

Praktijkgetrouwe afspiegeling van het Nederlandse drinkwaterdistributiesysteem in één compacte proefinstallatie

Luuk de Waal, Joost van Summeren, Sidney Meijering, Peter van Thienen (KWR), Peter van den Burg (Dunea)

KWR heeft in samenwerking met diverse Nederlandse drinkwaterbedrijven op kleine schaal een bovengronds leidingnetwerk nagebouwd. Hierbij zijn praktijkgetrouwe materialen en componenten gebruikt en kunnen voor een drinkwaterleiding realistische waterstromen worden opgewekt. Met behulp van de proefinstallatie kan een beter begrip worden verkregen van de processen die zich in een drinkwaterdistributiesysteem afspelen. Dit helpt bij het (door)ontwikkelen van de technieken voor de toekomst.

In Nederland werden in 1853 de eerste leidingen van het drinkwaterdistributiesysteem in gebruik genomen [1]. Eind 2018, ongeveer 165 jaar later, bedroeg de totale lengte drinkwaterleiding in de Nederlandse bodem 122 duizend kilometer (ongeveer drie keer de aarde rond) [2]. Door de jaren heen zijn voor de aanleg van dit leidingnetwerk diverse leidingmaterialen gebruikt, zoals nodulair gietijzer, staal en asbestcement, en tegenwoordig vooral polyvinylchloride (PVC) en polyetheen (PE). Het drinkwaternet vormt letterlijk de verbinding tussen de productielocaties van drinkwater en de klanten (huishoudens en industrie) en is heel divers qua leeftijd en materiaal. Door externe (belasting, uitloging door grondwater) of interne invloeden (drukpieken, uitloging door leidingwater) en met de tijd kan materiaal verzwakken of verouderen. Dit kan uiteindelijk tot falen (lekken, leidingbreuken) leiden, met leveringsonderbrekingen voor klanten en mogelijk schade tot gevolg. Daarnaast vindt incidenteel, bijvoorbeeld bij werkzaamheden, ondanks zorgvuldig hygiënisch werken, besmetting van drinkwater met ongewenste stoffen of organismen plaats.

Drinkwaterbedrijven proberen om deze redenen het distributiesysteem zo goed mogelijk in beeld te brengen en de waterkwaliteit in het leidingnet te monitoren. Het eerste gebeurt met statistische modellen en inspecties, het tweede bijvoorbeeld door monsters te nemen of door het plaatsen van sensoren. Door het distributiesysteem goed in de gaten te houden, kunnen afwijkingen door lekkages en/of kapotte leidingen worden gelokaliseerd.



Afbeelding 1. Impressie van het buitengedeelte van de proefinstallatie. Het binnengedeelte bevindt zich in het gebouw rechts op de foto

Bij KWR is in 2019 het Nederlandse distributiesysteem op kleine schaal nagebouwd in één proefinstallatie (zie afbeeldingen 1 en 2). De directe aanleiding hiervoor was de behoefte om een complex maar toegankelijk netwerk te bouwen waarin inspectierobots kunnen worden getest. Een eerste functioneel model hiervan is ontwikkeld in het kader van het project rond de autonome inspectierobot (AIR) door een consortium van zeven Nederlandse drinkwaterbedrijven (Brabant Water, Dunea, Evides, PWN, Vitens, WMD, WML), Demcon en KWR. Verdere ontwikkeling van deze wordt uitgevoerd onder de vlag van het voor dit doel opgerichte SubMerge BV. Met de proefinstallatie wil KWR daarnaast de kennis over het Nederlandse drinkwaterdistributiesysteem verder ontwikkelen. Hierbij denkt KWR aan onderzoek aan waterkwaliteit, biologische betrouwbaarheid en het testen van sensorsystemen en andere inspectietechnieken.



Afbeelding 2. Het binnengedeelte van de proefinstallatie

Representatief op kleine schaal

Een compacte weergave van het Nederlandse distributienetwerk stelt KWR in staat om onderzoek te verrichten naar leidinginspectietechnieken, lekdetectie, afzetting en verspreiding van deeltjes en biologische vervuiling, invloed van grondsamenstelling op diverse leidingmaterialen en toepassing van innovatieve sensoren in een representatieve testomgeving. Tijdens het ontwerpen van de proefinstallatie werd al snel duidelijk dat het nabootsen van het Nederlandse drinkwaternet alleen mogelijk was door op een aantal punten af te wijken van de werkelijkheid. Zo zijn de afstanden tussen koppelstukken in de proefinstallatie fors kleiner dan in het echte drinkwaternet. Daarnaast bevat de proefinstallatie enkel leidingen met een nominale diameter tussen de 100 en 315 millimeter, terwijl in het echte net bijvoorbeeld ook huisaansluitingen (25 mm) en transportleidingen (1.000 mm en groter) aanwezig zijn. Gebaseerd op een leidinginformatiesysteem (LIS-database) van drinkwaterbedrijf PWN en overleg met andere drinkwaterbedrijven heeft KWR de meest voorkomende combinaties van leidingdiameters en -materialen in het Nederlandse distributienet geselecteerd. De geselecteerde

combinaties zijn opgenomen in de proefinstallatie en zoveel mogelijk aangevuld met minder veelvoorkomende combinaties.

Naast de leidingen zelf bevat de proefinstallatie een groot aantal verbindingstukken, zoals T-stukken, bochten en koppelingen. In het Nederlandse leidingnet hebben drinkwaterbedrijven door de jaren heen allerlei componenten van verschillende leveranciers verwerkt. Om deze variatie te benaderen, is de proefinstallatie opgebouwd met onderdelen die geleverd zijn door vier verschillende drinkwaterbedrijven (Brabant Water, Dunea, PWN en Vitens).

Buiten het leveren van materialen hebben diverse experts van de betrokken drinkwaterbedrijven een bijdrage geleverd aan het ontwerp en de uiteindelijke opbouw van de proefinstallatie. Zo is er in de ontwerpfase dankbaar gebruik gemaakt van kennis van ervaren projectleiders op het gebied van het trekvast en demontabel ontwerpen van leidingverbindingen, waardoor de proefinstallatie eenvoudig kan worden aangepast. Daarnaast hebben meerdere technisch specialisten, die bij de drinkwaterbedrijven verantwoordelijk zijn voor het detail-ontwerp van saneringen, reparaties en/of nieuw aan te leggen waterleidingen, zorg gedragen voor een realistische opname van diverse appendages in de proefinstallatie. Het team van ervaren monteurs heeft, naast de benodigde mankracht, zorg gedragen voor deugdelijke montage van alle onderdelen van de proefinstallatie. Tijdens de aanleg van de proefinstallatie bleek dat de montagetechnieken voor het aanleggen van drinkwaterleidingen in grote lijnen onderling overeenkwamen.

Vrijwel de gehele proefinstallatie is bovengronds aangelegd. Dit heeft als voordeel dat er gemakkelijk aanpassingen en/of reparaties kunnen worden uitgevoerd aan de installatie, eventueel vastgelopen inspectietools gemakkelijk uit het net kunnen worden gehaald en leidingen gemakkelijk visueel geïnspecteerd kunnen worden. Nadelen zijn dat er (zon)licht de leiding kan binnendringen, in de winterperiode kans op bevriezing aanwezig is en de krachten die op de buizen worden uitgeoefend door de waterstroming niet worden opgevangen door de omliggende grond. Alle leidingen waarvan het leidingmateriaal (zon)licht door kan laten, zijn ingepakt met een voor licht ondoordringbaar zeildoek om de ondergronds gelegen situatie zo veel mogelijk te benaderen en bijvoorbeeld algengroei te voorkomen. Ook kunnen PVC-leidingen bros worden door (zon)licht en zelfs vervormen als de temperatuur van de buis hoger wordt dan ongeveer 60°C. Het witte zeildoek weerkaatst veel zonlicht en beperkt daarmee de opwarming van de buizen op zonnige zomerdagen. Bij strenge vorst wordt het water uit de proefinstallatie gehaald om het kapotvriezen van leidingen te voorkomen. Het gehele netwerk is ondersteund met stalen beugels om de krachten van de waterstroom op te vangen.

Beschrijving van de proefinstallatie bij KWR

Technisch kader: aansturing en monitoring

De proefinstallatie is opgebouwd uit één buffervat, een drietal pompen en een vertakt en vermaasd leidingnetwerk. Water wordt uit het buffervat via één of meerdere pompen door het leidingnetwerk rondgepompt. Het buffervat heeft een netto inhoud van 2.000 liter water en de pompen kunnen maximaal 160.000 liter water per uur verpompen bij 4 bar waterdruk.

De hogedrukpomp (10 bar) en de twee hoogvolumepompen (gecombineerde capaciteit van meer dan 160.000 l/u) kunnen alleen, samen of met zijn drieën tegelijk worden ingeschakeld. De pompen kunnen op een vast toerental draaien, onafhankelijk van de weerstand in het systeem. Een andere optie is het instellen van een gewenst debiet en een gewenste druk, waarna de pompen zichzelf regelen om deze ingestelde waarden te handhaven. Afhankelijk van het traject van doorstroomde leidingen zal de druk net na de pompen hoger liggen dan de druk vlak voor het buffervat. De druk wordt geregeld met een drukmeter en regelkleppen vlak voor het buffervat, zodat de gewenste druk direct ook de minimale druk is die heerst in het systeem. Iedere pomp is voorzien van een elektromagnetische flowmeter en in de buiteninstallatie bevinden zich twee verplaatsbare ultrasoon-flowmeters en één elektromagnetische flowmeter, waarmee in leidingen met een nominale diameter tussen 50 en 400 mm de volumestroom bepaald kan worden.

Het uitlezen van de flowmeters, het aansturen van de pompen en het regelen van de gewenste druk en volumestroom in het systeem gebeurt via een centrale regelkast. De stromingsroute en -richting van het water door de installatie is in te stellen door het (handmatig) open- en dichtdraaien van schuifafsluiters. Met strategische plaatsing van deze afsluiters is door vrijwel ieder deel van de installatie een groot aantal stromingsroutes te realiseren.

Opbouw van de proefinstallatie

Het grootste deel van de proefinstallatie bestaat uit leidingen van verschillende materialen en diameters. Een overzicht van de toegepaste combinaties is te vinden in tabel 1. Polyvinylchloride (PVC), waarvan ongeveer 67.000 kilometer aan leiding ligt in Nederland [2], is in alle gangbare diameters voor drinkwaterdistributietoepassingen terug te vinden in de proefinstallatie. Het op één na meest voorkomende materiaal in het Nederlandse net is asbestcement (AC), met ongeveer 29.000 kilometer leiding. Er zitten echter (nog) geen asbestcementleidingen in de proefinstallatie: het aanleggen van asbestcementleidingen is sinds 1993 niet meer toegestaan vanwege gezondheidsrisico's bij mogelijke inademing van asbestvezels tijdens aanleg. Er wordt overwogen alsnog een stuk AC-leiding in de installatie op te nemen om ook met dit materiaal te kunnen testen - vanzelfsprekend binnen de wettelijke en veiligheidskaders.

Tabel 1. Overzicht van alle materiaal-diametercombinaties in de proefinstallatie. DN = nominale diameter

Materiaaltype	Diameters in proefinstallatie	Typisch diameterbereik leidingmateriaal [mm] [1]	Percentage van het Nederlandse distributienet gemaakt van dit leidingmateriaal op 31-12-2018 [2]
Polyvinylchloride (PVC)	DN90, DN110, DN160, DN200, DN250, DN315, DN400	100 – 400	55,2%
Asbestcement (AC)	n.v.t. ¹	250 – 600	23,4%
Polyethyleen (PE)	DN110, DN160, DN200, DN250	50 – 100	8,0%
Grijs gietijzer (GGY)	DN100 ² , DN150, DN250, DN300 ²	50 – 200	7,2%
Nodulair gietijzer (NGY)	DN100, DN150, DN200, DN250, DN300	>500	2,8%
Staal zonder coating (ST)	DN200	>500	2,3%
Polyethyleen-aluminium (PE-ALU)	DN110	onbekend	<0,4% ³
Glasvezel versterkt kunststof (GVK)	DN200, DN300	onbekend	<0,4% ³

¹ Asbestcement niet toegepast in proefinstallatie i.v.m. gezondheidsrisico's tijdens verwerking van de leiding

² Gebruikte leiding uit sanering inzetbaar in uitneembare delen van de proefinstallatie

³ Leiding-materiaal onderdeel van de categorie 'overige leidingmaterialen'

Naast leidingmateriaal–diametercombinaties bevat de installatie verschillende verbindingstukken, koppelingen, bochten, diameterovergangen en combinaties van deze onderdelen. Deze zijn te zien in afbeelding 3. Er is bijvoorbeeld een koppeling waar aan beide kanten een leiding met verschillende diameter gemonteerd moet worden (zie 3A) en een T-stuk waarbij een van de drie flenzen duidelijk een andere maat heeft (3B). Aangelegde bochten zijn standaard geleverd door de leverancier in bijvoorbeeld PVC (3C) of gietijzer (3D), zijn op maat gelast (3E) of ontstaan door een lange leiding krom neer te leggen (3F), of zelfs door een voetbocht horizontaal te plaatsen (3G). Naast horizontaal gelegen bochten, zijn er verschillende verticaal georiënteerde bochten opgenomen in de zinker (3H) en kattenrug (3I). Deze verticale bochten worden in het Nederlandse drinkwaternet toegepast om bijvoorbeeld over een rioolbuis heen of onder een sloot door te gaan. Verzakking van drinkwaterleidingen door zetting van de grond kan worden nagebootst (3J) en er kunnen leidingen met

lekkages worden ingebracht in de lekbak (3K). Om troebelheid door afzetting en opwerveling van microscopisch kleine deeltjes in een leidingnet na te bootsen, kunnen naar wens kleine deeltjes toegevoegd en door het systeem gerecirculeerd worden (3L). De proefinstallatie is voorzien van huisaansluitingen (3M) en brandkranen (3N), waarmee typische stromingen voor waterafname gesimuleerd kunnen worden. Naast een groot aantal schuifafsluiters en één vlinderklep is er een lock-joint geplaatst, een nieuw type koppeling die, tijdelijk, ook als afsluiter kan dienen (zie 3O). De reparatieklemmen die geplaatst worden om leidinglekken te repareren, zijn toegepast in de proefinstallatie (3P). Al deze detailvoorbeelden, deels tijdens de ontwerp- en bouwphase aangedragen door de drinkwaterbedrijven zelf, geven een goede indruk van de diversiteit die aangebracht is in de proefinstallatie.



Afbeelding 3. Diverse details van de proefinstallatie van KWR. A) multi-jointkoppeling met diameterovergang, B) T-stuk met verloop, C) PVC-bocht, D) gietijzeren bocht, E) PE-bocht, F) verbogen PE-leiding, G) horizontale voetbocht, H) zinker, I) kattenrug, J) installatie voor hoekverdraaiing, K) lekbak voor leidingen met lekkage, L) transparante leiding met sediment, M) huisaansluiting, N) brandkaan, O) lock-jointkoppeling, P) reparatieklem

Brede blik naar proefinstallaties in en buiten Nederland

Hoe verhoudt de proefinstallatie bij KWR zich tot andere installaties die worden gebruikt voor onderzoek naar drinkwater? Praktijkopstellingen bestaan in verschillende soorten, elk met hun eigen voor- en nadelen. Van groot naar klein zijn dat: living labs, proeftuinen en proefinstallaties op werkelijke grootte, en laboratoriuminstallaties op kleine schaal [3].

Soms zijn metingen in het werkelijke leidingnet uit te voeren, door een deel ervan in de richten als zogenoemd *living lab*. Een voorbeeld is het project SmartDMA van waterbedrijf Vitens. Dit is gericht op het verkrijgen van meer inzicht in de waterkwaliteit en de waterverdeling en het creëren van mogelijkheden tot pro-actieve klantcommunicatie en een betere dienstverlening. Een ander voorbeeld is een grootschalig meerjarig meetprogramma van troebelheid in het leidingwater door waterbedrijf PWN. Een voordeel van living labs is de waarheidsgetrouwe omgeving met het werkelijke waterverbruik van klanten, werkelijke leidingmaterialen en waterstroming door het leidingnet. Een nadeel is de beperkte mogelijkheid tot aanpassing van de lokale omgeving en omstandigheden. Het nabootsen van extreme situaties is meestal niet mogelijk, aangezien levering van veilig en schoon drinkwater voorop staat en hiervoor strenge voorschriften bestaan.

De vrijheid om verschillende situaties te onderzoeken is groter met computermodellen en laboratoriuminstallaties op verkleinde schaal. In computermodellen worden doorgaans echter versimpelingen uitgevoerd om extreem lange rekentijden te voorkomen of omdat onvoldoende informatie beschikbaar is. Zo wordt het waterverbruik van klanten meestal geschat en wordt de detailstructuur van leidingwanden en waterstromingen meestal vereenvoudigd. In laboratoriuminstallaties worden processen op een kleine schaal nagebootst. Daardoor zijn de uitkomsten niet één-op-één te vertalen naar de schaal van het werkelijke leidingnet.

Het bouwen van proefinstallaties op werkelijke schaal is vaak een flinke investering over meerdere jaren. Het heeft echter een aantal belangrijke voordelen ten opzicht van living labs, schaalmodellen of computermodellen. Omdat er geen klanten zijn aangesloten, kan naar hartelust worden geëxperimenteerd met zowel gangbare als extreme situaties, zoals bezwijkproeven of lekkende leidingen. Een voorbeeld uit Nederland is de proeftuin distributie van Brabant Water in Veghel. Die bestaat uit een ondergronds leidingnet van honderden meters waar sinds 2019 nieuwe materialen en technieken worden getest, zonder dat de levering aan klanten wordt verstoord. In Engeland heeft de universiteit van Sheffield dit jaar ook een installatie op werkelijke schaal in gebruik genomen (genaamd ICAIR). Die bestaat uit drinkwater- en rioolleidingen die zijn ingegraven in een 35 meter lange zandbak. Hij wordt gebruikt voor onderzoek naar de uitwisseling van warmte tussen het water in de leidingen en de omliggende bodem. In Canada (Queen's University, Ontario) is een installatie gebouwd die bestaat uit 100 mm PVC-leidingen met in te stellen watersnelheid en luchttemperatuur. Hiermee wordt onderzocht onder welke omstandigheden microben aangroeien op de binnenkant van drinkwaterleidingen. Vaak worden proefinstallaties aangelegd als een recht leidingstuk of een simpele lus waarin het water rondstroomt. Soms wordt de indeling van een leidingnet in meer detail nagebouwd. Zo is in Italië (universiteit van Kore, Sicilië) een installatie in gebruik voor onderzoek naar de verspreiding van mogelijke verontreinigingen door het leidingstelsel en de optimale plaatsing van sensoren om dit te meten.

Gebruiksdoeleinden

KWR beschikt met deze proefinstallatie over een unieke testomgeving voor onderzoek op het gebied van drinkwaterdistributie en -kwaliteit. Een groot gedeelte van het Nederlandse drinkwaterleidingnet heeft inmiddels een respectabele leeftijd bereikt. Daarnaast worden er nieuwe leidingmaterialen en koppelingen ontwikkeld en neemt het gebruik van sensoren en big data toe. Hierdoor zal het Nederlandse leidingnet de komende jaren diverse ontwikkelingen doormaken. KWR wil met het onderzoek in de proefinstallatie een sterke bijdrage leveren aan het begrijpen van de processen die zich in het netwerk afspelen en aan het testen en (door)ontwikkelen van technieken en innovaties, zoals (maar niet beperkt tot) autonome inspectierobots (AIR). Vanwege de instelbare waterstromen en drukniveaus en de aanpasbare leidingstructuur zijn veel verschillende reguliere en extreme situaties in het distributienet goed na te bootsen. Bovendien zijn door de toegankelijkheid van de leidingen en de beschikbaarheid van ICT-infrastructuur gemakkelijk allerlei soorten nieuwe sensoren te installeren en te testen, en ook op het aspect van cyberveiligheid onderzoek te verrichten. Dit geldt voor bijvoorbeeld nieuwe druksensoren, maar met name ook voor waterkwaliteitssensoren die stoffen of organismen kunnen detecteren die in het echte net een probleem vormen. Vanwege de grote variatie aan leidingen en verbindingstukken die ook in echte distributienetten voorkomen, zijn de experimenten goed te vertalen naar de Nederlandse praktijk. De aantasting van verschillende leidingmaterialen, lekdetectie, afzetting van deeltjes of microbiologisch materiaal op leidingwanden, invloed van leidingmaterialen op biologische na-groeipotentie, monitoring van de waterkwaliteit met sensoren, effectiviteit en praktische aspecten van inspectietools: voor al deze vraagstukken kan de proefinstallatie bij KWR een nuttige testomgeving bieden.

Dankwoord

De auteurs willen alle Nederlandse drinkwaterbedrijven die op enige manier hebben bijgedragen aan de bouw van de proefinstallatie bedanken voor hun inzet en betrokkenheid. Deze activiteit is mede gefinancierd met publiek-private samenwerking uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Referenties

1. Moel, P. J. de, Verberk, J.Q.J.C. en Dijk, J.C. van (2012). *Drinkwater-principes en praktijk*. Water Management Academic Press, Delft.
2. Vewin (2019). *Kerngegevens drinkwater 2019*
3. Summeren, J. van, Thienen, P. van, Nieuwenhuijze, R. van and Trietsch, E. (2015). 'Living labs, proeftuinen en proefinstallaties voor onderzoek naar nieuwe drinkwaterdistributietechnieken', *H2O-Online*, 21 oktober 2015.