

Bepalen van een bedrijfsspecifieke optimale sectiegrootte voor het drinkwaterdistributienet

Ilse Pieterse-Quirijns (KWR), Ad Vogelaar (KWR/BrabantWater), Gert Perfors (Dunea)

In het ontwerp van een distributienet is de sectiegrootte een essentieel criterium. Om als waterleidingbedrijf de keuze voor een bepaalde sectiegrootte verantwoord te kunnen maken, heeft KWR een afwegingsmethode en bijbehorende rekentool ontwikkeld. Hiermee kan de optimale sectiegrootte worden berekend bij de randvoorwaarden en overwegingen die dit specifieke bedrijf stelt. Daarnaast is het een hulpmiddel om beleid rond de keuze van de sectiegrootte te ontwikkelen, omdat het effect van besluiten op de optimale sectiegrootte eenvoudig inzichtelijk gemaakt kan worden.

In de Drinkwaterwet worden eisen gesteld aan de druk en de kwaliteit van het geleverde drinkwater. De drinkwaterleidingnetten worden zo aangelegd dat de kwaliteit, leveringszekerheid en -continuïteit zijn gewaarborgd. In Nederland leggen we daarom sinds circa 2000 bij nieuwbouw in het tertiaire leidingnet vertakte netten aan. Deze zorgen voor een betere doorstroming. Hierdoor is er minder kans op deeltjesophoping en bruinwaterklachten. Ook bij het renoveren van bestaande netten wordt geleidelijk deze ontwerpwijze doorgevoerd. Vanwege de gewenste leveringscontinuïteit zijn het primaire en secundaire net als een vermaasd netwerk aangelegd. Bij werkzaamheden of calamiteiten kan met behulp van afsluiters één sectie geïsoleerd worden, terwijl de watervoorziening in het resterende net zoveel mogelijk intact blijft.

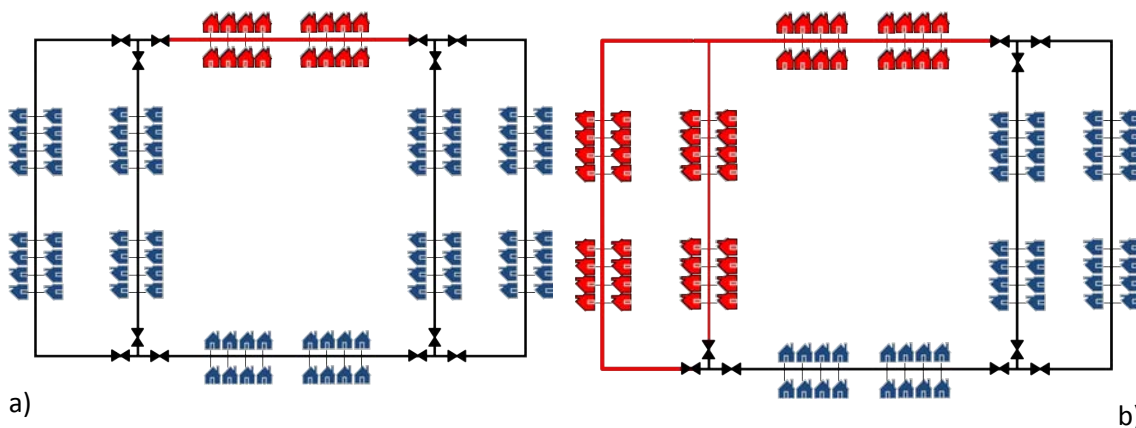
Een relevant aspect bij het (her)ontwerp van de drinkwaterleidingnetten is de vraag waar afsluiters moeten worden geplaatst, en hoeveel afsluiters er in een net nodig zijn. In de Praktijkrichtlijnen drinkwater [1] zijn algemene richtlijnen met betrekking tot de functie en de plaats van afsluiters opgenomen.

Voor het afsluiten van secties bij werkzaamheden is de centrale vraag: hoeveel aansluitingen (en leidinglengte) mogen er zitten in een te isoleren sectie/deel van het leidingnet? Met andere woorden: wat is de gewenste sectiegrootte?

Wat is een goede sectiegrootte?

Een sectie wordt gevormd door de plaatsing van afsluiters (zie afbeelding 1). De sectiegrootte definiëren we als het aantal aansluitingen in een sectie. In een voorzieningsgebied met kleine secties zijn meer afsluiters nodig (afbeelding 1a) dan bij grotere secties (afbeelding 1b)

Waterleidingbedrijven willen in hun leidingnet de secties vergroten, omdat dit leidt tot lagere investeringskosten en lagere onderhoudskosten voor afsluiters. Daarnaast verbetert dit de beheersbaarheid van de afsluiterconfiguratie. De keerzijde is dat bij afsluiting van een grotere sectie meer aansluitingen worden afgesloten, waardoor het aantal **Ondermaatse LeveringsMinuten (OLM)** toeneemt.

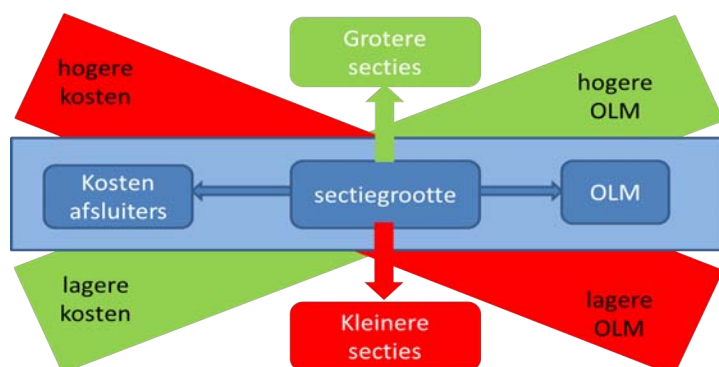


Afbeelding 1. Schematische weergave van een fictief distributienet met secties, geïsoleerd door afsluiters, en de relatie tussen sectiegrootte en aantal afsluiters voor a) kleinere secties, b) grotere secties

De sectiegrootte heeft dus zowel invloed op de kosten voor de plaatsing en het beheer van afsluiters als op de OLM. Deze effecten zijn tegenstrijdig (afbeelding 2): verkleinen van de sectiegrootte betekent een lagere OLM, maar meer kosten voor de afsluiters. Vergroten van de sectiegrootte reduceert de kosten voor afsluiters, maar verhoogt de OLM. De tegenstrijdige effecten leiden tot de vraag: wat is een optimale sectiegrootte?

Om hierover een uitspraak te kunnen doen, moeten de relaties tussen zowel sectiegrootte en OLM als tussen sectiegrootte en afsluiterkosten bekend zijn. Vervolgens moet worden bepaald hoe de kosten voor afsluiters vergeleken kunnen worden met de waarde voor de OLM. Hierbij spelen ook bedrijfsspecifieke overwegingen en randvoorwaarden een belangrijke rol. Het is niet eenvoudig om de randvoorwaarden en de benodigde afweging eenduidig inzichtelijk te maken. Er bestaan geen algemeen toepasbare vuistregels om tot een optimale sectiegrootte te komen.

In opdracht van de DPW-bedrijven (de duinwaterbedrijven Dunea, PWN en Waternet) en Brabant Water heeft KWR een tool ontwikkeld die waterleidingbedrijven helpt om beleid te maken rond de keuze van een optimale sectiegrootte. Dit artikel beschrijft de ontwikkeling en de mogelijkheden van deze tool. De ontwikkeling verloopt via twee stappen: het bepalen van de relaties tussen sectiegrootte en OLM en tussen sectiegrootte en afsluiterkosten (stap 1), en het ontwikkelen van een afwegingsmethode (stap 2).



Afbeelding 2. Het effect van het veranderen van sectiegrootte op OLM enerzijds en afsluiterkosten anderzijds

Stap 1: het bepalen van de relatie tussen sectiegrootte en OLM en tussen sectiegrootte en afsluiterkosten

Relatie sectiegrootte en OLM

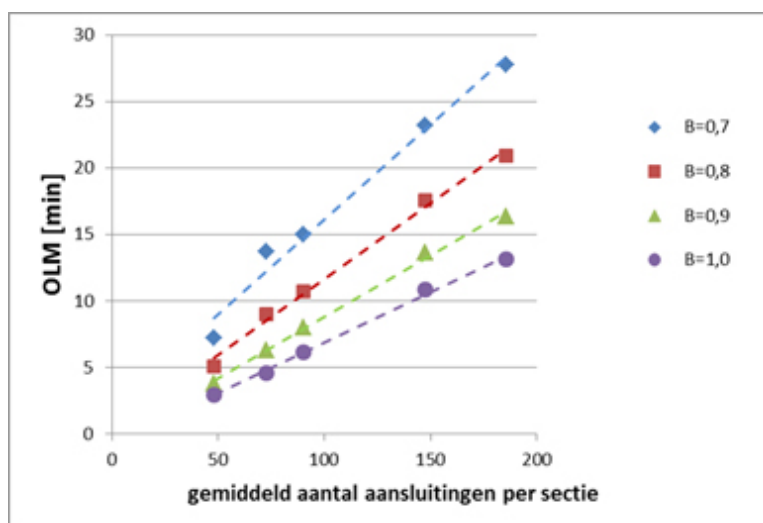
De OLM is gedefinieerd als het gemiddeld aantal minuten per jaar dat een klant (huishoudelijke aansluiting) geen water geleverd krijgt. Het aantal afsluitingen wordt beïnvloed door de lengte van de leidingen in een sectie (een langere leiding geeft meer kans op falen) en de betrouwbaarheid van de afsluiters. Als die namelijk niet goed functioneren wordt ook de aansluitende sectie getroffen. Verder wordt de OLM natuurlijk bepaald door het aantal klanten dat zonder water komt te zitten.

Met CAVLAR, een softwaretool van KWR, kan de prestatie van een leidingnet, waaronder de OLM, berekend worden, met de faalkans van leidingen en van afsluiters als variabelen [2]. Om de relatie tussen de sectiegrootte en de OLM vast te stellen is daarom CAVLAR ingezet.

Er zijn leidingnetontwerpen gemaakt met verschillende gemiddelde sectiegroottes. Het bestaande vertakt-leidingnet-model van Ypenburg diende als uitgangsmodel. Er is gestreefd naar secties met sectiegroottes in de orde van 50, 75, 100, 150, 200 en 250 aansluitingen. Met CAVLAR is voor elk ontwerp de OLM berekend bij variërende afsluiterbetrouwbaarheid (0,7 – 1,0). In afbeelding 3 is het resultaat te zien. Zoals te verwachten is, neemt de OLM toe als de sectie groter wordt en als de betrouwbaarheid van de afsluiters afneemt. De gegevens in deze figuur vormen de basis voor de wiskundige relatie tussen OLM, sectiegrootte en afsluiterbetrouwbaarheid voor dit modelgebied.

In de wiskundige relatie bleken drie constanten voor te komen, die specifiek gelden voor het modelgebied met zijn specifieke netstructuur. Er waren 20 CAVLAR-analyses nodig (afbeelding 3) en een zeer tijdrovend en lastig proces om ontwerpen met variërende sectiegrootte te maken. Het leverde echter veel inzicht op: de vorm van de wiskundige relatie kon worden vastgesteld, en één van de constanten bleek de gemiddelde OLM te zijn bij 100% betrouwbaarheid van de afsluiters. Die kan eenvoudig voor een specifiek waterleidingbedrijf

berekend worden. De andere twee constanten zijn specifiek voor de netwerkconfiguratie. Om deze te bepalen voor een ander gebied zijn nu alleen nog maar CAVLAR-analyses van één ontwerp nodig bij variabele afsluiterbetrouwbaarheid.



Afbeelding 3. Relatie tussen sectiegrootte (gedefinieerd als het gemiddeld aantal aansluitingen per sectie) en de OLM (in minuten) bij variërende betrouwbaarheid (B) van de afsluiters voor het modelgebied

Relatie sectiegrootte en afsluiterkosten

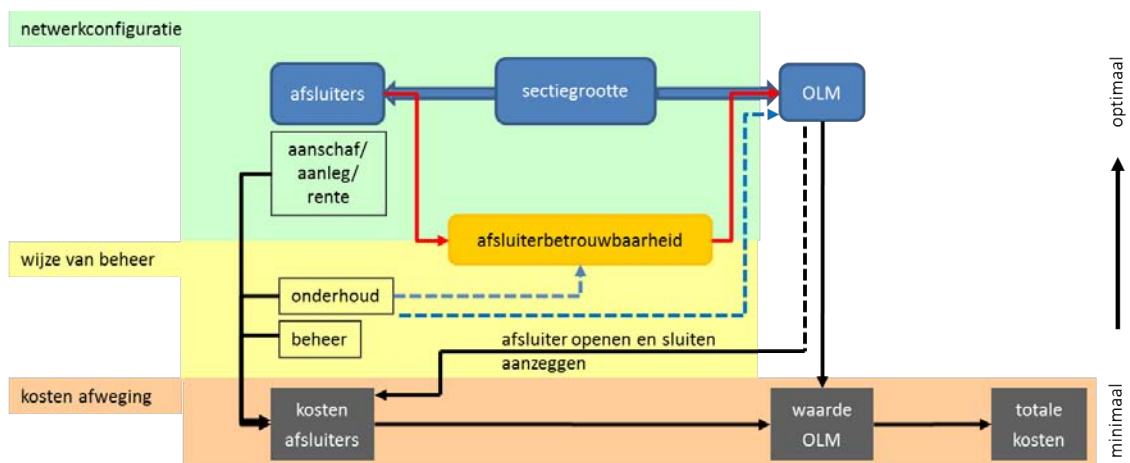
De relatie tussen sectiegrootte en afsluiterkosten wordt allereerst direct bepaald door de **vaste** kosten voor het aantal afsluiters per sectie: kosten voor aanschaf, voor aanleg en voor onderhoud en beheer. De vaste kosten zijn onderverdeeld in afschrijvingskosten en inspectiekosten. De afschrijvingskosten worden berekend uit de afschrijvingsperiode, rentevoet en totale aanschaf- en aanlegkosten; de inspectiekosten zijn afhankelijk van de inspectiefrequentie, de kosten per inspectie en de gemiddelde reparatiekosten (netto contante waarde).

Daarnaast wordt de relatie tussen sectiegrootte en afsluiterkosten ook bepaald door de kosten die gemaakt worden bij het gebruik van de afsluiters om een sectie van een zekere grootte te isoleren of af te sluiten. Dit zijn de **variabele** kosten. Deze zijn afhankelijk van de kans dat een sectie moet worden geïsoleerd, de kosten die gemaakt worden om alle aansluitingen in die sectie te informeren over het afsluiten en de kosten voor het openen en sluiten van de afsluiters in die sectie.

Stap 2: het ontwikkelen van een afwegingsmethode voor de optimale sectiegrootte

Opbouw afwegingsmethode

De relatie tussen sectiegrootte en OLM enerzijds en tussen sectiegrootte en afsluiterkosten anderzijds is niet zo eenduidig/rechthoekig als afbeelding 2 suggereert. De afsluiterkosten kunnen immers, via de afsluiterbetrouwbaarheid, ook invloed hebben op de OLM. Verhoging van de afsluiterkosten door intensiever onderhoud aan afsluiters, vergroot de betrouwbaarheid en verkleint daarmee de OLM. Daarnaast leidt een isolatie van een sectie tot een OLM, maar ook tot afsluiterkosten omdat afsluiters in werking worden gesteld en klanten (of aansluitingen) geïnformeerd moeten worden. Deze onderlinge invloeden zijn te zien in afbeelding 4.



Afbeelding 4. Schematische weergave van de afwegingsmethode voor een optimale sectiegrootte

De factoren en de invloeden liggen gedeeltelijk vast in de netwerkconfiguratie, maar zijn gedeeltelijk ook afhankelijk van bedrijfsspecifieke keuzes, zoals de wijze van beheer. De netwerkconfiguratie bepaalt het aantal afsluiters, de sectiegrootte en welke OLM gehaald wordt als er iets mis gaat, bij een bepaalde betrouwbaarheid van de afsluiters. Dit ligt vast in

de eerder met behulp van CAVLAR vastgestelde relatie tussen sectiegrootte en OLM voor het modelgebied.

De wijze van beheer bepaalt de storingsfrequentie van de leidingen en de onderbrekingsduur bij reparaties. Deze waarden zijn specifiek voor een waterleidingbedrijf en beïnvloeden lineair de waarde voor de OLM. De wijze van beheer bepaalt ook de afsluiterbetrouwbaarheid.

Hoe vaker een bedrijf de afsluiters inspecteert, hoe groter de afsluiterbetrouwbaarheid is. De relatie tussen afsluiterbetrouwbaarheid en het inspectie-interval is afgeleid uit praktijkgegevens en is te zien in tabel 1 [3].

Tabel 1. Relatie tussen afsluiterbetrouwbaarheid en inspectie-interval

<i>B = betrouwbaarheid afsluiters (-)</i>	<i>I = inspectie-interval (jaar)</i>
1.00	0.5
0.98	1
0.95	3
0.91	4
0.87	5

Al deze factoren, onderlinge relaties en bijbehorende parameters zijn opgenomen in een rekentool (tabel 2). De tabel laat de invoergegevens zien. De invoergegevens van de netwerkconfiguratie liggen vast voor een bepaald gebied, de andere kunnen ingevuld worden en zijn het gevolg van bedrijfsvoering of bedrijfsspecifieke keuzes.

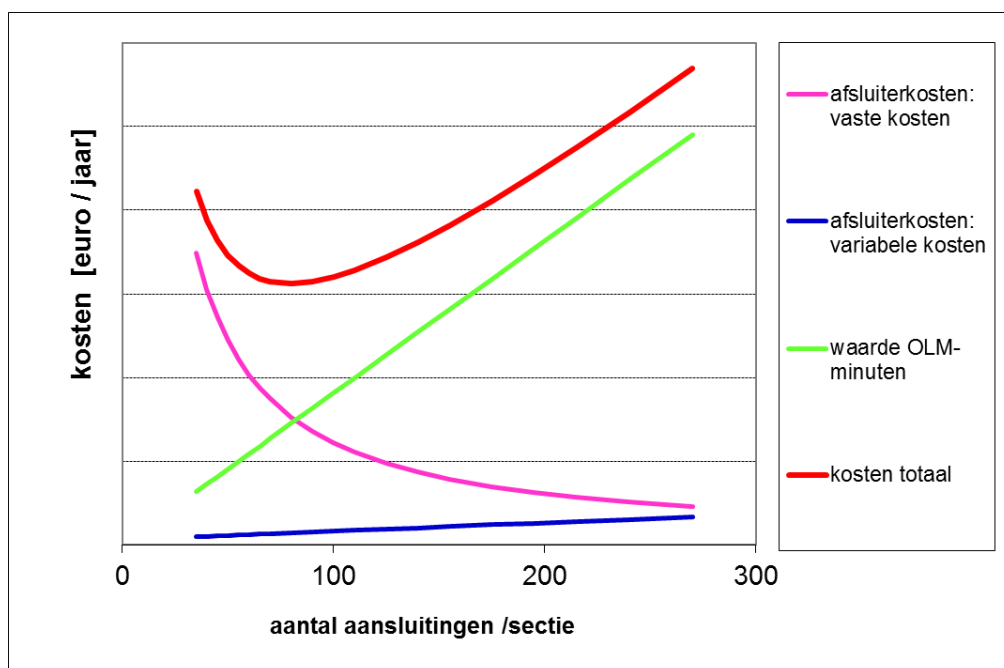
Tabel 2. Onderdelen en parameters bij het bepalen van de optimale sectiegrootte.

netwerkconfiguratie	Leidinglengte per aansluiting Aantal afsluiters per sectie Variatie in lengte, in aantal aansluitingen en in aantal afsluiters per sectie Parameters in vergelijking om OLM te berekenen bij sectiegrootte en afsluiterbetrouwbaarheid
wijze van beheer	Storingsfrequentie leidingen Onderbrekingsduur Inspectiefrequentie en betrouwbaarheid van afsluiters
kosten afsluiters en waarde OLM	Aanschaf, aanleg, afschrijving en rente afsluiters Aanzeggen, afsluiten en openen afsluiters Inspectiekosten afsluiter (incl. reparatiekosten) Waarde OLM (euro/ minuut/aansluiting)

Voor toenemende sectiegrootte (35-270 aansluitingen) en variabele afsluiterbetrouwbaarheid (inspectiefrequentie), worden de kosten berekend die gemaakt worden voor de aanleg (vaste kosten) en onderhoud (variabele kosten) van de afsluiters en wordt de OLM berekend. Aan de OLM wordt een financiële waarde toegekend.

In afbeelding 5 is het resultaat van de berekeningen te zien. Bij toenemende sectiegrootte nemen de vaste kosten af, stijgen de variabele kosten licht, en stijgt ook de waarde van de

OLM. De uiteindelijke totale kosten die gemaakt worden, vormen een kromme met minimale kosten bij een bepaalde sectiegrootte. Dit is de optimale sectiegrootte.



Afbeelding 5. Het bepalen van de optimale sectiegrootte aan de hand van de kostenopbouw

De grafiek laat zien dat een kleine afwijking rond het optimum niet veel effect heeft op de gemaakte kosten. Dit inzicht helpt bij het opstellen van ontwerprichtlijnen. Daarnaast laat de grafiek zien dat een kleine sectie tot een zeer sterke toename van de kosten leidt.

Een cruciaal punt in de afwegingsmethode is de waarde die een waterleidingbedrijf aan de OLM toekent. Hoe kan hiervoor een keuze worden gemaakt?

Cruciaal: hoeveel kost een OLM?

In de afwegingsmethode wordt de onderbreking van waterlevering in OLM omgerekend naar een bepaald geldbedrag. Dit geldbedrag is een compensatie van de last en eventuele schade die de klant ondervindt, maar ook voor kosten en imagoschade van het waterleidingbedrijf. Bij een waarde van € 0,20/minuut 'kost' een onderbreking van de waterlevering van een uur dus € 12,- per aansluiting.

De waarde van een OLM in euro's is in het model min of meer arbitrair gekozen. Er is geen overzicht van de toegekende geldwaarde bij verschillende waterleidingbedrijven. Bovendien is het moeilijk om hier een fundering voor te geven, omdat ook bedrijfsspecifieke imago-schade in deze waarde is verrekend. De volgende overwegingen kunnen helpen bij de keuze van de geldwaarde:

- Een waterleidingbedrijf kan voor de imagoschade de methode toepassen die gebruikt wordt om vertraging bij treinreizen intern te verrekenen. Bij kosten-batenanalyses van grote infrastructurele projecten aan het spoor wordt door Prorail voor een vertraging een bedrag van € 7,- per uur per reiziger aangehouden [4].
- Een andere mogelijkheid is om de keuze te baseren op een risicomatrix. De risicomatrix maakt een balans tussen prestaties, risico's en kosten. Hij geeft een uniforme risico-inschatting met effectieve en efficiënte maatregelen voor zowel zuivering als

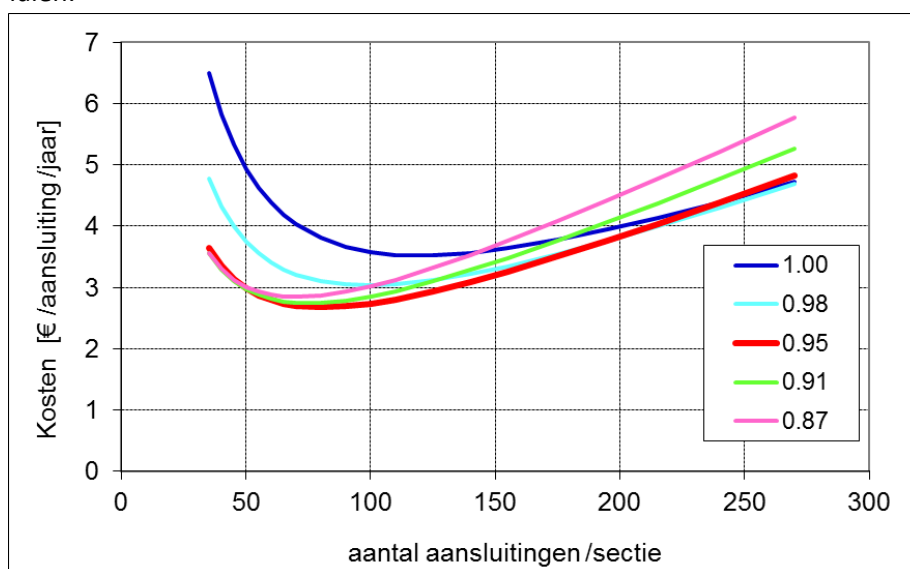
distributie. Bij Brabant Water heeft een groep van circa 10 managers een grote lekkage van 6 miljoen OLM gewaardeerd op 1,5 miljoen euro. Op basis van een lineair verband tussen het aantal OLM'en en de geldwaarde daarvan leverde de risicomatrix een bedrag van € 0,25 per OLM.

- Tom Walski [5] heeft voorgesteld om de kosten te berekenen die mensen maken als ze tijdens een onderbreking flessenwater gebruiken. Bij een prijs van circa € 1,- per liter en een gemiddeld gebruik van 12 liter per uur per aansluiting, komt dit overeen met de OLM-waarde van € 12,- per uur ofwel € 0,20 per minuut.
- Tot slot kan een inschatting gemaakt worden van de geldwaarde, door te redeneren vanuit de maximaal toelaatbare OLM, die veel bedrijven hanteren. In de rekentool kunnen verschillende geldwaardes voor de OLM worden ingevuld, waarna de optimale sectiegrootte en de OLM berekend worden voor deze situatie. De geldwaarde waarbij de berekende OLM gelijk is aan de maximaal toelaatbare OLM, is dan de waarde die het bedrijf op basis van gangbare praktijk of expertkennis hanteert.

Toepassing van de tool voor optimale sectiegrootte

Bij het openen van de tool kan de gebruiker een aantal invoerparameters opgeven: het aantal aansluitingen en de leidinglengte van het te onderzoeken gebied, en bedrijfsspecifieke parameters zoals de storingsfrequentie, de onderbrekingsduur afhankelijk van de bedrijfsvoering en de gehanteerde kosten. De tool berekent dan de optimale sectiegrootte bij variërende inspectiefrequentie (uit tabel 1), zoals te zien is in afbeelding 6.

De grafiek laat de optimale sectiegrootte zien en de bandbreedte ervan bij de specifieke keuzes van het bedrijf. Bovendien geeft hij de optimale inspectiefrequentie vanuit kostenooqpunt. In dit voorbeeld is dat een inspectie-interval van 3 jaar (met een afsluiterbetrouwbaarheid van 0,95). Een intensievere inspectie leidt tot extra kosten voor afsluiteronderhoud, die blijkbaar niet meer opwegen tegen de verbetering van de OLM. Wel verschuift de curve naar een grotere sectie. Bij een hogere afsluiterbetrouwbaarheid is er immers een kleinere kans op falen.

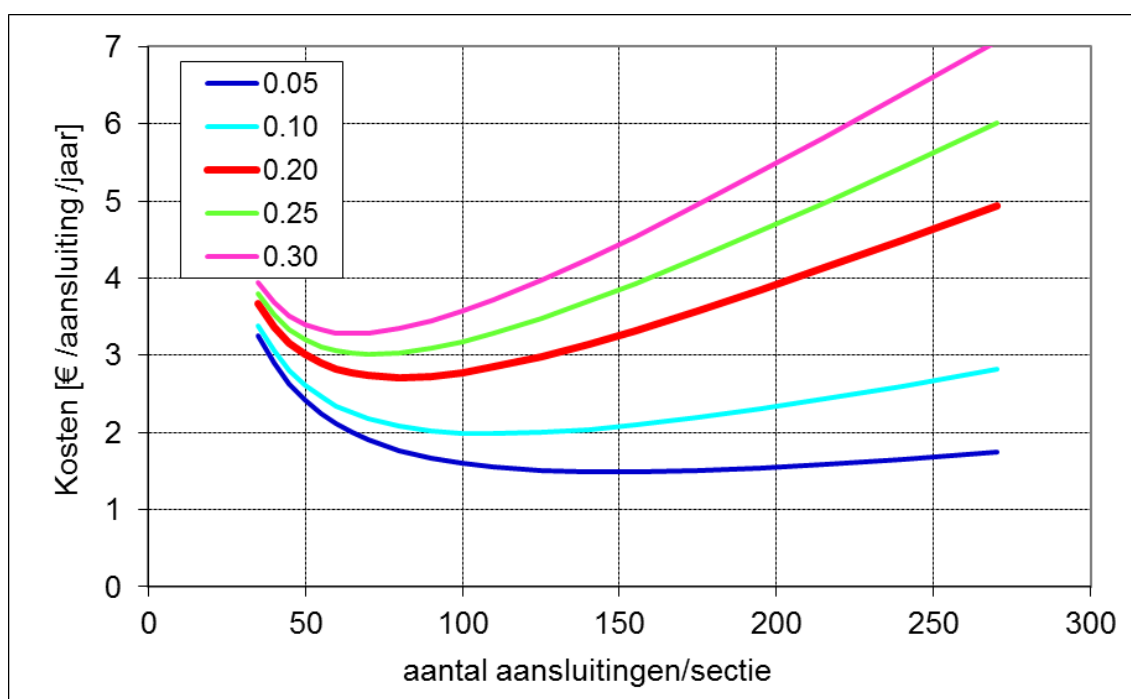


Afbeelding 6. Voorbeeld van berekening van de optimale sectiegrootte bij vijf combinaties van afsluiterbetrouwbaarheid (legenda: B = 1,00 tot 0,87) en bijbehorende geschatte inspectie-interval (tabel 1).

Gevoeligheid van optimale sectiegrootte: wat zijn belangrijke invoerparameters?

De rekentool voor de optimale sectiegrootte heeft een aantal invoerparameters, die door de gebruiker vrij in te vullen zijn afhankelijk van bedrijfsvoering en keuzes die een bedrijf maakt. We hebben onderzocht wat de gevoeligheid van de uitkomst van de berekeningen is voor alle vrije invoerparameters. De parameters storingsfrequentie, onderbrekingsduur, afsluiteraanlegkosten, rentevoet en OLM-waarde hebben binnen het gekozen bereik de grootste invloed op de optimale sectiegrootte. Het is dus belangrijk om de waarden van deze parameters met extra zorg te kiezen. Afbeelding 7 toont de gevoeligheid voor de OLM-waarde en hoe belangrijk de keuze is die een bedrijf hier maakt. Hoe hoger de waarde van de OLM is, des te kleiner worden de optimale sectiegrootte en de bandbreedte. Als een bedrijf helemaal geen geldwaarde toekent aan de OLM, dan verschuift de optimale sectiegrootte naar grote waarden (> 200 aansluitingen per sectie).

Een aantal parameters blijkt nauwelijks invloed te hebben op de optimale sectiegrootte, zoals de kosten voor het openen en sluiten van afsluiters, het informeren van de klanten, en de afschrijvingsperiode van afsluiters.



Afbeelding 7. De gevoeligheid van de optimale sectiegrootte voor de geldwaarde van de OLM (legenda: OLM van 0,05 - 0,30 €/min/aansluiting).

Tool in de praktijk

De tool voor de optimale sectiegrootte kan worden gebruikt voor het ontwerpen van vertakte netten, bijvoorbeeld in renovatieprojecten van bestaande gebieden of bij nieuwbouwggebieden. De invoerparameters kunnen specifiek voor het gebied ingevoerd worden. De constanten in de vergelijking, die de OLM berekent bij een bepaalde sectiegrootte en afsluiterbetrouwbaarheid, zijn bepaald voor een modelgebied en kunnen in eerste instantie gebruikt worden voor een betrouwbare schatting van de optimale sectiegrootte. Uit testen van de tool op andere gebieden, waarvan deze constanten ook bekend zijn, blijkt dat de optimale sectiegrootte maximaal 10 aansluitingen verschilt van de schatting op basis van het model-

gebied. Dit valt binnen de bandbreedte van de optimale sectiegrootte. Alleen bij hele kleine secties kan het belangrijk zijn om met CAVLAR-analyses de constanten voor het gebied te bepalen.

Conclusie

Bij het ontwerpen van vertakte netten voor de distributie van drinkwater is de keuze van de sectiegrootte een essentieel onderdeel. Een rekentool is ontwikkeld, die de optimale sectiegrootte berekent voor een netwerkconfiguratie bij verschillende bedrijfsspecifieke keuzes voor onderhoud en kosten. Hiermee worden de gevolgen inzichtelijk gemaakt van randvoorwaarden en overwegingen van een waterleidingbedrijf ten aanzien van de sectiegrootte. Dit helpt bedrijven beleid te maken in het kiezen van sectiegroottes. Ook kan een waterleidingbedrijf nu een uitspraak doen over hoeveel geld een OLM het bedrijf waard is. Tenslotte blijkt dat er niet gesproken kan worden van 'dé optimale sectiegrootte', maar alleen van 'de optimale sectiegrootte onder deze bedrijfsspecifieke voorwaarden'.

Literatuur

1. Meerkerk, M. (2012). Praktijkrichtlijnen drinkwater; een overzicht van publiek- en privaatrechtelijke ('best practices') regelgeving voor de Nederlandse drinkwatersector. Nieuwegein: KWR.
2. Meerkerk, M., Mesman, G. & Pieterse-Quirijns, E.J. (2009). Handleiding 'CAVLAR', Beschrijving en interpretatie. Nieuwegein: KWR. rapport BTO (s) 2009.003.
3. Vloerbergh, I. & van Thienen, P. (2010). Controlemethodiek afsluiters, afsluiteronderhoud en -beheer. Nieuwegein: KWR, rapport BTO (s) 2010.020, 2010.
4. Lamper, A., Duinmeijer, A., van Duin, L., Verbraak, A., Beets, J., van Noort, M., Geurts van Kessel, R. & Warmerdam, D. (2010). Leidraad voor RAMSHE – LCM-studie. Utrecht: Prorail. Documentnummer HDL00032 versie 2.
5. Walski, T. (2011). How many isolation valves are needed in a water distribution system?. In: Savic, D., Kapelan, Z. & Butler, D. CCWI 2011 Urban Water Management: Challenges and Opportunities. Exeter: Centre for Water Systems, University of Exeter.