen), waardoor ze gemakkelijker te identificeren zijn, mits de sensoren en algoritmen gevoelig genoeg zijn. De bewering dat nieuwe lekken moeilijker te detecteren zijn, verdient daarom mogelijk heroverweging.

- **Operationele impactanalyse** (US-036, US-118/112, US-100) werd ook hoog gewaardeerd, wat de nadruk van belanghebbenden weerspiegelt op het integreren van gegevens uit lopende activiteiten om leklokalisatie te verbeteren. De scores lagen hier consistent boven de 70% voor beide groepen, wat sterke overeenstemming toont in het erkennen van de impact van operationele gegevens op de systeem nauwkeurigheid.
 - Gegevens van lopend leidingwerk, inclusief afsluitingen en waterverlies, om leklokalisatie-inspanningen binnen de DMA aan te passen
 - Gegevens over het terrein, activiteiten van aannemers (graven, hydrantengebruik) en nabijgelegen infrastructuur, om risicogebieden voor leidingbeschadiging te identificeren, aangezien externe activiteiten verstoringen kunnen hebben veroorzaakt
- **Gebeurtenissenanalyse** (US-038/039, US-091) was een ander belangrijk gebied, waarbij de user stories die betrekking hadden op het integreren van externe meldingen (bijv. klantklachten) meer dan 70% scoorden in beide groepen. Dit suggereert dat belanghebbenden de waarde van externe feedback voor efficiëntere lekdetectie waarderen.
 - Gegevens van meldingen over watervoorzieningsproblemen (druk, lekken, klachten) van verschillende bronnen om lekken in drinkwaterleidingen nauwkeurig te identificeren
- **Akoestische analyse** (US-096) kreeg ook veel aandacht, vooral van de collectieve groep (75%), wat het belang benadrukt van het gebruik van geluidspatronen voor lekdetectie. Leaders waren echter iets minder enthousiast (58%), wat kan wijzen op enige twijfels over de haalbaarheid of betrouwbaarheid van deze benadering.

- Gegevens van mobiele geluidloggers om lekpatronen en potentiële locaties te detecteren, inclusief verbeteringen aan historische opnames

Echter, marktpartijen achten het mogelijk niet 'nodig' omdat ze werken met andere technieken.

- **Brandinterventieanalyse** (US-033/032/081, US-114) kreeg gematigde scores, wat aangeeft dat hoewel belanghebbenden de waarde inzien van het kunnen onderscheiden van brandweeractiviteiten van daadwerkelijke lekken, en het snel openen en sluiten van een brandkraan kan leiden tot waterslag, wat op zijn beurt een lek in de omgeving kan veroorzaken, deze kwestie minder urgent wordt geacht dan andere categorieën.
- **Omgevingsrisicoanalyse** (US-122, US-111, US-109, US-107, US-110, US-092) ontving gemengde prioritering. US-092 viel op met hogere scores (75% van de collectieve groep, 64% van de leiders), wat het belang benadrukt van het analyseren van de kenmerken van pijpleidingsmaterialen en veroudering als belangrijke risicofactoren voor lekken. Andere user stories in deze categorie kregen meer gematigde steun, wat suggereert dat omgevingsfactoren belangrijk worden geacht, maar niet zo urgent als druk, debiet of operationele impact.
- **Remote sensing-analyse** (US-120, US-121) behaalde relatief lagere scores in vergelijking met andere categorieën, wat aangeeft dat belanghebbenden deze methoden als aanvullend beschouwen in plaats van primaire tools voor lekdetectie. De scores lagen rond de 40%-50%, wat suggereert dat er enige interesse is, maar dat het niet als cruciaal wordt beschouwd in vergelijking met andere benaderingen. Remote sensing-technologieën, zoals satelliet- of luchtopnames, worden als minder effectief gezien in stedelijke gebieden, waar structuren zoals gebouwen de zichtbaarheid van ondergrondse nutsvoorzieningen blokkeren. Deze beperking vermindert de nauwkeurigheid en praktische toepasbaarheid van remote sensing voor het detecteren van lekken in dichtbebouwde omgevingen. Aan de andere kant is het wel een waardevolle methode voor het opsporen van grote lekken in landelijke gebieden.
- **Historische gegevensanalyse** (US-106) kreeg sterke steun, vooral van de collectieve groep (70,88%), hoewel de leiders het iets lager beoordeelden (58,33%). Het werd erkend voor het potentieel om eerdere lek- en reparatiegegevens te benutten om risicogebieden te identificeren, wat proactief onderhoud ondersteunt. De iets lagere score bij de leiders suggereert echter zorgen over gegevensintegratie-uitdagingen en de gereedheid van historische records voor effectieve analyse. Echter, marktpartijen achten het mogelijk niet 'nodig' omdat ze zich enkel baseren op druk en debiet.

Er wordt wederom opgemerkt door één specifieke marktpartij dat historische data kan helpen bij het opsporen van **bestaande** lekken die al enige tijd aanwezig zijn, doordat ze mogelijk gedetecteerd kunnen worden via monitoringssystemen of klantklachten. Deze data biedt waardevolle informatie over het gedrag van het netwerk over een langere periode, wat helpt bij het identificeren van trends en patronen van eerdere lekken. Wat betreft nieuwe lekken kan historische data volgens één specifieke marktpartij nuttig zijn voor het identificeren van trends en omstandigheden die vaak met lekken samenhangen. Dit kan bijvoorbeeld gaan om delen van het netwerk waar lekken vaker optreden, plekken waar lekken zijn hersteld (die door drukverhoging nieuwe lekken in de buurt kunnen veroorzaken), of seizoensgebonden patronen en pieken in waterverbruik die mogelijk wijzen op nieuwe lekken. Echter, het is niet gegarandeerd dat historische data alleen nieuwe lekken kan opsporen. Nieuwe lekken treden vaak onverwacht op en vallen vaak buiten de bestaande patronen. Dit betekent dat je met historische data wel enige aanwijzingen kunt krijgen, maar voor een snelle en nauwkeurige opsporing van nieuwe lekken is het gebruik van **real-time sensoren** en **monitoringtools** essentieel. De discussie leek gericht op real-time lekdetectie, het product van die leverancier, terwijl dit geen vereiste is voor de waterbedrijven. Het doel is zowel bestaande als nieuwe

lekken op te sporen. De tijd en moeite die het kost om een lek te vinden is van groter belang dan de tijd dat een lek al aanwezig is, simpelweg omdat de kosten van werkuren veel hoger zijn dan de kosten van het verloren water.

Deze analyse biedt een uitgebreid overzicht van de prioriteiten van belanghebbenden en wijst op sleutelgebieden waar verbeteringen beter kunnen aansluiten bij de behoeften van de betrokken waterbedrijven.

Er is brede overeenstemming over het prioriteren van druk- en debietmonitoring, aangezien het benutten van gegevens van sensoren en debietmeters essentieel is voor snellere en nauwkeurigere leklokalisatie. Daarnaast werd het integreren van real-time operationele gegevens, zoals leidingwerk en afsluitingen, als cruciaal beschouwd voor het dynamisch aanpassen van detectie-inspanningen en het verbeteren van de systeemresponsiviteit. Incidentrapportage en externe feedback werden ook erkend als waardevol voor vroege lekdetectie, waarbij belanghebbenden pleiten voor het combineren van klantmeldingen met sensorgegevens om de detectie nauwkeurigheid te verbeteren. Hoewel er potentieel is in het gebruik van akoestische analyse voor het pinpointen van lekken, vooral binnen de bredere groep, uitten leiders bezorgdheid over de schaalbaarheid en betrouwbaarheid. Omgevingsrisicofactoren zoals pijpleidingsmaterialen en bodemomstandigheden werden als secundair maar toch relevant gezien voor het beoordelen van lekrisico's. Remote sensing-technologieën werden, hoewel beperkt in stedelijke omgevingen, als nuttig beschouwd voor minder toegankelijke gebieden. Tot slot werd historische gegevensanalyse gewaardeerd voor het identificeren van risicogebieden, hoewel er zorgen waren over de consistentie van gegevens en integratie.

Al met al ligt de focus op het optimaliseren van bestaande gegevensbronnen—met name druk-, debiet- en operationele gegevens—terwijl akoestische, omgevings- en historische gegevens als aanvullende tools worden gebruikt om de nauwkeurigheid en efficiëntie van het systeem te verbeteren.

8.3 Brainstormsessie

In het tweede deel van de marktconsultatie werd een brainstormsessie georganiseerd. Tijdens deze sessie werd, na de presentatie van de use cases, het eerder besproken hypothetische scenario geïntroduceerd om een mogelijke uitdaging te verduidelijken. Deelnemers kregen de opdracht om, los van en niet beperkt tot het scenario, aan te geven welke stappen en methoden zij zelf zouden aanbevelen voor het gebruik van data-analyse om lekgevoelige gebieden te lokaliseren en te prioriteren, de tijd en afstand voor lekopsporing met 50% te verkorten, en extra kosten voor eindgebruikers te vermijden. Dit deden zij door na te denken over drie specifieke vragen:

1. Welke (beschikbare) datasets/datapunten zijn essentieel voor effectieve leklokalisatie?
2. Hoe moeten deze datasets/datapunten worden gecombineerd? Hierbij werd gevraagd naar relaties tussen verschillende variabelen binnen de datasets om potentiële prioriteitsgebieden te identificeren.
3. Welke analytische methoden zijn nodig om risicogebieden te creëren en te prioriteren om de lokalisatietijd te verkorten?

Op basis van hun individuele denkmoment werd vervolgens gevraagd om het proces van het selecteren en integreren van datasets tot aan de analyse en optimalisatie kort toe te lichten aan de andere deelnemers. Hierbij lag de focus op het prioriteren van risicogebieden, het halveren van de lokalisatietijd en -afstand, en het minimaliseren van kosten voor eindgebruikers.

8.3.1 Databronnen en datapunten

Na het doornemen van de input van de deelnemers, springen verschillende belangrijke datasets eruit die consistent genoemd werden in de reacties. Deze vormen de **basis** voor effectieve leklokalisatie:

- **Debietgegevens:** Bijna elke deelnemer benadrukte debietgegevens, met name bij de inlaat-/uitlaatpunten van DMA's. Deze dataset helpt bij het detecteren van abnormale waterverbruikspatronen, een veelvoorkomende indicator van lekken.
- **Drukgegevens:** De deelnemers gaven ook de nadruk aan het belang van drukgegevens van sensoren, vooral voor het monitoren van drukdalingen, die lekken kunnen aangeven. Deze loggers kunnen ook inzicht geven in de grootte van het lek.
- **Historische gegevens:** Zowel lekgeschiedenis als eerdere gegevens met betrekking tot stromen en drukken werden vaak genoemd als cruciaal voor het herkennen van trends of terugkerende lekgevoelige gebieden.
- **GIS-gegevens:** De meeste reacties verwezen naar geografische informatiesystemen (GIS), die een gedetailleerde kaart bieden van activa, leidingen en andere infrastructuur. Dit is essentieel voor de ruimtelijke lokalisatie van lekken. Echter, alleen GIS is vaak niet genoeg, omdat niet alles op basis van coördinaten in kaart gebracht kan worden. Leidingen in de buurt zijn niet altijd met elkaar verbonden. Het connectiviteitsmodel is het belangrijkste: welke leidingen zijn met welke verbonden? Er wordt ook aangehaald dat niet elk connectiviteitsmodel dezelfde resolutie heeft: soms liggen leidingen niet precies op de aangegeven locatie.

Daarnaast werden de volgende aanvullende datasets geïdentificeerd om de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en gevoeligheid van leklokalisatie-algoritmen verder te verbeteren:

- **Verbruiks-/facturatiegegevens:** Deze dataset helpt bij theoretische schattingen van verbruik en ondersteunt de identificatie van discrepanties die op lekken kunnen wijzen.
- **Akoestische monitoringsgegevens:** Het gebruik van akoestische sensoren (of geluidloggers) kan helpen kleine lekken nauwkeurig te lokaliseren, aangezien geluidsgolven van lekken detecteerbaar zijn, vooral met mobiele loggers.
- **Bodemtype en geotechnische gegevens:** Bepaalde bodemomstandigheden (bijv. zandige versus kleiige bodems) beïnvloeden hoe lekken zich manifesteren en hoe gemakkelijk ze te detecteren zijn. Het opnemen van deze gegevens verbetert de context rond lekdetectie.
- **Weer- en seizoensgebonden gegevens:** Seizoensgebonden fluctuaties in temperatuur en weersomstandigheden kunnen de belasting van het waterdistributienetwerk beïnvloeden, wat kan leiden tot lekken. Deze gegevens moeten worden geïntegreerd in voorspellende modellen.
- **Leidingmateriaal en -leeftijd:** Hoewel sommige deelnemers leidingkenmerken ophaalden, zijn uitgebreide activagegevens over het materiaal en de leeftijd van leidingen cruciaal voor het begrijpen van de kwetsbaarheid voor lekken, met name in risicogebieden. Het berekenen van het risico en het impactgebied voor elk asset (voorziening) kan worden gebruikt om prioriteit te geven aan vervangingen en de benodigde budgetten te berekenen voor rapportage aan het management. Indien een leiding in het verleden gelekt heeft, is de kans groter dat deze opnieuw zal gaan lekken.
- **Externe factoren:** Externe incidenten (bijv. nabijgelegen bouwwerkzaamheden, telecomwerk of verkeer) kunnen ook de waarschijnlijkheid van lekken beïnvloeden. Het opnemen van deze gegevens helpt bij het prioriteren van gebieden waar externe activiteiten mogelijk verstoringen hebben veroorzaakt.

Deze opsomming toont een sterke consensus over het belang van debiet- en drukgegevens, waarbij historische gegevens ook een belangrijke rol spelen. Akoestische gegevens en externe factoren werden minder vaak genoemd, wat mogelijkheden biedt voor verdere overwegingen om de nauwkeurigheid en detectiecapaciteiten te verbeteren, hoewel hun rol minder cruciaal, blijkt

8.3.2 Analytische methoden

De deelnemers gaven verschillende analytische methoden aan, die zijn onderverdeeld in real-time gegevensbenaderingen, hybride benaderingen en historische gegevensbenaderingen. Hieronder volgt een gedetailleerde opsomming van de typische methoden die bij elke categorie horen.

Real-Time Gegevensbenaderingen, die prioriteit geven aan directe gegevensverzameling en -analyse om lekken te detecteren en de waterdistributie effectief te beheren:

- **Anomaliedetectie:** Veranderingen in druk of akoestische patronen identificeren om lekken in real-time te detecteren.
- **Real-Time Sensor Data:** Het gebruik van druk- en debietgegevens van sensoren die in het netwerk zijn geïnstalleerd voor onmiddellijke lekdetectie.
- **Akoestische monitoring:** Het gebruik van real-time akoestische gegevens om de exacte locatie en grootte van lekken te bepalen zodra ze zich voordoen.
- **Gebeurtenisgegevens / Werkorders:** Real-time operationele gegevens bijhouden met betrekking tot gebeurtenissen en werkorders voor monitoring en reactie.
- **Geavanceerde AI/ML-modellen:** Machine learning-algoritmen gebruiken om real-time druk- en debietgegevens te analyseren in combinatie met netwerkverbindingen.
- **Mobiele logging:** Pre- en post-logging van segmenten waar graafwerkzaamheden worden uitgevoerd om veranderingen voor en na de interventie te monitoren.
- **Drempelmonitoring:** Het instellen van real-time drempels om waarschuwingen te activeren wanneer druk of debiet afwijkt van normale bereiken.

Hybride Benaderingen, die zowel real-time als historische gegevens integreren om de nauwkeurigheid en effectiviteit van lekdetectie en -beheer te verbeteren:

- **Prioriteringsmotor (AI-ML Data Layer):** Zowel real-time als historische gegevens gebruiken om onderhoud en reparaties te prioriteren op basis van risicoscores.
- **Stapsgewijze benadering:** Real-time sensorgegevens combineren met historische gegevens (bijv. storingsgeschiedenis, leidingleeftijd, materiaal) om lekken nauwkeurig te lokaliseren.
- **Veldgerichte analyse:** Operationele praktijken integreren met zowel huidige als historische gegevens om de waterdistributie te begrijpen en risicogebieden te identificeren.
- **Hydraulische modellering:** Historische netwerkinformatie combineren met real-time monitoring om zones van interesse te identificeren en voorspellende capaciteiten te verbeteren.
- **Correlatie- en patronenanalyse:** Zowel kortetermijntrends als historische patronen gebruiken om besluitvorming en voorspellende modellering te informeren.
- **AI en probabilistische methoden:** Hybride AI-methoden toepassen die real-time en historische inzichten combineren voor geavanceerde lekvoorspelling en -beheer.

Historische Gegevensbenaderingen, die zich richten op het analyseren van gegevens uit het verleden om de huidige praktijken te informeren en het begrip van de staat van het netwerk te verbeteren:

- **Wateraudits:** Historische gegevens gebruiken om uitgebreide audits van waterverbruik en lekken uit te voeren.
- **Activa conditie monitoring:** Historische gegevens over de staat van activa beoordelen om onderhoudsschema's en prioriteiten te informeren.
- **Pareto-analyse:** Historische gegevens gebruiken om de 20% van het netwerk te identificeren die verantwoordelijk is voor 80% van de lekken, met de focus op gebieden met grote impact.
- **Storingsgeschiedenis-analyse:** Historische storingen (leidingleeftijd, materiaal, diameter) herzien om kwetsbaarheid te begrijpen en toekomstige strategieën te informeren.
- **Gegevenskwaliteitsbeoordeling:** Historische datasets analyseren op nauwkeurigheid, volledigheid, consistentie en relevantie om toekomstige gegevensverzamelingsmethoden te verbeteren.
- **Menselijke feedback:** Verleden feedback integreren over systeemprestaties en effectiviteit van lekdetectie om toekomstige methodologieën te verbeteren.

De consensus uit de brainstorm benadrukt het cruciale belang van het benutten van zowel debiet- als drukgegevens als fundamentele datasets. Daarnaast wordt het combineren van real-time monitoring met historische gegevens gezien als essentieel om de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en kosteneffectiviteit van lekdetectie-inspanningen te verbeteren. Er werd ook gediscussieerd over de noodzaak van een hydraulisch model en de bijbehorende kalibratie, maar er was geen consensus

bereikt over het belang hiervan. Hoewel er verder potentieel is om de detectiecapaciteiten verder te verfijnen door aanvullende datasets zoals akoestische gegevens en externe incidentinformatie op te nemen, blijft het onzeker hoe invloedrijk deze bronnen zullen zijn. Dit komt door de beperkte tijd die beschikbaar was tijdens de brainstormsessie, waardoor het niet mogelijk was om deze elementen in detail te verkennen.

8.4 Reflecties rond de proof-of-concept

8.4.1 Selectie

- **Beperkte selectie van bedrijven:** Het idee dat slechts enkele bedrijven worden geselecteerd, kan voor sommige partijen als beperkend worden ervaren, wat hun motivatie zou kunnen beïnvloeden. Deelnemers suggereren dat het delen van data voor alle deelnemers binnen het ecosysteem de motivatie zou kunnen verhogen. Dit betekent echter dat er goede beveiliging en monitoring van de gedeelde data aanwezig moeten zijn. Dit kan worden gerealiseerd door duidelijke afspraken over gegevensdeling te maken, hoewel de specifieke voorwaarden nog niet zijn vastgesteld en verder besproken moeten worden.

8.4.2 Gebruik van data

Kwaliteit en consistentie van data - Hoewel er geen bezwaren waren tegen het voorbereiden van de datadump en documentatie, is het voor de potentiële deelnemers essentieel dat onzekerheden in de data goed gedocumenteerd worden. Dit geldt vooral voor bepaalde statussen die mogelijk niet overeenstemmen met de realiteit. De watermaatschappijen zullen de deelnemers zo goed mogelijk proberen te ondersteunen, zodat zij de data optimaal kunnen benutten, maar voor situaties die slechts sporadisch voorkomen, zal de inspanning beperkt worden.

- **Meer data, betere training** - Hoe groter het aantal incidenten in de datadump, hoe effectiever de training van algoritmen zal zijn. Data uit de huidige District Metered Area (DMA) is nuttig, maar ook data buiten deze specifieke DMA kan waardevolle inzichten bieden voor potentiële deelnemers. Dit is echter niet haalbaar voor de waterbedrijven, aangezien het aanleveren en opschonen van de data van de labo-DMA al een aanzienlijke inspanning vergt.
- **Beperkingen van de huidige dataset** - De huidige dataset is vooral geschikt voor het valideren van algoritmen die bestaande lekken identificeren, maar is niet geschikt voor de real-time detectie van nieuwe lekken. Dit vormt een fundamentele beperking voor oplossingen die live monitoring vereisen.
- **Voorwaarden voor toegang** - Bedrijven die geïnteresseerd zijn in het ontvangen van de gegevens zullen een contract moeten ondertekenen. Er wordt aangenomen dat er veel secundaire data afgeleid kan worden uit de verstrekte informatie. De watermaatschappijen zullen er dan ook nog voor zorgen dat de verstrekking van gegevens niet te ruim is en dit contractueel vastleggen om te voorkomen dat gevoelige of overbodige informatie wordt gedeeld.

8.4.3 Doorlooptijd / Tijdsinvestering PoC

- **Verwachte tijdsinvestering:** Gebaseerd op gesprekken, wordt een periode van 1-3 maanden als haalbaar beschouwd voor het traject, met een maximum van 6 maanden bij een kwalitatieve datadump. Sommige deelnemers gaven zelfs aan resultaten binnen minder dan een maand te kunnen opleveren.

- **Efficiëntie in dataverwerking (90/10-regel):** Er werd aangehaald dat typisch 90% van de tijd besteed wordt aan het begrijpen en verwerken van de datadump, terwijl slechts 10% gaat naar het toepassen van algoritmen. Dit is een maatstaf die mogelijk leidend kan zijn voor het tijdschema.

8.4.4 Vervolgtraject

- **Toekomstperspectieven voor deelnemers** - Deelnemers verwachten automatisch geselecteerd te worden voor een vervolgtraject wanneer ze succesvol zijn in de PoC. Dit roept de vraag op of het mogelijk is om een duidelijke belofte te doen voor vervolgcontracten op basis van de KPIs. Er wordt voorgesteld dat waterbedrijven zich verbinden aan volledige implementatie en betaling als technologiebedrijven tijdens de PoC aan bepaalde KPIs voldoen. Dit zou duidelijkheid en een sterkere motivatie bieden voor deelname. De aanbesteder is echter gebonden aan de wetgeving omtrent overheidsopdrachten, waardoor dit, indien van toepassing en haalbaar, binnen dat kader zal opgezet dienen te worden. Het is op dit moment nog te vroeg om hierover een beslissing te nemen.

8.5 Conclusies

Uit de marktconsultatie en de uitgebreide analyses komen een aantal belangrijke conclusies naar voren die zowel de huidige situatie als de toekomstplannen voor het Proof-of-Concept (PoC) traject beïnvloeden.

Ten eerste blijkt dat er over het algemeen brede steun is voor de initiatieven rondom lekdetectie en -lokalisatie, vooral in het gebruik van bestaande data om de efficiëntie en nauwkeurigheid te verbeteren. De deelnemers bevestigden dat het optimaliseren van druk- en debietmonitoring essentieel is voor een snellere en nauwkeurigere lokalisatie van lekken. Ook operationele data en externe meldingen werden erkend als waardevolle bronnen om problemen vroegtijdig te signaleren. Over andere databronnen bestaat er meer verdeeldheid.

Ten tweede bevestigen de resultaten dat de markt zich bewust is van de randvoorwaarden die de watermaatschappijen hebben gesteld, zoals het vermijden van extra kosten voor eindgebruikers en het niet verhogen van de waterprijs. De marktpartijen toonden begrip voor deze beperkingen, maar gaven ook aan dat het verminderen van waterverlies (Non-Revenue Water) zonder verhoging van de kosten een uitdaging blijft door de lage economische waarde van water. Hierdoor worden investeringen in dure innovaties zoals geavanceerde detectietechnologieën bemoeilijkt. Deelnemers zijn echter positief over de mogelijkheid om efficiëntie te verbeteren en kosten te optimaliseren zonder significante extra kosten, mits de oplossingen goed geïntegreerd worden.

Een belangrijke observatie uit de groepsdiscussies en brainstormsessies is dat deelnemers het cruciaal vinden om een duidelijk onderscheid te maken tussen het opsporen van bestaande lekken en het detecteren van nieuwe lekken. Historische datasets zijn zeer nuttig gebleken voor het identificeren van reeds bestaande lekken, maar ze bieden onvoldoende mogelijkheden voor real-time opsporing van nieuwe lekken die plotseling kunnen ontstaan. Dit benadrukt de noodzaak van aanvullende technologieën, zoals real-time sensoren, om nieuwe lekken effectief te kunnen detecteren. Het is belangrijk om te benadrukken dat dit slechts één visie is en andere leveranciers mogelijk andere oplossingen of benaderingen voorstellen.

Er is ook een interessante splitsing in vertrouwen en capaciteiten tussen de collectieve groep van deelnemers en de groep van leiders binnen de sector. De leiders tonen significant meer vertrouwen in hun vermogen om te voldoen aan de gestelde KPI's, met name op het gebied van betrouwbaarheid en sensitiviteit. De collectieve groep is hier terughoudender in, wat aangeeft dat de markt nog niet volledig klaar is voor grootschalige implementatie van geavanceerde oplossingen. Dit wijst op de noodzaak om samenwerking tussen marktpartijen te stimuleren en best practices te delen om bredere adoptie te vergemakkelijken.

Wat betreft het vervolgtraject van de PoC, zijn er gemengde reacties ontvangen. Deelnemers hebben aangegeven dat een duidelijke beloning, zoals het automatisch in aanmerking komen voor vervolgoopdrachten bij succesvolle resultaten, hen zou motiveren om deel te nemen. Dit kan gerealiseerd worden door van tevoren vastgestelde KPI's te definiëren, die bij het behalen ervan leiden tot verdere contractuele samenwerking met de waterbedrijven. Het ontbreken van een dergelijke beloning kan echter demotiverend werken. De aanbesteder is echter gebonden aan de wetgeving omtrent overheidsopdrachten, waardoor dit, indien van toepassing en haalbaar, binnen dat kader zal opgezet dienen te worden. Het is op dit moment nog te vroeg om hierover een beslissing te nemen.

Verder lijkt een periode van één tot drie maanden voor de uitvoering van de PoC realistisch te zijn. Sommige deelnemers gaven zelfs aan binnen een maand resultaten te kunnen opleveren, mits er sprake is van een goed voorbereide datadump en duidelijke documentatie.

Tot slot waren marktpartijen van mening dat meer dan drie partijen toegang tot de data zouden moeten krijgen. Het delen van de data van de waterbedrijven met marktpartijen werd gezien als noodzakelijk om interesse te wekken. Bovendien werd het belang van het delen van data tussen marktpartijen binnen een beveiligd ecosysteem benadrukt, aangezien dit samenwerking en innovatie kan bevorderen. Dit vereist wel strikte afspraken over datatoegang en beveiliging, om ervoor te zorgen dat gevoelige informatie niet ongecontroleerd wordt gedeeld. Er is dus een sterke behoefte aan duidelijke richtlijnen en overeenkomsten rond data sharing om vertrouwen op te bouwen tussen alle betrokkenen.

Samenvattend tonen de resultaten van de marktconsultatie aan dat er brede steun en enthousiasme is voor de PoC, maar dat er ook uitdagingen zijn op het gebied van kostenbeheersing, datakwaliteit en het creëren van voldoende motivatie bij de deelnemers. Door in te spelen op deze aandachtspunten en door duidelijke beloningen en validatiecriteria te bieden, kunnen de watermaatschappijen de kans vergroten dat de meest innovatieve en effectieve oplossingen worden ontwikkeld en geïmplementeerd.

9 Conclusie

9.1 Nederlands

De werksessies die door Verhaert werden georganiseerd, hadden als doel de probleemcontext en de behoeften van de betrokken belanghebbenden, waaronder waterbedrijven en overheidsinstanties, in kaart te brengen. Tijdens deze sessies deelden de belanghebbenden hun verwachtingen voor een vernieuwd lekdetectiesysteem. Dit systeem moet zonder extra fysieke sensoren functioneren, de waterprijs mag niet stijgen en het systeem moet in staat zijn om lekken binnen een straatlengte te lokaliseren met een nauwkeurigheid van 90%. Daarnaast dient de tijd en afstand voor leklokalisatie met 50% te worden verkort.

De specifieke behoeften van belanghebbenden zijn worden gedocumenteerd als user stories, die beschrijven wat het lekdetectiesysteem moet doen vanuit het perspectief van de eindgebruikers. De belangrijkste behoeften omvatten:

1. Data-integratie en analyse: Gebruik van gegevens over leidingmaterialen, bodemgesteldheid, verkeersbelasting, en waterverbruik om risicogebieden en lekken te identificeren en prioriteiten te stellen.
2. Historische en operationele gegevens: Analyse van lek- en reparatiegeschiedenis, operationele activiteiten en meldingen van druk- en waterproblemen voor verbeterde voorspellingen.
3. Specifieke situaties: Onderscheid maken tussen normale operaties (zoals brandweeractiviteiten) en werkelijke lekken, en monitoring van druk- en flowfluctuaties.
4. Geavanceerde technologieën: Gebruik van akoestische patronen en remote sensing (bijv. satelliet- en luchtbeelden) om lekgevoelige gebieden te lokaliseren.
5. Waterbalans en consumptie: Analyse van watergebruik en balansen om kleine lekken en onverklaard waterverlies te detecteren.

Deze user stories dienden als uitgangspunt voor de verdere verfijning en validatie van mogelijke oplossingsrichtingen tijdens een marktconsultatie.

Tijdens de marktconsultatie sprak de markt brede steun uit voor het gebruik van bestaande data om de efficiëntie en nauwkeurigheid van lekdetectie en -lokalisatie te verbeteren. Het optimaliseren van druk- en debietmonitoring werd als cruciaal gezien voor het sneller en nauwkeuriger lokaliseren van lekkages. Operationele data en externe meldingen werden erkend als waardevol voor het vroegtijdig signaleren van problemen, terwijl de meningen verdeeld waren over andere externe bronnen, zoals remote sensing en data over brandweerinterventies.

De haalbaarheid van het voldoen aan randvoorwaarden zoals kostenneutraliteit, efficiëntie, precisie, betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en gevoeligheid werd ook besproken. Kostenneutraliteit bleek een belangrijke uitdaging door de lage economische waarde van water en strengere eisen om waterverlies (NRW) te reduceren. Dit creëert strategische en operationele obstakels voor investeringen in dure detectietechnologieën. Toch was er optimisme dat kostenbesparingen mogelijk zijn, mits oplossingen goed worden geïntegreerd. Voor de andere vier factoren was er een duidelijk verschil in vertrouwen tussen de leiders in de sector en de bredere groep deelnemers, waarbij de leiders meer vertrouwen hadden in het behalen van de gestelde KPI's.

Deelnemers beschouwden een uitvoeringstijd van één tot drie maanden als haalbaar, op voorwaarde dat er een goed voorbereide datadump en duidelijke documentatie beschikbaar zijn. Er werd ook gewezen op onzekerheden in de data, zoals statussen die niet altijd overeenkomen met de werkelijkheid in het veld, wat aangepaste aanpak vereist. Sectorleiders toonden meer vertrouwen in het behalen van de gestelde KPI's dan de bredere groep van deelnemers.

9.2 English

The workshops organized by Verhaert aimed to map the problem context and the needs of the stakeholders involved, including water companies and government agencies. During these sessions, stakeholders shared their expectations for an updated leak detection system. This system must operate without additional physical sensors, ensure no increase in water prices, and be able to locate leaks within a street-length accuracy of 90%. Furthermore, the time and distance required for leak localization must be reduced by 50%.

The specific needs of stakeholders were documented as user stories, outlining what the leak detection system should achieve from the end-users' perspective. The main requirements include:

1. Data integration and analysis: Utilize data on pipeline materials, soil conditions, traffic loads, and water consumption to identify risk areas and prioritize leak detection efforts.
2. Historical and operational data: Analyze leak and repair histories, operational activities, and reports of pressure and water issues for improved predictions.
3. Specific scenarios: Differentiate between routine operations (such as fire brigade activities) and actual leaks, while monitoring pressure and flow fluctuations.
4. Advanced technologies: Leverage acoustic patterns and remote sensing (e.g., satellite and aerial imagery) to locate leak-prone areas.
5. Water balance and consumption: Analyze water usage and balances to detect small leaks and unexplained water losses.

These user stories served as a foundation for further refinement and validation of potential solutions during a market consultation.

During that market consultation, the market expressed broad support for using existing data to improve the efficiency and accuracy of leak detection and localization. Optimizing pressure and flow monitoring was deemed essential for faster and more precise leak localization. Operational data and external reports were recognized as valuable for early problem identification, although opinions were divided on the usefulness of other external sources, such as remote sensing and fire brigade intervention data.

The feasibility of meeting key requirements—such as cost neutrality, efficiency, precision, reliability, accuracy, and sensitivity—was also discussed. Cost neutrality was identified as a significant challenge due to the low economic value of water and stricter requirements for reducing non-revenue water (NRW). These factors present strategic and operational barriers to investing in expensive detection technologies. However, there was optimism that cost savings could be achieved with well-integrated solutions. For the other factors, a clear difference in confidence was observed between sector leaders and the broader group of participants, with leaders showing greater confidence in meeting the defined KPIs.

Participants considered an implementation timeline of one to three months to be realistic, provided a well-prepared data dump and clear documentation were available. Concerns were raised about data uncertainties, such as statuses that may not align with field realities, requiring an adaptive approach. Sector leaders demonstrated greater confidence in achieving the defined KPIs compared to the broader group of participants.

10 Appendix

A.1 Overzicht deelnemende partijen

#	Bedrijf
1	Agrippa
2	AVK Belgium NV
3	AVK International
4	Axians
5	Datatecnics Corporation
6	Deloitte
7	Endres+Hauser
8	Esri Belux
9	EVODIS
10	Flanders Make
11	Fluves NV
12	Grundfos WU Digital
13	HULO
14	Hydroko
15	HydroScan Group
16	Hydroware
17	INELMATIC
18	Itron
19	Kimedes AI
20	Leakmited SAS
21	SE
22	Seba Service
23	Shayp
24	SmartWaterConnect
25	Spatial Insight BV
26	SUEZ
27	Tata Consultancy Services
28	TMVW
29	UDDAN IT