



Kwantitatieve online lekopsparing in drinkwaternetten: een economische kans

Daniel van Damme (FARYS*)

Ondergronds lekverlies wordt een belangrijke zorg voor veel drinkwaterbedrijven. Gezien het principe van de integrale kostendoorrekening, wordt deze 'verspilling' gefactureerd aan alle eindverbruikers. FARYS heeft een methodologie ontwikkeld die het mogelijk maakt ondergrondse lekken 24/7 te detecteren en een antwoord te geven op het eeuwige dilemma van de keuze tussen de kost van een interventie en de kost van het niet-herstellen. De methodologie wordt gedragen door een expertsysteem dat het ontstaan van lekken *real time* vertaalt in alarmniveaus en aan de operatoren het volledige instrumentarium aanreikt nodig voor een snelle diagnose en voor de gepaste interventie.

Volgens recentelijk gepubliceerde cijfers 'verdwijnt' er jaarlijks in Vlaanderen alleen ongeveer 65 miljoen kubieke meter drinkwater uit de distributienetten [1]. Het leeuwendeel hiervan wordt veroorzaakt door ondergronds lekverlies. Deze situatie is moeilijk verenigbaar met een maatschappelijke boodschap over de schaarsheid van drinkwater. Omdat de bewaking van het financieel evenwicht tussen de efficiëntie van de netwerken en waterverspilling een taak van het drinkwater(distributie-)bedrijf is, heeft FARYS, ondanks een ILI-rating die bij de besten hoort, besloten in deze materie het voortouw te nemen. ILI staat voor '*Infrastructure Leaking Index*' en is een algemeen aanvaarde indicator voor het aandeel aan lekverlies in de waterbalans van een watermaatschappij [2], [3].

De ervaring die hierbij opgedaan werd, heeft bewezen dat *real time* bewaking van de dagvariatie van het drinkwaterverbruik van District Metered Area's (DMA's) baanbrekende perspectieven opent in het domein van lekopsparing.

Bestaande werkwijzen van lekopsparing

Real time bewaking van productieparameters is in alle industriële productieprocessen normaal geworden. De watersector heeft deze trend gevolgd. Het ontstaan van lekken wordt tegenwoordig opgespoord in bemeterde drinkwaternetten door de monitoring van het nachtverbruik [4]. De methode heeft haar efficiëntie bewezen, maar ondanks de investering in de meetnetten blijven operatoren dagelijks geconfronteerd worden met het dilemma van de keuze tussen de kosten van een interventie en die van een niet-herstelling.

Waterbedrijven die nog niet geïnvesteerd hebben in online meetnetten beroepen zich op de akoestische inspectie van het volledige netwerk, sector voor sector. Gezien de omvang van de netten en de kosten van dit '*sweepen*' wordt iedere sector meestal slechts met een frequentie van drie à vier jaar gescreend. Wie pech heeft kan dus gedurende een vrij lange periode aanzienlijke hoeveelheden drinkwater verliezen zonder dit te beseffen. Veel drinkwatermaatschappijen zien daarom lekdetectie als een weinig rendabele activiteit, waardoor de verspilling jaar na jaar, mede door de veroudering van de netten, alsmaar toeneemt.

Iedereen is echter vertrouwd met het beeld van doorslaande lekken die plotseling kraters in de grond veroorzaken en met de hinder die de herstelwerkzaamheden meestal tot gevolg hebben.

Wanneer men er van uitgaat dat grote lekken altijd - vroeg of laat - doorslaan, is de keuze tussen een gecontroleerd herstel en een ad-hocinterventie snel gemaakt. Naast de economische realiteit is de zorg voor minder hinder en continuïteit van levering op zich een aansporing tot proactieve lekopsporing.

Het systeem in een notendop

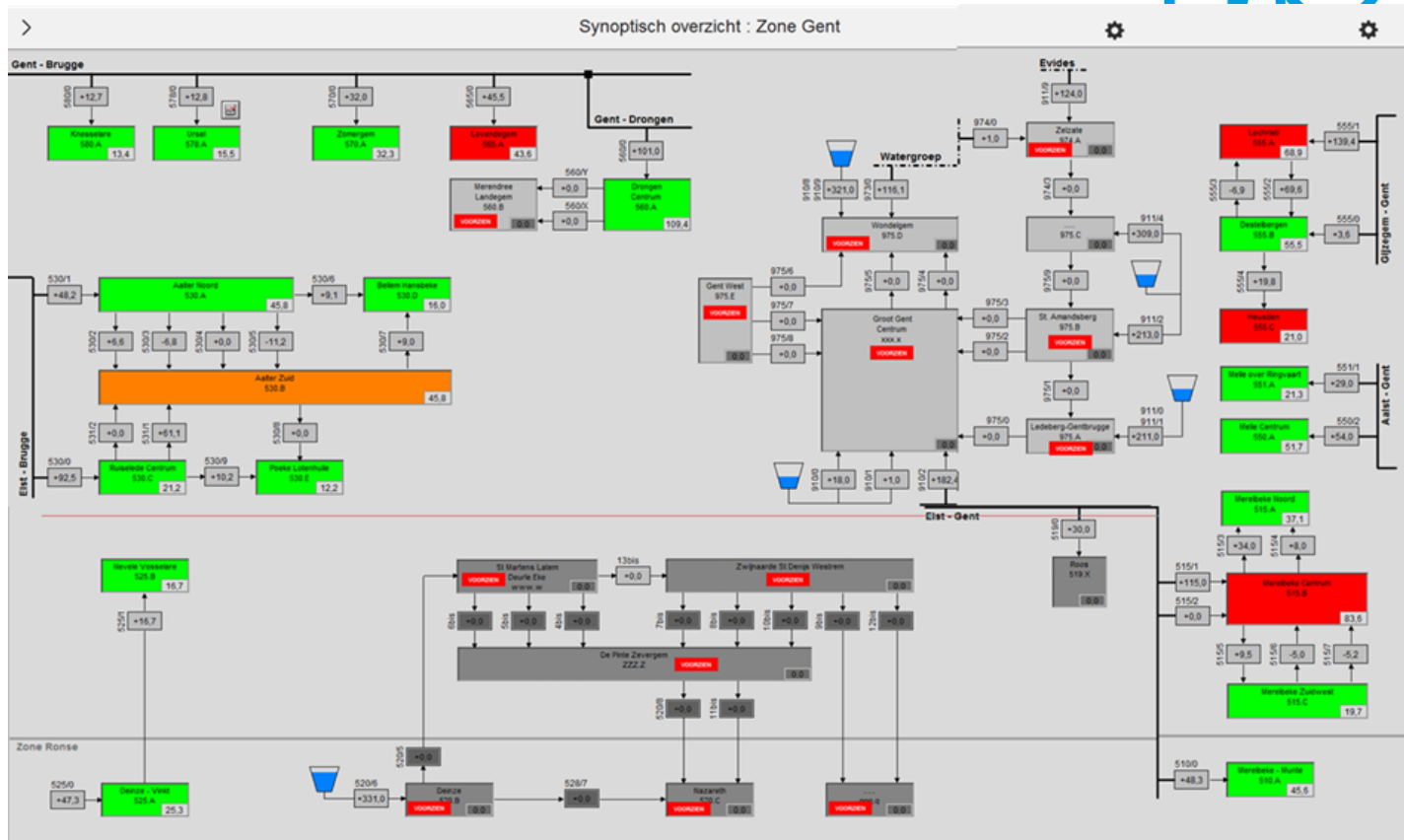
De bewaking op het ontstaan van lekken wordt verzekerd door een expertsysteem, gekoppeld aan het bestaande supervisieplatform van FARYS. Dit vergelijkt 24/7 het voorspelbare verbruik met het werkelijke verbruik. Het expertsysteem detecteert het ontstaan van lekken en begrenst de alarmering op basis van de ernst van de lekken en het economisch *break-even* tussen lekverlies en interventiekosten. De alarmen worden online gevisualiseerd op een bevattelijk 'synoptisch bord'. De invoering van een tijdsafhankelijke kostencomponent in het algoritme laat het stellen van interventieprioriteiten toe. De kwaliteit van het systeem wordt geborgd in een documentatiesysteem.

Helikopterzicht op het distributienetwerk

In een eerste fase [5] worden de grenzen van iedere DMA bij benadering geschetst. Distributienetwerken hebben 'natuurlijke grenzen' die de aangewezen afbakening van DMA's vormen. Dit zijn waterwegen, rivieren, beken, openbaarvervoermaatschappij de Lijn, spoorwegen en grote verkeersaders zoals snelwegen. Gebruikelijke aandachtspunten bij de bepaling van de afbakening van de DMA-grenzen zijn: vermijden van dode punten in het netwerk, respecteren van de minimum watersnelheid, aanwezigheid van grootverbruikers, relevante hoogteverschillen, aanwezigheid van reduceerventielen en, *last but not least*, de haalbaarheid van de gekozen locatie van de debietmeters.

In het geval van complexe netwerken is het aan te raden een hydraulisch model te gebruiken om het voorstel te valideren. Het model biedt aan de hand van thematische kaarten van debiet en diameter een goed zicht op de hoofdassen van de DMA. De grenzen tussen de DMA's en de inplanting van de hoofdwatertmeters worden dan verfijnd op basis van (niet te) kleine debieten, kleine diameters en minimale vermazing. Met het hydraulisch model is het mogelijk scenariosimulaties door te rekenen en de invloed van de geplande sectionering op de drukverdeling na te gaan.

Het resultaat van de opdeling in DMA's wordt grafisch voorgesteld in de vorm van een vereenvoudigd synoptisch bord dat een abstractie maakt van de toevoerinfrastructuur. Dit dient de gebruiksvriendelijkheid: het synoptisch bord is een dagelijks werkinstrument ten dienste van de distributieoperatoren en moet omwille van de leesbaarheid eenvoudig blijven. Het is door de hele organisatie online raadpleegbaar vanuit een standaard-PC en vanuit mobilitytoepassingen. Afbeelding 1 is een screenshot van synoptisch overzicht van een operationele zone.



Afbeelding 1. Screenshot van een operationele zone

Lekopsporing en dagelijks beheer worden dankzij deze eenvoudige structuur aanzienlijk vergemakkelijkt: de moeilijkheidsgraad van complexe, vertakte netwerken wordt als het ware herleid tot die van een kleine gemeente.

De toevoeractiviteit wordt afgebeeld met een ander, veel complexer, synoptisch bord dat *top down* geconcipeerd is. Dit is bestemd voor de experts die het toevoernet beheren. De *battery limit* tussen beide synoptieken zijn de bemeten open afsluiters die de verbinding maken tussen het toevoer- en het distributienetwerk. Naast debietmonitoring is het aan te raden om op deze plaatsen ook drukmonitoring te installeren.

Expertstelsysteem

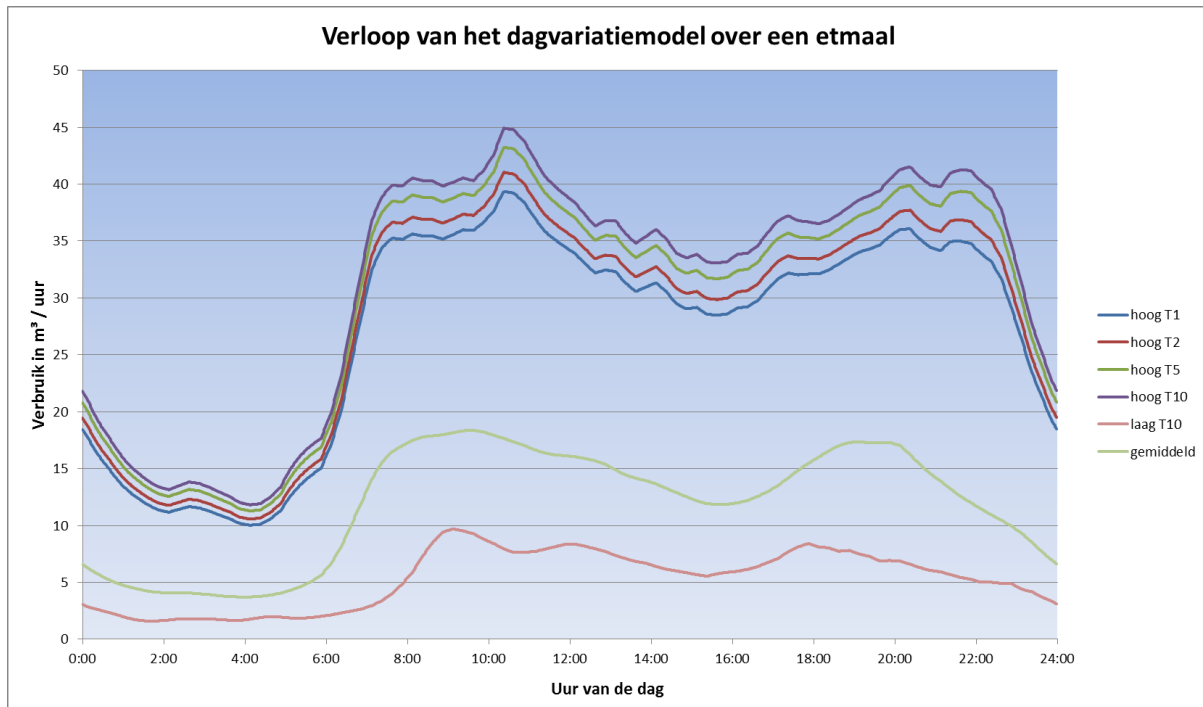
Het algoritme van het expertstelsysteem berust op twee dataverwerkingsprocessen.

Offline berekening

De beschikbare verbruiksdata worden eerst gefilterd: ruis, veroorzaakt door kortstondige plotse debietschommelingen, wordt verwijderd door aggregatie van de data. Daarna worden nietvoorspelbare gebeurtenissen (zoals grote lekken, brandweerinterventies of de invloed van netmanoeuvres uit de tijdreeksen verwijderd.

De gefilterde tijdreeksen worden tenslotte verwerkt tot zes dagvariatiecurven, die van het gemiddeld verbruik, het maximumverbruik met retourperioden van 1, 2, 5 en 10 jaar en die van het minimumverbruik met een retourperiode van 10 jaar. Naast uurvariatie wordt seizoengebonden variatie van het verbruik ook opgenomen in de berekeningen. Het eindresultaat is een dagvariatie model voor iedere dag van het jaar, dat karakteristiek is voor ieder DMA. Het verloop van de zes curven van

het model is te zien in onderstaande grafiek. Het expertsysteem vergelijkt iedere minuut online het werkelijk debiet met die zes tijdsvariabele *setpoints*.



Afbeelding 2. Dagvariatiemodel van een DMA

Online berekening: het rekenalgoritme

Om een correcte vergelijking te maken tussen het werkelijk verbruik en het dagvariatiemodel wordt het werkelijk verbruik op dezelfde wijze geaggregeerd als de tijdreeksen bij de berekening van het dagvariatiemodel. Er worden in *real time* twee tijdsvariabele alarmparameters berekend. De eerste alarmparameter 'a' is louter fysisch en wordt in het algoritme gedefinieerd als een langdurige overschrijding van de extreme waarden van het verbruik. De kans dat extreme waarden zich voordoen wordt bepaald door de retourperiode. Hoe groter de retourperiode, hoe kleiner de kans dat deze extreme situatie zich zal voordoen. Het spreekt voor zich dat ook de duur van de overschrijding meegenomen moet worden in de berekeningen van a: de weging van de overschrijding van de grenswaarden wordt gedaan in combinatie met de duur van de overschrijding. De parameter is continu variabel en varieert tussen 0 en 1. Het resultaat van de berekening is een alarmpeil, bepaald door de waarde van a: 'geen alarm' of een gradatie van zeer laag naar zeer hoog (LL, L, H, HH).

Wanneer de toestand normaliseert omdat het alarm vals is of het lek hersteld zal a, door de manier waarop het berekend wordt, vrij snel weer naar de waarde 0 dalen. Dit betekent dat a zichzelf automatisch *reset*. Deze eigenschap heeft een belangrijke toegevoegde waarde voor de operator, die hieraan geen aandacht hoeft te besteden.

Als een lek ontstaat dat zich 'beneden de radargrens' bevindt, dat wil zeggen als het werkelijk verbruik kleiner is dan de extreme waarden van het datamodel of wanneer de operator beslist een alarm niet op te lossen, wordt dit door het algoritme opgevangen via de tweede parameter 'v'. Deze parameter is economisch en wordt als volgt berekend:

De berekening maakt gebruik van het gemiddeld verbruik van het dagvariatiemodel. Het verliesvolume is het cumulatieve verschil tussen het effectieve verbruik en het gemiddelde verbruik van het dagvariatiemodel.

De kosten van het *sweepen* worden per DMA bepaald aan de hand van een vereenvoudigd kostenmodel, waaruit het kritisch verliesvolume wordt berekend. Vanaf het ogenblik dat het economisch *break even point* tussen sweepkosten en kosten van de kleine lekken bereikt is, is het economisch voordeliger te *sweepen* dan lekverliezen ongemoeid te laten. De parameter *v* is gelijk aan de verhouding tussen het verliesvolume en het kritisch verliesvolume. Het is een onbenoemd getal dat eveneens vertaald wordt in een alarmniveau: geen alarm, LL, L, H, HH, HH.

Ten slotte wordt het kritisch interventietijdstip berekend. Dat is het ogenblik vanaf waar *sweepen* economisch gewenst is.

Het algoritme berekent iedere minuut het alarmniveau van iedere DMA.

De combinatie van *a* en *v* levert een uniek alarmniveau op dat bepaald is aan de hand van onderstaande matrix.

Tabel 1. Alarmeringsmatrix

Parameter	<i>v</i> < 0,25	<i>v</i> > 0,25	<i>v</i> > 1	<i>v</i> > 2	<i>v</i> > 5
<i>a</i> = 0	geen	LL	L	H	HH
<i>a</i> > 0	LL	L	H	HH	HHH
<i>a</i> > 0,5	L	H	HH	HHH	HHH
<i>a</i> > 0,75	H	HH	HHH	HHH	HHH

Het alarmniveau wordt gevisualiseerd op het synoptisch bord door middel van een kleurencode. Een automatische mail herinnert de operatoren aan het bestaan van significante alarmen. De lijst is gerangschikt volgens het economisch interventietijdstip en is een zeer handig instrument voor het aansturen van de interventieplanning. De matrix helpt de operator bij de keuze tussen een gerichte lekopsporing en een volledige *sweep* van de betrokken DMA.

Alarmbehandeling

Diagnose

Het expertsysteem rapporteert dus overschrijdingen van de voorspelbare extreme waarden van het verbruik. De oorzaak kan zijn:

- een significante toename van het verbruik (een groot lek = *a*-alarm)
- de aanwezigheid van talrijke kleinere diffuse lekken (*v*-alarm)
- een combinatie van *a*- en *v*-alarmen.
- een onverwachte wijziging van de referentietoestand (bijv. het openen van grensafsluiters).

Een open grensafsluiter resulteert meestal in een alarm ‘relevant laag verbruik’ in één DMA in combinatie met een alarm ‘extreem hoog verbruik’ in een aangrenzende DMA: de stijging van het ver-

bruik in de ene DMA wordt gecompenseerd door een daling van het verbruik in de aangrenzende DMA. Dit is een wijziging van de referentietoestand, waardoor twee gelijktijdige alarmen gegenereerd worden. Het expertsysteem meldt dus ook wijzigingen in de stand van de grensafsluiters.

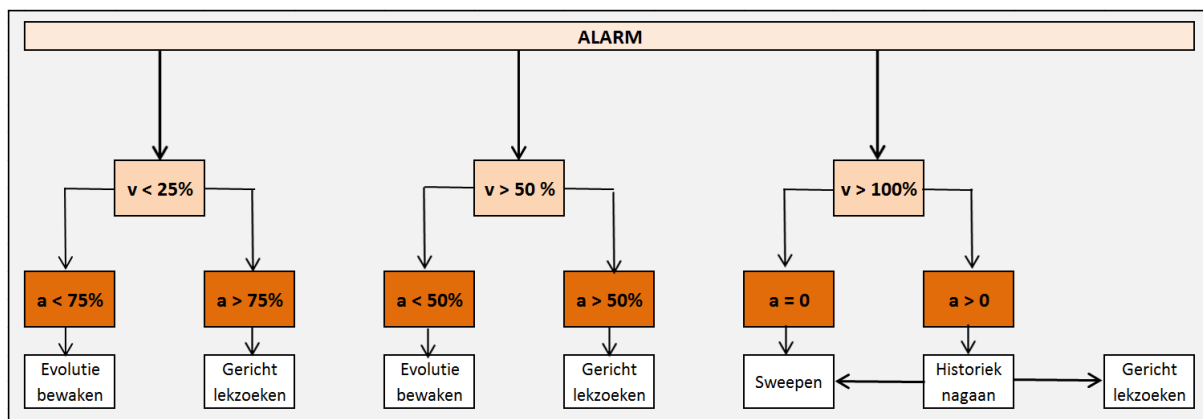
In geval van hoog alarm zijn de beslissingsparameters om tot een actie te komen: de waarde van 'a' en 'v', het kritisch interventietijdstip en de prioriteiten van de ploegen. De interventieplanning wordt opgesteld op basis van objectieve parameters. De behandelingsstrategie is uniform door heel het bedrijf.

Lokaliseren van de lekken

De zone waar de lekken moeten worden opgespoord wordt sterk verkleind dankzij sectionering in sub-DMA's en het inzetten van het expertsysteem op de gesectioneerde delen.

Het documentatiesysteem (zie verder) geeft onmiddellijke toegang tot de plannen en de terreinstructies die de ploegen nodig hebben om de sectionering uit te voeren. De zoekactie verloopt snel omdat de zoekzone veel kleiner is dan de volledige DMA.

De werkwijze is samengevat in verschillende beslissingschema's ter ondersteuning van de operatoren. Afbeelding 3 geeft daar een voorbeeld van.



Afbeelding 3. Voorbeeld van een beslissingschema

Financiële haalbaarheid

De terugbetalingstermijn van het project werd a priori berekend door het algoritme van het expertsysteem te vertalen in een financieel model. Dit model heeft drie soorten parameters; die eigen aan het meetnet:

- de kostprijs van de EM-debietmeters (€ 26.000,- /operationeel toestel)
- de onderhoudskosten van hard- en software (€1.000,-/ toestel per jaar).

De parameters eigen aan de toestand van de DMA:

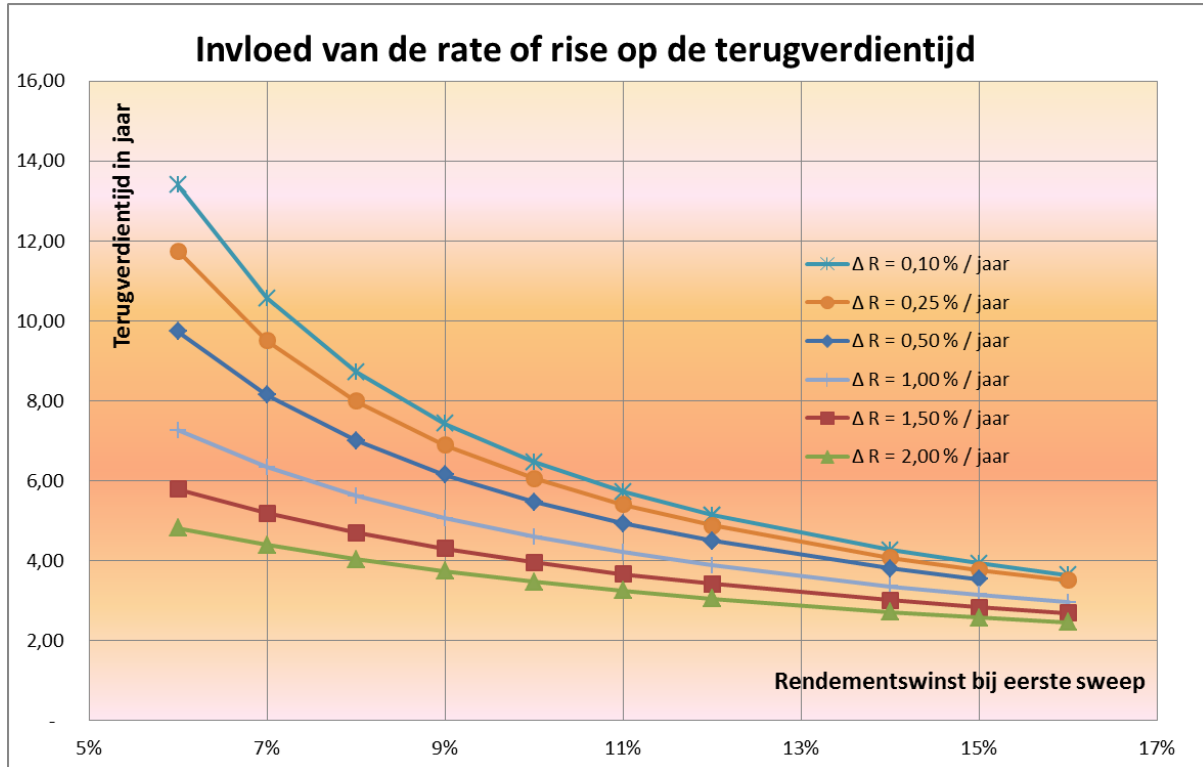
- de lengte van het netwerk
- de rendementsverhoging van het netwerk bij de eerste *sweep*, een maat voor de begintoestand van het netwerk
- de *rate of rise* (RR), een maat voor de breukgevoeligheid van de DMA.

De parameters eigen aan de waterdistributiemaatschappij:

- de kostprijs van het *sweepen* (afhankelijk van de ingezette apparatuur en van de efficiëntie van het terreinwerk)

- de kostprijs van water (incl. winnings-, voorbereidings- en transportkosten).

Onderstaande grafiek, berekend voor een evaluatieperiode van 15 jaar, spreekt voor zich: de terugbetalingstijd varieert van 4 tot 14 jaar, afhankelijk van de kwaliteit van het netwerk. Een voorafgaandelijke berekening van het rendement per DMA geeft duidelijke aanwijzingen naar de volgorde van aanpak. Hierdoor kan het project zeer snel gerentabiliseerd worden.



Afbeelding 4. Terugbetalingstijd.

De ervaring bij FARYS stemt overeen met de voorspelling van het financieel model.

Evaluatie van de efficiëntie van de netwerken en van de organisatie

Dankzij een link met de drinkwaterfacturering berekent het expertsysteem de prestatie-indicatoren die nodig zijn om meetbare doelstellingen per DMA en per exploitatiezone op te stellen. Naast de gebruikelijke indicatoren is de verstreken tijd tussen twee opeenvolgende kritische interventietijd-stippen een representatieve indicator van de structurele toestand van het netwerk. Correcte interpretatie van de resultaten maakt het mogelijk economisch onderbouwde prioriteiten te stellen in de vervangingsstrategie van de netwerken.

Het documentatiesysteem

Het belang van een consistent databeheer neemt toe met de omvang van het distributienetwerk. Er werd dus veel aandacht besteed aan de structuur van het documentatiesysteem. Alle data worden op verschillende afdelingen van FARYS beheerd. Ze worden, na validatie, op een gestructureerde wijze ter beschikking gesteld van de organisatie via het Microsoft SharePoint-platform. Vlotte toegang tot deze informatie wordt verzekerd door het synoptisch bord te gebruiken als toegangspoort. Een klik op de desbetreffende DMA-tegel van het bord volstaat om toegang te verkrijgen tot de ge-

wenste informatie. De tijdwinst op de voorbereiding van een interventie en de juistheid van de informatie verhogen de efficiëntie van het terreinwerk aanzienlijk.

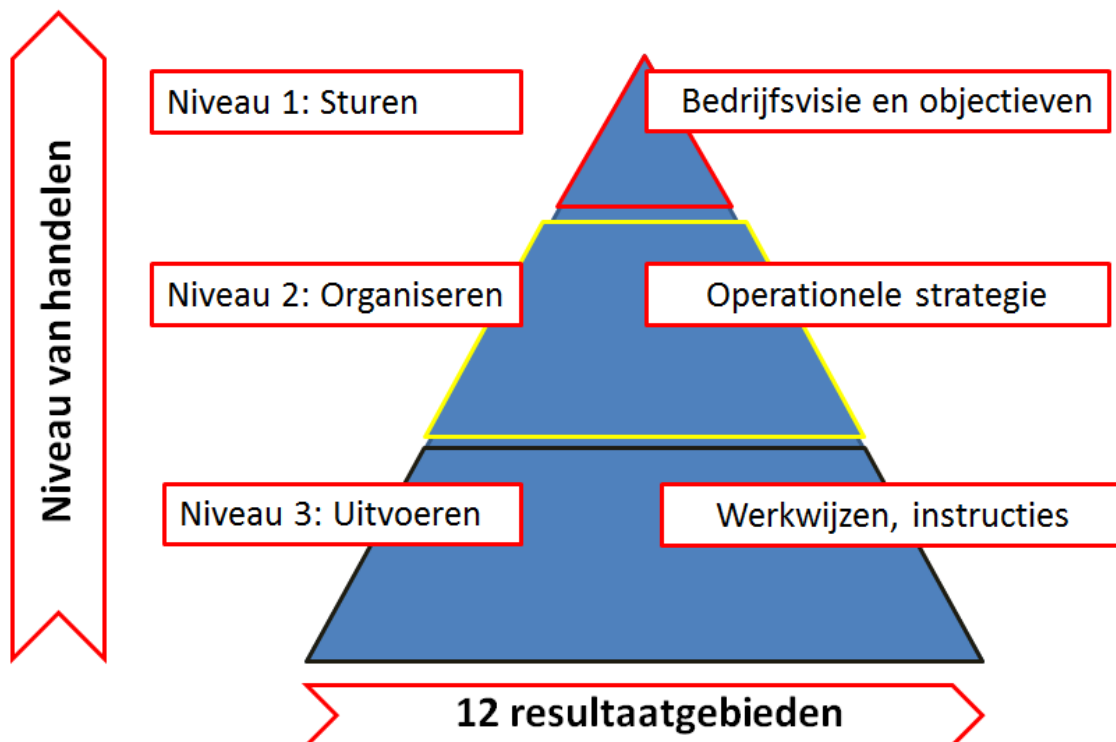
Het documentatiesysteem bestaat uit drie luiken. Het eerste luik betreft de status van de uitbouw van het meetnet. De gegevens zorgen dat de vorderingen van de uitbouw van het meetnet kunnen worden gemonitord en gerapporteerd.

Het tweede luik verzamelt alle operationele en praktische informatie die nodig is voor lekopsparing en voor het technisch beheer van alle componenten van het meetnet, inclusief de sectioneringsplannen voor het lokaliseren van de lekken.

Het derde luik is ontworpen om het concept, de uitwerking ervan en het onderhoud van het systeem op een traceerbare en reproduceerbare wijze te registreren. Dit handboek is onderverdeeld in niveaus van handelen en in resultaatgebieden. Een beperkte registratie van controlepunten vergemakkelijkt het auditen.

De structuur van het documentatiesysteem is weergegeven in afbeelding 5.

Het documentatiesysteem beoogt de kennisborging van het systeem in de organisatie. De implementatie van het systeem vergt een aangepaste training van de medewerkers. Deze training is afgestemd op de resultaatgebieden en op het verwachte kennisniveau, afhankelijk van het niveau van handelen.



Afbeelding 5. Structuur van het documentatiesysteem

Conclusies en aanbevelingen

Kwantitatieve online lekopsparing heeft op korte termijn ingrijpende gevolgen voor de exploitatie van het drinkwaternet. De methodologie is een kans voor waterdistributiebedrijven in een tijd van schaarste aan middelen en grondstoffen. De vermindering van het aantal onverwachte breuken en

hinderlijke herstellingen is leuk meegenomen. Doelstellingen met betrekking tot lekbeheer worden geobjectiveerd in de vorm van meetbare prestatiecriteria.

De implementatie van het systeem vergt een rigoureuze proces- en databewaking die, op zich, veel bijdraagt aan een nog betere kennis van de netten.

Tot slot: het beheer op DMA-basis maakt de weg vrij voor het optimaliseren van vertakte netwerken door middel van zelfreinigende systemen.

Dankwoord

De ontwikkeling van het systeem werd mogelijk gemaakt door de enthousiaste medewerking van talrijke collega's. Ze worden allemaal bij deze uitdrukkelijk bedankt voor hun bijdragen en hun inzet in dit belangrijke project.

**FARYS is de operator van drinkwatermaatschappij TMVW. Het drinkwaternet van TMVW is meer dan 11.000 km lang en bevoorraadt meer dan 600.000 aansluitingen. Het balanstotaal van de maatschappij bedraagt om en nabij € 2.600 miljoen.*

De maatschappelijke zetel is gevestigd aan de Stropstraat 1, 9000 Gent. (Tel (+32) 09 240 02 11; website: www.farys.be; e-mail: info@farys.be).

Referenties:

1. Het Nieuwsblad. Vierenzestig miljard liter drinkwater verloren (12 september 2015, pagina 33).
2. Lambert, A.O., Koelbl, J., Fuchs-Hanusch, D. Interpreting ILL's in Small Systems (2014). <http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2014/10/Low-ILIs-paper-ALJKDFH19Oct.pdf>, geraadpleegd 5 oktober 2016
3. EU Reference document Good Practices on Leakage Management WFD CIS WG PoMEU (EC - 2015). <https://circabc.europa.eu>, geraadpleegd 5 oktober 2016
4. Morrison, J., Tooms, S. & Rogers, D. (2016). District Metered Areas: Guidance Notes (IWA – 2007). <http://operationandmaintenance.net/uploads/IWA%20Toolboxes/OM%20Toolbox/Images/EOM%20tool2%20DMA%20Guidance%20Notes.pdf>, geraadpleegd 5 oktober 2016
5. Mense, P. (2015). Lekverliezen opsporen in Nederlandse waterleidingen. *H2O-Online*, 26 februari 2015.