



Methode voor bepalen optimale sectiegrootte

op basis van ontwerpen van een specifiek net

KWR 2013.048
Mei 2013

KWR

Watercycle Research Institute

Methode voor bepalen optimale sectiegrootte

op basis van ontwerpen van een specifiek net

KWR 2013.048
Mei 2013

© 2013 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Methode voor bepalen optimale sectiegrootte

Opdrachtnummers

A309208 en A309451

Projectmanager

Ilse Pieterse_Quirijns

Opdrachtgevers

DPW-onderzoek en Brabant Water

Kwaliteitsborger

Mirjam Blokker

Auteurs

Ad Vogelaar en Ilse Pieterse-Quirijns

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgevers zelf.

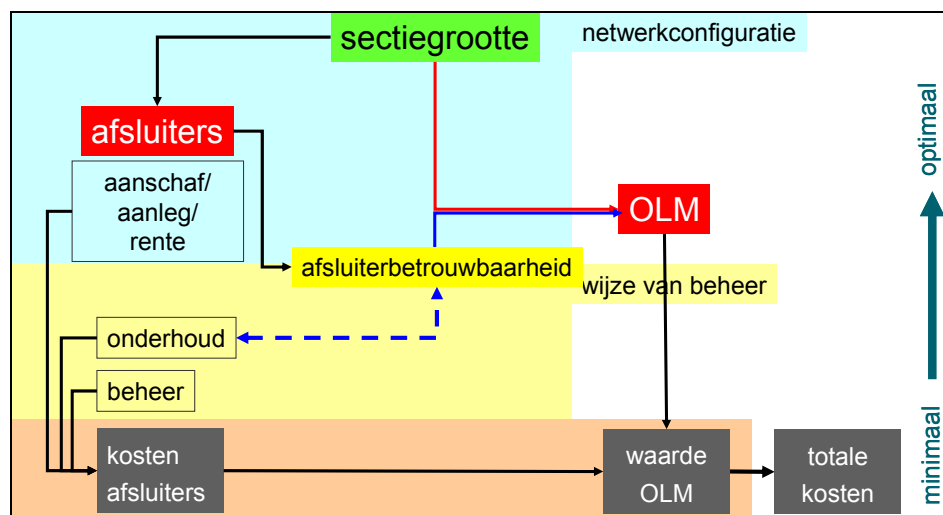
Samenvatting

Dit rapport beschrijft een methode om de optimale sectiegrootte te bepalen. Zowel bij nieuwbouw als bij renovatie is een bandbreedte voor de gewenste sectiegrootte nodig. De sectiegrootte is daarom een belangrijk ontwerpcriterium voor aanleg van vertakte drinkwaternetten.

Bij werkzaamheden of calamiteiten wordt één sectie geïsoleerd terwijl de watervoorziening in het resterende net zoveel mogelijk intact blijft. Met de professionalisering en standaardisering van het leidingnetontwerp is ook belangrijk waar afsluiters moeten worden geplaatst en dus ook hoeveel afsluiters er in een net nodig zijn. Een vergroting van de sectie betekent aan de ene kant lagere investeringskosten en lagere onderhoudskosten voor afsluiters en aan de andere kant een toename van de gemiddelde onderbrekingsduur, uitgedrukt als Ondermaatse LeveringsMinuten (OLM).

De methode heeft de vorm van een spreadsheet en is gebaseerd op optimalisering van kosten. De invoerparameters bestaan uit drie hoofdonderdelen:

- netwerkspecifieke parameters; zoals de gemiddelde leidinglengte per aansluiting;
- bedrijfsparameters omtrent de wijze van beheer en het optreden van storingen in het net en
- kosten voor aanleg, inspectie, beheer en een geldwaarde voor de OLM.



Met de methode worden de randvoorwaarden die een waterleidingbedrijf stelt en overwegingen rondom de sectiegrootte inzichtelijk gemaakt. Er bestond namelijk nog geen algemeen toepasbare vuistregel om tot een optimale sectiegrootte te komen op basis van kosten aanleg, beheer en de OLM-waarde.

Op basis van berekeningen met de rekentool CAVLAR is voor een representatief gebied de relatie tussen de sectiegrootte en OLM bepaald. Uit de analyse van deelgebieden blijkt de methode generiek toepasbaar voor andere vertakte gebieden onder de bepaalde voorwaarden.

Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat de parameters storingsfrequentie, onderbrekingsduur, afsluiterkosten, de rentevoet en de geldwaarde van OLM de grootste invloed hebben op de optimale sectiegrootte. Aanbevolen wordt dus om de waarden van deze invoerparameters met extra zorg te kiezen.

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	10
1.1 Aanleiding en doel	10
1.2 Aanpak en leeswijzer	11
2 OLM Definities	14
3 De relatie tussen sectiegrootte en OLM	16
3.1 Netontwerpen van Ypenburg	16
3.2 CAVLAR-analyse voor variërende sectiegrootte	19
3.3 Relatie tussen sectiegrootte en OLM, bij variërende afsluiterbetrouwbaarheid	21
3.4 Toetsing van de relatie tussen sectiegrootte en OLM voor andere leidingnetten	22
4 Ontwikkeling methode voor optimale sectiegrootte	24
4.1 Methodiek DPW2013	24
4.2 Invoergegevens spreadsheet	25
4.2.1 Netwerkconfiguratie	25
4.2.2 Wijze van beheer	25
4.2.3 Kosten afsluiters en waarde OLM	26
4.3 Resultaat spreadsheet: minimalisatie van kosten	27
5 Toepassing methode voor optimale sectiegrootte	28
5.1 Bepaling van optimale sectiegrootte voor modelgebied	28
5.2 Extra opbrengsten: optimale inspectiefrequentie en inschatting OLM	29
5.3 Gevoeligheidsanalyse van invoerparameters	29
5.4 Discussie waarde OLM	30
5.5 Toepasbaarheid van de methode voor andere gebieden	31
6 Conclusies en aanbevelingen	32
6.1 Conclusies	32
6.2 Aanbevelingen	32
7 Literatuur	34
I Definities van trefwoorden en begrippen	36
II Overzicht van gebruikte vergelijkingen in de spreadsheet	38
III OLM bij DPW-bedrijven	40

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In Nederland worden sinds circa 2000 bij nieuwbouw tertiaire leidingnetten vertakt aangelegd om minder deeltjesophoping in het net te krijgen en zo de kans op bruinwaterklachten te beperken. 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. Om leidingdelen te kunnen isoleren zijn, in een optimale situatie, alleen in dit raamwerk afsluiters geplaatst. Bij werkzaamheden of calamiteiten kan zo één sectie geïsoleerd worden terwijl de watervoorziening in het resterende net zoveel mogelijk intact blijft. Met de professionalisering en standaardisering van het leidingnetontwerp is ook belangrijk waar afsluiters moeten worden geplaatst en dus ook hoeveel afsluiters er in een net nodig zijn. Zowel bij het ontwerpen voor nieuwbouw als bij renovatie is een bandbreedte voor de gewenste sectiegrootte nodig. De sectiegrootte wordt gedefinieerd door zowel het aantal aansluitingen als de totale leidinglengte binnen een sectie.

In de Praktijkrichtlijnen drinkwater (Meerkerk, 2012) zijn de volgende algemene richtlijnen met betrekking tot functie en plaats van afsluiters opgenomen:

1. Afsluiters op transportleidingen zijn belangrijk om de leveringscontinuïteit van een leidingnet te garanderen en externe effecten van een leidingbreuk te beperken. In de praktijk worden afsluiters op transportleidingen op basis van gevoel geplaatst. Om de plaatsing objectief te kunnen bepalen, zijn richtlijnen ontwikkeld (Kivit, 2006).
2. Het secundaire leidingnet is de verbinding tussen het primaire transportnet en het tertiaire zelfreinigende vertakte net. Vanwege leveringscontinuïteit wordt het secundaire net vermaasd uitgevoerd en worden hierin afsluiters geplaatst om eventuele overlast tijdens onderhoud en storingen te beperken. Leveringscontinuïteit en beheersbaarheid zijn dan ook de bepalende factoren voor een functioneel secundair leidingnet. Afsluiters in distributienetten zijn cruciaal voor de continuïteit van de levering van drinkwater en voor de bescherming van consumenten tegen de gevolgen van leidingbreuken en besmettingen. Bij dit soort incidenten en bij reguliere onderhoudswerkzaamheden is het effectief kunnen isoleren van delen van een leidingnet essentieel, om zo de levering van drinkwater in de rest van het leidingnet kwalitatief en kwantitatief te kunnen waarborgen.
3. Een andere functie van afsluiters is het aanpassen van stromingen, zoals voor het scheiden van voorzieningsgebieden, het creëren van verschillende drukgebieden en het sturen van waterstromen ten behoeve van schoonmaken.

In dit project wordt alleen gekeken naar de afsluiters die nodig zijn voor het afsluiten van secties bij werkzaamheden (2^e punt hierboven) en niet naar afsluiters op transportnetten of ten behoeven van spuiwerkzaamheden.

Een vergroting van de sectie betekent aan de ene kant lagere investeringskosten en lagere onderhoudskosten voor afsluiters en aan de andere kant een toename van de aanzegkosten en van de gemiddelde onderbrekingsduur bij leveringsonderbrekingen, uitgedrukt als Ondermaatse LeveringsMinuten (OLM). De optimale sectiegrootte is dus een afweging tussen kosten en OLM. Dat betekent dat moet worden vastgesteld hoeveel geld een OLM waard is, zodat de lagere investerings- en onderhoudskosten kunnen worden afgewogen met de toename van OLM.

Een werkwijze voor minimalisering van kosten met betrekking tot sectiegrootte en afsluiters is in 2004 beschreven (Trietsch en Blokker, 2004). Er wordt daarbij verwezen naar een spreadsheet (Mesman, 2003), zie *Tabel 1-1*. In deze afweging zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er is uitgegaan van een fictief netwerk met overal gelijke sectiegroottes. De uitvoer geeft een optimale waarde voor de sectiegrootte die gebaseerd op gelijke sectiegroottes. Er is gerekend met een gemiddeld aantal aansluitingen per sectie en een gemiddelde leidinglengte per aansluiting. In een reëel netwerk zal altijd sprake zijn van variatie in aantal aansluitingen, leidinglengte per aansluiting en het aantal afsluiters per sectie.

- Er is uitgegaan van een theoretische afsluiterbetrouwbaarheid van 1. Bij een calamiteit binnen een sectie wordt dus aangenomen dat geen naburige secties getroffen worden.
- Alleen de directe kosten zijn meegenomen. De berekende OLM en geldwaarde van een OLM zijn niet meegenomen in de kostenweging.

Tabel 1-1 Voorbeeld van invoerparameters en resultaat optimale sectiegrootte op basis van de spreadsheet van (Mesman, 2003). N.B. door het gehanteerde fictieve netwerk met alleen gemiddelde waarden en een afsluiterbetrouwbaarheid van 1 wordt de berekende OLM onderschat.

aantal aansluitingen	10000	stuks
gemiddelde leidinglengte per aansluiting	8.0	m
gemiddelde aantal afsluiters/sectie	2.45	afsl/sectie
storingfrequentie leiding (x/km/j)	0.04	storing/km/j
onderbrekingsduur	3	uur
kosten afsluiter	1500	euro/afsl
kosten onderhoud en beheer	50	euro/afsl/j
kosten afsluiten en openen	122.5	euro/afsluiting/sectie
kosten aanzeggen	10	euro/aansluiting
rentevoet	4%	%
afschrijvingsperiode	50	jaar
kosten afsluiter per jaar	69.8	euro/afsl/j
optimaal aantal aansluitingen per sectie	210	aantal/sectie
kosten afsluiter/aansluiting	1.41	euro/aansl.j
CI (Customer Interruptions) bij optimale sectiegrootte	0.067	x/aansluitng/j
OLM ten gevolge van afsluiten bij optimale sectiegrootte, B=1 en geen variatie per sectie	12.1	minuten

BTO2003.028 George Mesman

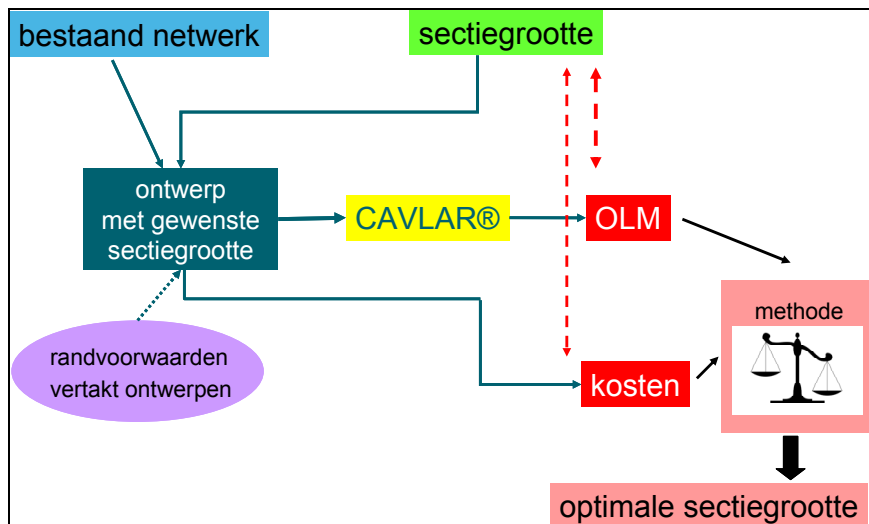
De spreadsheet toont in een grafiek waar het optimum ligt. Wanneer gerekend wordt met praktische waardes blijkt dat het optimum wordt bepaald op een behoorlijk vlakke lijn. De bandbreedte van de gewenste sectiegrootte is dus heel breed. De spreadsheet berekent bovendien een relatief hoge waarde (aantal aansluitingen en leidinglengte) voor de optimale sectiegrootte, vergeleken met wat in de praktijk gebruikelijk is.

Het doel van dit project is om te bepalen hoe de waarde van OLM het beste meegewogen kan worden in het bepalen van de optimale sectiegrootte. Daarbij worden de randvoorwaarden die een waterleidingbedrijf stelt en overwegingen inzichtelijk gemaakt. Er bestaat op dit moment namelijk geen algemeen toepasbare vuistregel om tot een optimale sectiegrootte te komen op basis van kosten aanleg, beheer en de OLM-waarde.

1.2 Aanpak en leeswijzer

In dit project staat de bepaling van de optimale sectiegrootte centraal. Hiervoor is de volgende aanpak gevolgd zie ook Figuur 1-1:

- Van een bestaand netwerk zijn verschillende ontwerpvarianten gemaakt, die alleen verschillen in afsluiterconfiguratie, met name in de sectiegrootte. Bij het bepalen van de varianten is telkens rekening gehouden met randvoorwaarden voor een goed ontwerp.
- Van de verschillende ontwerpen zijn de directe kosten voor aanleg van afsluiters bepaald. Er is geen rekening gehouden met de eventuele verschillen in kosten voor leidingaanleg vanwege andere lengtes en diameters.
- Verschillende leidingnetontwerpen met een variërende sectiegrootte en variërende afsluiterbetrouwbaarheid zijn doorgerekend met de softwaretool CAVLAR® (Meerkerk e.a., 2009) om het effect van een bepaalde sectiegrootte op de OLM door te rekenen.
- Er is een inschatting gemaakt van de kosten die horen bij de gegeven afsluiterbetrouwbaarheid (inspectiefrequentie en inspectiekosten) en de geldwaarde van een OLM. Dit geeft inzicht in de gevolgen van een grotere sectie op de prestatie en kosten van het leidingnet.
- Met behulp van deze uitkomsten is een rekenmodel uitgewerkt om op basis van kentallen een optimale sectiegrootte te bepalen. Dit rekenmodel in de vorm van een spreadsheet is de kern van de methode.



Figuur 1-1 Aanpak voor ontwikkeling van een methode voor de optimale sectiegrootte

In hoofdstuk 2 worden eerst een aantal begrippen en definities rond OLM beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe voor een representatief netwerk de relatie is bepaald tussen de sectiegrootte en OLM. Vervolgens is een methode ontwikkeld voor het bepalen van de optimale sectiegrootte (hoofdstuk 4). Deze methode is toegepast in hoofdstuk 5 waar een gevoeligheidsanalyse laat zien hoe de verschillende parameters de optimale sectiegrootte beïnvloeden. Hoofdstuk 6 eindigt met conclusies en aanbevelingen. In de bijlagen worden de begrippen en gehanteerde vergelijkingen in de spreadheet toegelicht en verder kort ingegaan op de huidige praktijk bij de DPW-bedrijven voor wat betreft ontwerp van afsluitersecties en gemeten OLM.

2 OLM Definities

Met betrekking tot het begrip OLM zijn de volgende definities van belang (Blokker, 2010):

- Ondermaatse leveringsminuten (OLM) betreft het aantal minuten dat een verbruiksadres ofwel **A)** géén water geleverd krijgt (leveringsonderbreking) ofwel **B)** water geleverd krijgt onder onvoldoende (ondermaatse) druk of **C)** niet van de vereiste drinkwaterkwaliteit (oftewel ondermaatse waterkwaliteit). In de benchmark is alleen onderdeel A) opgenomen; een aantal waterbedrijven registreert ook B), maar C) is niet geïmplementeerd.
- Voor wat betreft de oorzaak wordt onderscheid gemaakt in geplande ondermaatse levering (waarvan de klant van te voren wel of niet op de hoogte is gebracht) en ongeplande ondermaatse levering (ten gevolge van spontane storingen, schade door derden of ten gevolge van een fout van het eigen bedrijf).

OLM is gedefinieerd als het aantal minuten dat een klant (een aansluiting) gemiddeld per jaar geen water geleverd krijgt. Dat betekent in de praktijk dat geregistreerd moet worden voor iedere onderbreking hoe lang deze duurt en hoeveel klanten getroffen worden.

In het kader van dit project gaat het om (geplande en ongeplande) onderbrekingen in het leidingnet, waarbij het aantal getroffen klanten wordt bepaald door de grootte van de afsluitersectie en de betrouwbaarheid van afsluiters. Wanneer een afsluiter faalt wordt ook de naastliggende sectie getroffen. In dit geval kan de gemiddelde OLM grofweg worden berekend met de volgende formule.

$$OLM = \frac{\sum_{\text{sectie}} \text{onderbrekingsduur} \cdot \text{sectiegrootte} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{sectielengte}}{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte}} \approx \frac{\text{onderbrekingsduur} \cdot \text{sectiegrootte} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{sectielengte} \cdot \text{aantal secties}}{\text{sectiegrootte} \cdot \text{aantal secties}}$$

Hierin is de bovenste formule de exacte zoals CAVLAR die bijvoorbeeld ook berekent. De onderste is een benadering met gemiddelde sectiegroottes. Bij een meer variabele sectiegrootte is de afwijking van de benadering niet te verwaarlozen, een verschil van 20% kan gemakkelijk optreden. Er geldt dan

$$OLM = \frac{\sum_{\text{sectie}} \text{onderbrekingsduur} \cdot \text{sectiegrootte} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{sectielengte}}{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte}} \approx \frac{\text{onderbrekingsduur} \cdot \text{sectiegrootte} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{sectielengte} \cdot \text{aantal secties}}{\text{sectiegrootte} \cdot \text{aantal secties}} \cdot V$$

Waarin **V** een (variatie)factor is die benaderd kan worden door:

$$V = \frac{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte} \cdot \text{sectielengte} \cdot \sum_{\text{sectie}} 1}{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte} \cdot \sum_{\text{sectie}} \text{sectielengte}} = \frac{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte} \cdot \text{sectielengte} \cdot \text{aantal secties}}{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte} \cdot \sum_{\text{sectie}} \text{sectielengte}}$$

Er kunnen nu verschillende typen OLM worden beschreven:

$$OLM_{CAVLAR} = \frac{\sum_{\text{sectie}} \text{onderbrekingsduur} \cdot \text{sectiegrootte} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{sectielengte}}{\sum_{\text{sectie}} \text{sectiegrootte}}$$

en

$$OLM_{\text{theoretisch}} = \frac{\text{onderbrekingsduur} \cdot \text{sectiegrootte} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{sectielengte} \cdot \text{aantal secties}}{\text{sectiegrootte} \cdot \text{aantal secties}} \cdot V$$

Bovenstaande vergelijking voor berekening van theoretische OLM-waardes geldt onder de volgende voorwaarden:

- een afsluiterbetrouwbaarheid van 1,
- dat er geen afhankelijke secties voorkomen en
- er geen secties zijn met nul aansluitingen, zoals vaak wel het geval is bij hoofd- en transportleidingen en bij afsluiterknooppunten.

Voor het berekenen van de OLM voor diverse leidingontwerpen bij lagere afsluiterbetrouwbaarheden is voor dit project de softwaretool CAVLAR gebruikt. De theoretische OLM in relatie tot de sectiegrootte wordt vervolgens op een andere manier beschreven, zie § 3.3.

3 De relatie tussen sectiegrootte en OLM

Op basis van analyses met CAVLAR is voor een representatief gebied de relatie tussen de sectiegrootte en de OLM bepaald. Hierbij zijn de volgende stappen verricht:

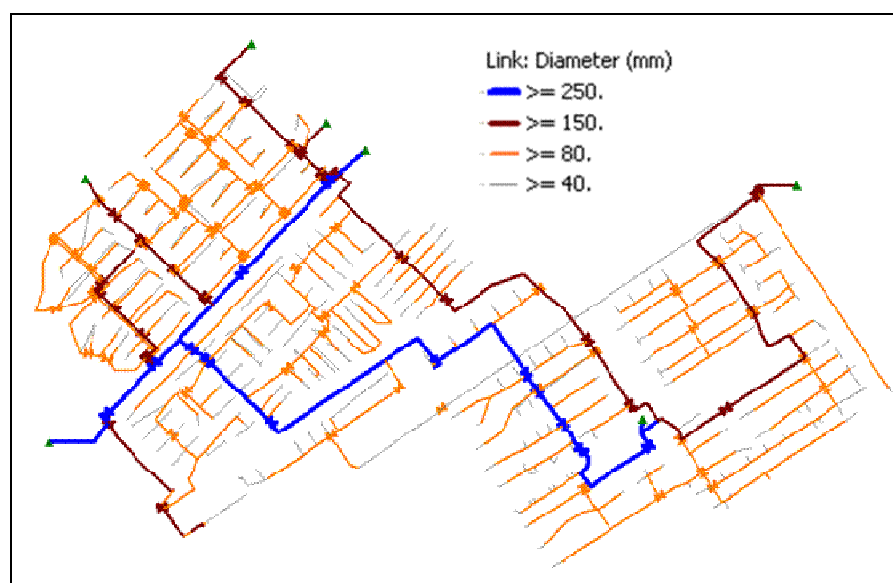
1. het maken van verschillende ontwerpen van een netwerk met variërende sectiegroottes voor de vertakte netten (paragraaf 3.1)
2. het bepalen van de OLM per sectiegrootte met behulp van CAVLAR (paragraaf 3.2)
3. het afleiden van een relatie tussen sectiegrootte, OLM en andere parameters (paragraaf 3.3)

3.1 Netontwerpen van Ypenburg

Een deel van de wijk Ypenburg in het voorzieningsgebied van Dunea is als representatief gebied voor deze studie gekozen om de volgende redenen:

- het betreft een nieuwbouwwijk met een reeds vertakt net als basis,
- de wijk is groot genoeg om voldoende variabele sectiegroottes door te voeren en
- er was een voldoende gedetailleerd model beschikbaar.

Het gekozen modelgebied Ypenburg heeft een leidingnet met circa 5800 aansluitingen, 47 km leiding en gemiddeld 75 aansluitingen/sectie; zie Figuur 3-1. De hoofdleidingen met diameter > 500 mm die het gebied doorkruisen zijn buiten beschouwing gelaten omdat deze binnen dit project niet relevant zijn.



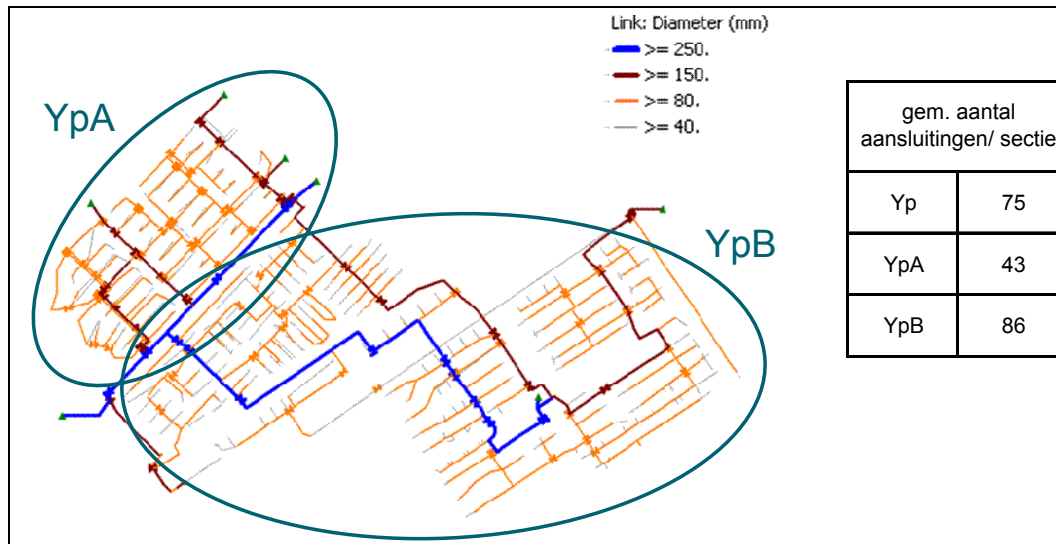
Figuur 3-1 Weergave van huidig leidingnet Ypenburg (modelgebied Yp)

De projectopzet is om sectiegroottes te maken in de range van circa 50, 100, 150, 200 en 250 aansluitingen. Via een getrapte aanpak is dit gelukt. Hieronder volgt een korte beschrijving:

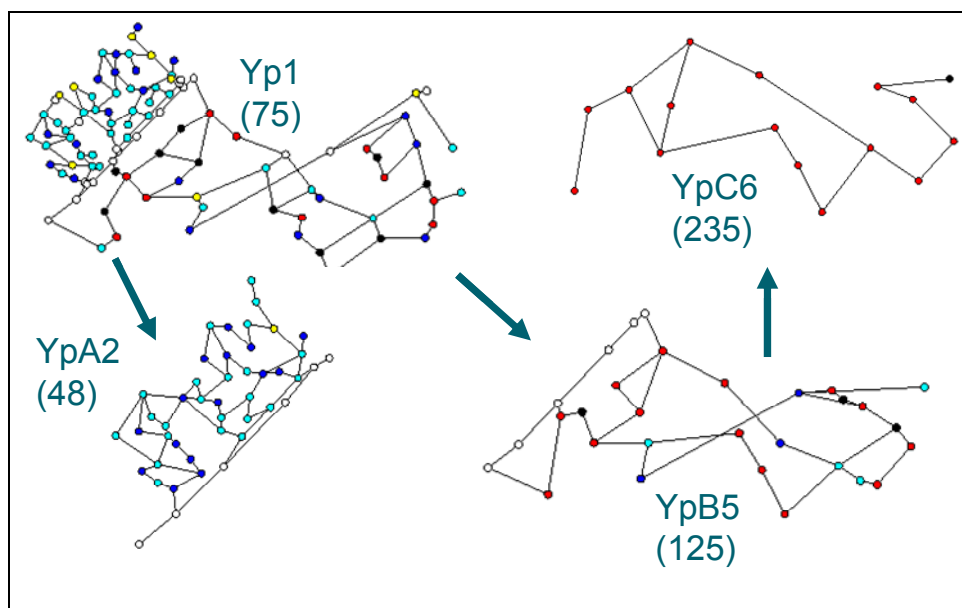
- Aanpak 1: Vanuit basismodel Yp (model 1; huidige situatie) met een sectiegrootte van 75 aansluitingen/sectie zijn nieuwe ontwerpen gemaakt door of afsluiters bij te plaatsen (kleinere secties in model 2) of juist afsluiters te verwijderen en zo nodig aanvullend netten vertakt te maken door koppelingen te knippen (model 3 t/m 6). Het resultaat hiervan is weergegeven in Tabel 3-1; kolom Yp. De maximale gemiddelde sectiegrootte bedraagt 186 bij model Yp6. Het bleek praktisch onmogelijk om het gemiddeld aantal aansluitingen nog verder vergroten omdat dan een nagenoeg nieuw ontwerp gemaakt diende te worden.
- Aanpak 2: Om relatief eenvoudig grotere secties dan 200 te verkrijgen is het gebied gesplitst in YpA en YpB (Figuur 3-2). In gebied YpB is al tijdens de aanleg een relatief grotere sectiegrootte doorgevoerd dan bij YpA; 86 ten opzichte van gemiddeld 43 in YpA. Doordat er echter 7 secties op

een hoofdleiding voorkomen met 0 aansluitingen bedraagt de gemiddelde sectiegrootte van YpB6 echter slechts 171 aansluitingen.

- Aanpak 3: Om een gemiddelde sectiegrootte van 250 aansluitingen te benaderen, is de hoofdleiding met een aantal secties met geen aansluitingen buiten het model gelaten. Deze variant is model YpC genoemd. Dit gaf uiteindelijk een benadering van de sectiegrootte volgens de oorspronkelijke opzet; zie ook Figuur 3-3.



Figuur 3-2 Overzicht van modelgebieden YpA en YpB

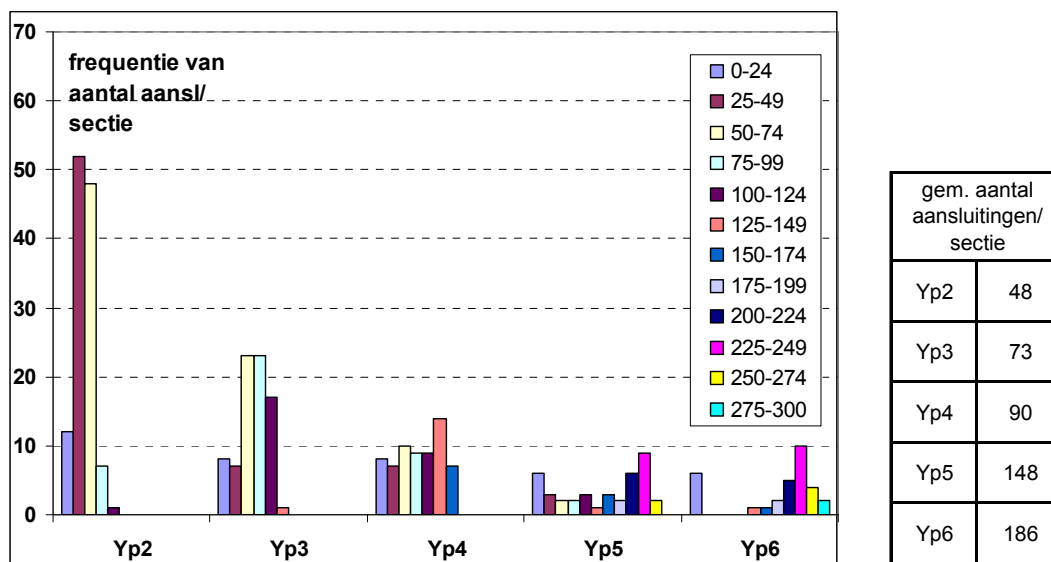


Figuur 3-3 Voorbeeld van aanmaak van verschillende modelgebieden en varianten (CAVLAR-sectiediagram; knopen zijn secties en lijnen zijn afsluiters)

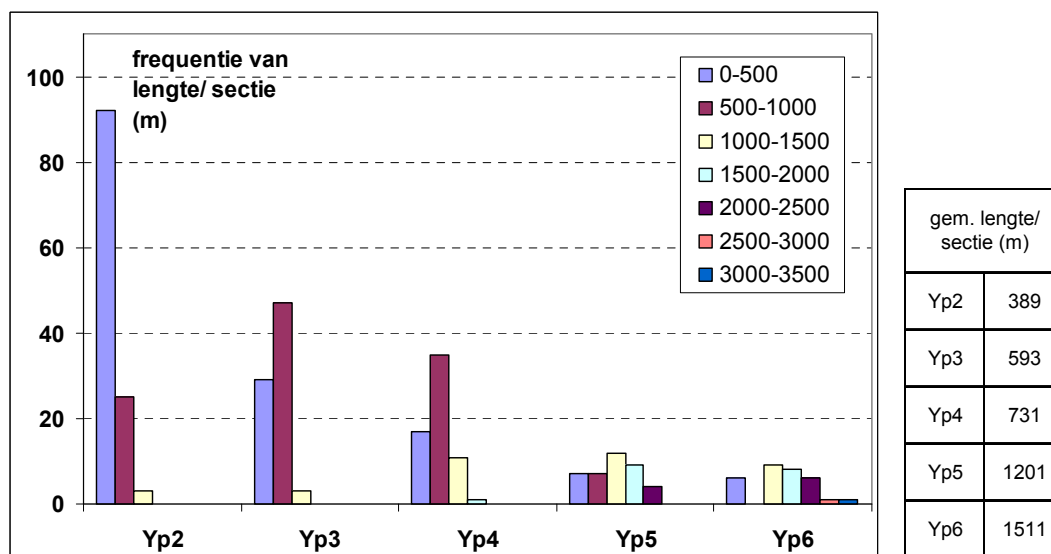
Het resultaat is vier 'modelgebieden' met elk een range van 5 oplopende sectiegroottes; zie Tabel 3-1. In feite zijn alleen YpA en YpB twee verschillende gebieden met een overlap van een hoofdleiding die de toevoer naar beide gebieden verzorgt. Omdat niet alleen de gemiddelde sectiegrootte van belang is voor de OLM maar ook de variatie in sectiegrootte zijn als voorbeeld histogrammen voor model Yp2 t/m Yp6 met het aantal aansluitingen (Figuur 3-4) en lengte per sectie (Figuur 3-5) weergegeven. Verder is voor de OLM ook het aantal afsluiters per sectie en de variatie daarin van belang; zie Figuur 3-6.

Tabel 3-1 Kerngegevens van modelgebieden en modelvarianten met oplopende sectiegrootte

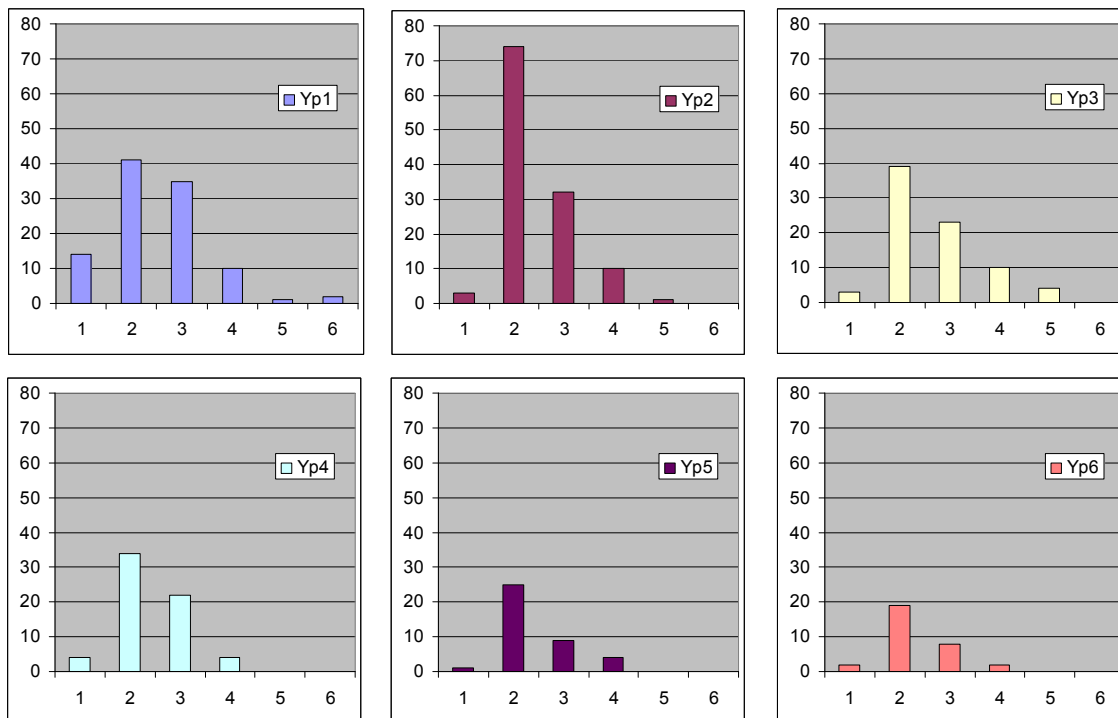
modelgebied	Yp	YpA	YpB	YpC
aantal aansluitingen	5757	1993	3764	3764
lengte (m)	46900	14787	33347	30600
gemiddelde lengte/aansl (m)	8.15	7.42	8.86	8.13
aantal secties met nul aansluitingen	7	7	7	0
	gem. aantal aansluitingen/ sectie			
modelvarianten	Yp	YpA	YpB	YpC
model 1 (huidige situatie)	75	43	86	
model 2	48	44	46	52
model 3	73	69	67	78
model 4	90	71	90	108
model 5	148	125	125	164
model 6	186		171	235



Figuur 3-4 Histogram met aantal aansluitingen per sectie van de varianten Yp2 t/m Yp6



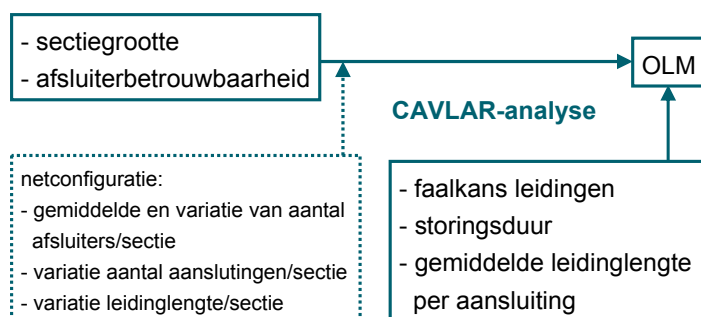
Figuur 3-5 Histogram met leidinglengte per sectie van de varianten Yp2 t/m Yp6



Figuur 3-6 Histogram met aantal afsluiters per sectie van de varianten Yp1 t/m Yp6

3.2 CAVLAR-analyse voor variërende sectiegrootte

CAVLAR® is een softwaretool waarmee het effect van een bepaalde afsluiterconfiguratie op de OLM berekend kan worden; zie Figuur 3-7. De berekende OLM met CAVLAR betreft alleen de situatie van geen levering van water tijdens isolatie van een sectie. De relatie wordt bepaald aan de hand van de verkregen netwerkconfiguraties uit de vorige paragraaf.



Figuur 3-7 Relatiediagram 'sectiegrootte-OLM' via CAVLAR-analyse

Bij het bepalen van de relatie tussen 'sectiegrootte en OLM' speelt de afsluiterbetrouwbaarheid een belangrijke rol. Daarnaast zijn een aantal nevenfactoren van beperkte invloed zoals de variatie van het aantal afsluiters per sectie en de variatie in sectiegrootte. Een gemiddelde sectiegrootte van 80 aansluitingen variërend van 20 tot 140 aansluitingen zal naar verwachting een hogere OLM geven dan een gemiddelde sectiegrootte van 80 met een kleinere bandbreedte van bijvoorbeeld 60 tot 100 aansluitingen per sectie. Daarnaast is een aantal invoerparameters van CAVLAR, zoals de gemiddelde storingsfrequentie van leidingen, de onderbrekingsduur en de gemiddelde leidinglengte per aansluiting direct van invloed op de hoogte van de OLM maar niet bepalend in de afweging van de optimale sectiegrootte.

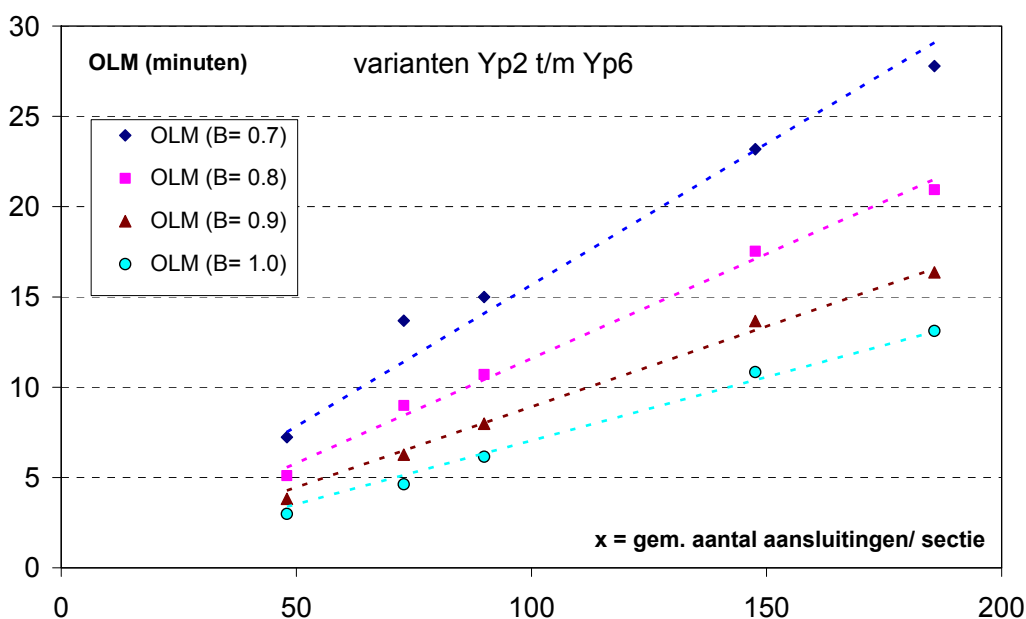
CAVLAR berekent per run prestatie-indicatoren voor een netconfiguratie, zoals impact en ondermaatse leveringsminuten (OLM) en wordt hier gebuikt bij de optimalisatie van de sectionering van het leidingnet. Daarbij wordt rekening gehouden met verschillende onderhoudscenari'o's. Voor een uitgebreide beschrijving van CAVLAR wordt verwezen naar (Meerkerk e.a, 2009).

Tabel 3-2 geeft een overzicht van de berekende OLM voor modelgebied Yp. Modelvariant Yp1 is de oorspronkelijke configuratie zonder verdere aanpassing en wordt in de verdere analyse niet meegenomen. In variant Yp1 komen namelijk nog afhankelijke secties voor en voldoet daarom niet aan de gewenste opzet voor vertakte netten. Het meenemen van Yp1 zou verstrend werken bij het bepalen van de relatie tussen sectiegrootte en OLM. De modelvarianten Yp2 t/m Yp6 zijn de gewenste modelvarianten zonder afhankelijke secties met oplopende sectiegrootte.

Zoals te verwachten, neemt de OLM toe bij oplopende sectiegrootte en ook bij een afname van de betrouwbaarheid van de afsluiters. Er is in CAVLAR gerekend met de volgende 'standaardwaarden': storingsfrequentie van 0,04 storings/km.j en gemiddelde onderbrekingsduur van 180 minuten. Model Yp2 met een afsluiterbetrouwbaarheid van 1.0 geeft bijvoorbeeld een berekende OLM van 3 minuten; model Yp6 met een gemiddelde sectiegrootte van 186 en een afsluiterbetrouwbaarheid van 0.7 geeft een OLM van 28 minuten. In Figuur 3-8 is het verband tussen sectiegrootte en OLM per afsluiterbetrouwbaarheid uitgezet.

Tabel 3-2 Verband tussen sectiegrootte en OLM voor modelgebied Yp

Storingsfrequentie leidingen = 0,04 storings/km.j			Betrouwbaarheid van afsluiters			
Onderbrekingsduur = 180 min			0.7	0.8	0.9	1.0
model-variant	gem. aantal aansl/ sectie	gem. aantal afsl/ sectie	berekende OLM (mm:ss) via CAVLAR			
Yp1 (huidig)	75	3.10	13:07	09:12	06:46	05:10
Yp2	48	2.43	07:14	05:06	03:49	02:59
Yp3	73	2.66	13:41	08:59	06:16	04:37
Yp4	90	2.41	15:00	10:42	07:59	06:09
Yp5	148	2.41	23:11	17:32	13:40	10:50
Yp6	186	2.32	27:47	20:56	16:22	13:07



Figuur 3-8 Verband tussen sectiegrootte en OLM voor modelgebied Yp

3.3 Relatie tussen sectiegrootte en OLM, bij variërende afsluiterbetrouwbaarheid

Om de relatie tussen de sectiegrootte en de OLM voor verschillende afsluiterbetrouwbaarheden in één formule te verkrijgen, is gekozen voor de machtsvergelijking:

$$\text{OLM} = a \cdot B^p \text{ (gemiddeld aantal aansluitingen per sectie)}$$

waarbij:

OLM = het aantal ondermaatse leveringsminuten zoals berekend door CAVLAR

a = constante die gefit wordt uit berekende CAVLAR-waarden; voor modelgebied Yp fig 3.8 voor afsluiterbetrouwbaarheid B=1

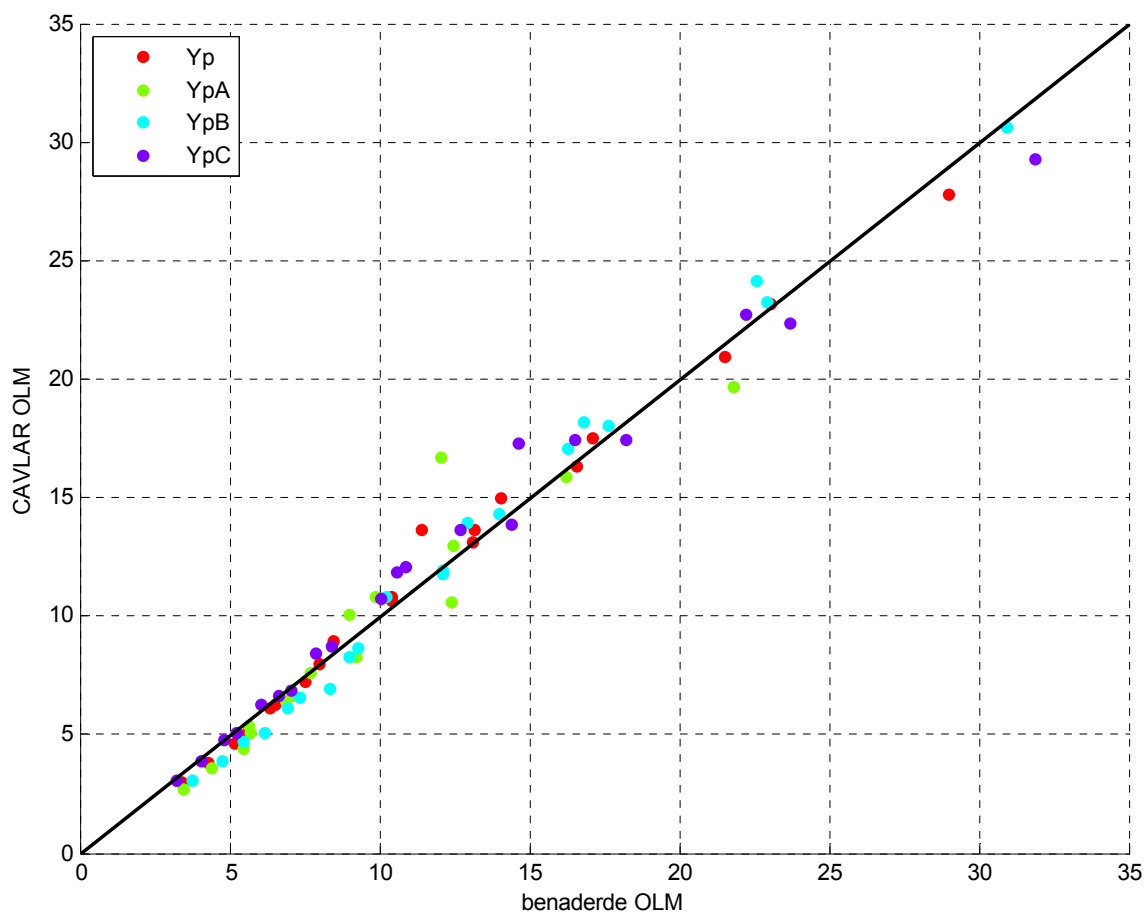
B= afsluiterbetrouwbaarheid

p= machtsfactor; gefit op basis van de overige CAVLAR-waarden (B=0,7 tot 1) uit fig 3.8 en de CAVLAR-data van de ontwerpgebieden YpA, YpB en YpC.

De waarde van constante **a** hangt lineair samen met de ingevoerde storingsfrequentie van 0,04 (storing/km.jaar) en de aangehouden onderbrekingsduur van 180 minuten in de CAVLAR-analyses en verder met de gemiddelde leidinglengte per aansluiting en met de variatie (factor V) in leidinglengte en aantal aansluitingen per sectie; zie ook hoofdstuk 2

De waarde **p** is afhankelijk van de vorm van de netconfiguratie, het gemiddeld aantal afsluiters per sectie en verder ook weer van de variatie in aantal afsluiters, leidinglengte en aantal aansluitingen per sectie.

Tabel 3-3 geeft de gefitte variabelen voor a en p van de ontwerpgebieden Yp, YpA, YpB en YpC weer. Bij deze waarden wordt via de bovenstaande machtsvergelijking de berekende waarde voor CAVLAR het best benaderd zoals weergegeven in Figuur 3-9.



Figuur 3-9 Verband tussen de met de vergelijking benaderde OLM en de OLM berekend met CAVLAR voor modelgebieden Yp, YpA, YpB en YpC

Tabel 3-3 Gefitte parameters a en p voor modelgebieden Y_p , Y_{pA} , Y_{pB} en Y_{pC}

modelgebieden	a	p
Y_p	0.070	-2.25
Y_{pA}	0.079	-2.18
Y_{pB}	0.081	-2.26
Y_{pC}	0.061	-2.22
Gemiddeld Ypenburg	0.069	-2.23

3.4 Toetsing van de relatie tussen sectiegrootte en OLM voor andere leidingnetten

Om de relatie tussen OLM en sectiegrootte uit § 3.3 te toetsen voor andere gebieden is deze vergelijking herschreven met behulp van de definitie uit hoofdstuk 2. De waarde voor a uit de vergelijking

$OLM = a \cdot B^p$. gemiddeld aantal aansluitingen per sectie wordt dan herschreven als

$OLM = V \cdot \text{onderbrekingsduur} \cdot \text{storingsfrequentie} \cdot \text{gemiddelde leidinglengte per aansluiting} \cdot B^p$.
gemiddeld aantal aansluitingen per sectie

waarbij:

OLM = het aantal ondermaatse leveringsminuten zoals berekend door CAVLAR

V = variatiefactor

B = afsluiterbetrouwbaarheid

p = machtsfactor

Met deze vergelijking is het mogelijk om ook voor andere gebieden de relatie tussen de met CAVLAR berekende OLM en de sectiegrootte te vergelijken. Naast het gemiddelde voor modelgebied Y_p (Ypenburg) zijn voor drie afzonderlijke configuraties van Y_{pA} , Y_{pB} en Y_{pC} de waarden van V en p gefit en verder voor twee totaal andere gebieden waarvan berekende CAVLAR-waarden via adviesprojecten beschikbaar zijn.

In Tabel 3-4 zijn de belangrijkste kenmerken van de netconfiguraties met de gefitte waarden voor V en p weergegeven. De waarde voor V wordt bepaald uit de berekende CAVLAR-OLM voor afsluiterbetrouwbaarheid (B) = 1 en de betreffende gemiddelde sectiegrootte. De waarde voor p is vervolgens met berekende CAVLAR-waarden gefit voor de andere waarden van de afsluiterbetrouwbaarheid ($B = 0,7$ tot $0,95$).

Tabel 3-4 Gefitte parameters V en p voor modelgebieden Y_p , Y_{p4A} , Y_{p3B} , Y_{p2C} , HZ#2 (Hoogezand) en ZW#2 (Zonderwijk)

configuratie	aantal aansluitingen	totale leidinglengte (m)	gem. aantal afsuiters/sectie	gem. aantal aansluitingen/sectie	variatiefactor a	machtsfactor p	kenmerken van beschouwd netwerk	bron/rapportage
Y_p	5757	46900	2.45	48-235	0.069	1.17	V en p gefit op basis van analyse van Y_p , Y_{pA} , Y_{pB} en Y_{pC}	dit rapport
Y_{p2C}	3764	30450	2.28	52	0.060	1.03	excl hoofdleiding met secties zonder aansluitingen	
Y_{p3B}	3764	33347	2.36	67	0.071	1.11	17% van secties heeft nul aansluitingen	
Y_{p4A}	1993	14787	2.14	71	0.075	1.41	25% van secties heeft nul aansluitingen	
HZ#2	15366	242556	2.78	36	0.208	1.83	niet vertakt, 16% afhankelijke secties en 22% secties heeft nul aansluitingen	Vogelaar, 2012
ZW#2	1628	17378	4.14	39	0.118	1.23	niet vertakt; 12% secties heeft nul aansluitingen	Vogelaar, 2011

De variatiefactor V is een maat voor de variatie in aantal aansluitingen en de leidinglengte per sectie en het al dan niet aanwezig zijn van afhankelijke secties. Bij een denkbeeldige configuratie met exact gelijke secties bedraagt $V = 1$. De gefitte waarden voor V variëren van 1.03 voor Yp3C met nagenoeg identieke sectiegroottes tot 1.83 bij configuratie HZ#2 met grote variatie in sectiegrootte en aanwezigheid van afhankelijke secties.

De waarde van p heeft correlatie met het gemiddeld aantal afsluiters per secties maal -1 en is daarnaast ook afhankelijk van de variatie in sectiegrootte en de aanwezigheid van afhankelijke secties.

Uit deze toetsing concluderen we dat de gefitte waarden van V (1.17) en p (-2.23) voor de configuratie Yp (Ypenburg) goed te verklaren zijn ten opzichte van andere netontwerpen en als basis kunnen dienen voor een methode voor het bepalen van de optimale sectiegrootte.

4 Ontwikkeling methode voor optimale sectiegrootte

4.1 Methodiek DPW2013

De basis van de in dit rapport voorgestelde methode is minimalisering van kosten. Er wordt daarbij alleen gerekend met kosten die een relatie hebben met de sectiegrootte. De kosten betreffen enerzijds de kosten voor aanleg, inspectie, onderhoud en bediening van de afsluiters. Anderzijds beïnvloedt de sectiegrootte de leveringscontinuïteit, wat ook een bepaalde geldwaarde vertegenwoordigt. Waterbedrijven streven namelijk naar een zo hoog mogelijke continuïteit tegen aanvaardbare kosten. Het niet halen van 100% levering kwantificeren we als OLM-kosten en kapitaliseren we in euros/jaar. Er is dus om een contante waarde aan OLM toegekend zodat tegen de directe afsluiterkosten kan worden afgewogen.

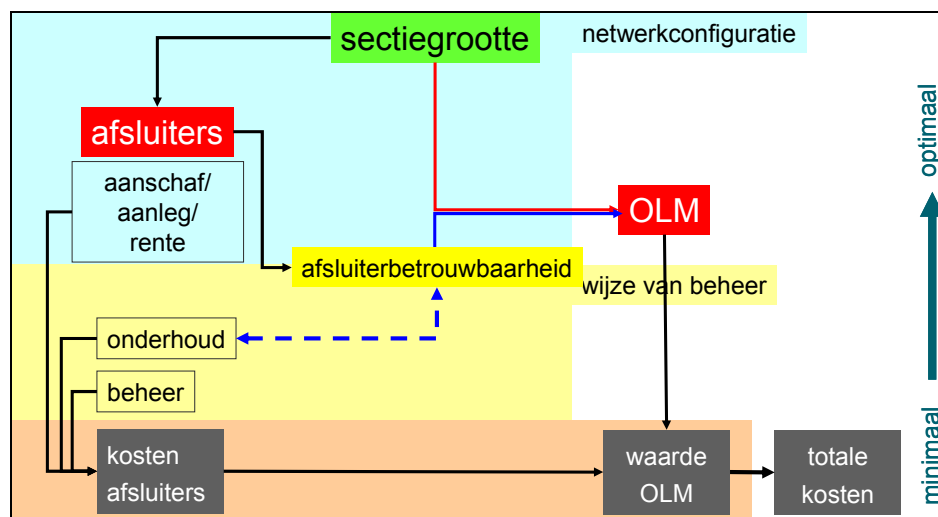
De voorgestelde methode DPW2013 borduurt voort op de spreadsheet uit 2003 (Mesman, 2003). De methode is gebouwd als spreadsheet en is schematisch beschreven in Figuur 4-1 en heeft drie hoofdonderdelen met invoerparameters (Tabel 4-1):

- netconfiguratie (lichtblauw vlak): sectiegrootte, aantal en locatie van afsluiters; gemiddelde leidinglengte per aansluiting en per sectie.
- beheer (gele vlak): inspectie, onderhoud en beheer van afsluiters; dit leidt tot een bepaalde afsluiterbetrouwbaarheid voor het leidingnet
- kosten (oranje vlak): de keuze voor een bepaalde netwerkconfiguratie en de wijze van beheer leiden tot kosten met betrekking tot afsluiters en een berekende waarde voor OLM.

Binnen de methode wordt gebruik gemaakt van de relatie tussen:

- sectiegrootte, afsluiterbetrouwbaarheid en OLM, zoals bepaald paragraaf 3.3 en 3.4
- de wijze van onderhoud (inspectiefrequentie) en afsluiterbetrouwbaarheid.

Via een spreadsheetberekening worden bij gewijzigde invoer van parameters direct de kosten berekend voor een range van sectiegroottes. De sectiegrootte met de laagste totale kosten wordt daarbij als optimaal aangemerkt.



Figuur 4-1 Bepalingsmethode voor de optimale sectiegrootte DPW 2013

Tabel 4-1 Onderdelen en parameters bij het bepalen van de optimale sectiegrootte

Netwerkconfiguratie	Leidinglengte per aansluiting Aantal afsluiters per sectie Variatie in lengte, aantal aansluitingen en aantal afsluiters per sectie
Wijze van beheer	Storingsfrequentie leidingen Onderbrekingsduur Inspectiefrequentie van afsluiters Betrouwbaarheid van afsluiters
Kosten afsluiters en waarde OLM	Aanschaf, aanleg, afschrijving en rente afsluiters Aanzeggen, afsluiten, openen en inspectie Waarde van OLM (euro /min.aansl)

4.2 Invoergegevens spreadsheet

Hieronder zijn de onderdelen van de methode in meer detail toegelicht.

4.2.1 Netwerkconfiguratie

In het onderdeel Netwerkconfiguratie staat gebiedspecifieke invoer; de vrije (in te vullen) parameters voor bepaling van de optimale sectiegrootte zijn het **aantal aansluitingen en de totale leidinglengte** in km; dit leidt tot een berekende gemiddelde leidinglengte per aansluiting.

De variatie in lengte en variatie in aantal aansluitingen per sectie zitten verwerkt in de **vaste berekende parameters V en p** uit het vorige hoofdstuk. Het **gemiddeld aantal afsluiters per sectie** wordt voor een modern vertakt net op basis van de ontwerpen voor Ypenburg gesteld op een vaste waarde van 2,45 en is gekoppeld aan de berekende waarden van V en p.

4.2.2 Wijze van beheer

In paragraaf 3.2 zijn bij de berekening in CAVLAR de 'standaardwaarden' 0,04 storings per km per jaar en een gemiddelde onderbrekingsduur van 180 minuten aangehouden. In de spreadsheet kunnen hiervoor desgewenst andere waarden ingevuld worden.

In Tabel 4-2 wordt als voorbeeld een range van storingsfrequenties weergegeven voor de materialen PVC en asbestcement (AC). De uiteindelijk in te voeren waarde voor de **storingsfrequentie** dient representatief te zijn voor het gebruikte leidingmateriaal (veelal PVC) en de gemiddelde storingsfrequentie gedurende de levensduur van de leiding inclusief storings door derden en aan appendages die isolatie van een sectie tot gevolg hebben. In het voorbeeld in dit rapport zijn we uitgegaan van 0,04 als een waarde voor PVC inclusief storings door derden en storings aan appendages.

Tabel 4-2 Voorbeelden van storingsfrequenties gerelateerd aan materialen PVC en AC (van Daal, 2012). Oorzaak door derden en storings aan appendages (bijvoorbeeld aan aansluitadels) zijn in deze rapportage niet meegenomen.

materiaal	situatie	storingsfrequentie (storing/km/jaar)
PVC	lage zittingsgevoeligheid	0.010
PVC	gemiddeld	0.021
PVC	met zetting	0.027
AC	gemiddeld	0.044
AC	kalkarm	0.052
AC	middenklasse kalkrijkdom + aanleg voor 1965	0.074
AC	kalkarm + aanleg voor 1965	0.112

De in te voeren **onderbrekingsduur** wordt in de spreadsheetmethode gebruikt om het aantal minuten te bepalen waarbij geen levering van water plaatsvindt (OLM). Er wordt gerekend vanaf het moment van isolatie van een sectie tot het weer opheffen van de isolatie. De tijdsduur tussen de storing en isolatie wordt niet meegenomen. De tijdsduur waarbij eventueel wel water wordt geleverd maar bij een te lage druk en/of van een slechte waterkwaliteit wordt eveneens niet meegerekend.

De relatie tussen **afsluiterbetrouwbaarheid** en het **inspectie-interval** in Tabel 4-3 is geschat op basis van praktijkgegevens. De inspectiegegevens van PWN tonen een significante toename van de afsluiterbetrouwbaarheid (van 90-91% naar 95%) na het doorlopen van de eerste cyclus van een nieuw ingevoerd driejaarlijks inspectieregime (Vloerbergh en Van Tienen, 2010). Het is mogelijk om in de spreadsheet de afsluiterbetrouwbaarheden en inspectie-intervallen aan te passen.

Tabel 4-3 Relatie tussen afsluiterbetrouwbaarheid en inspectie-interval

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

4.2.3 Kosten afsluiters en waarde OLM

De vaste kosten in de spreadsheet zijn:

- afschrijvingskosten van de afsluiters; deze worden berekend als functie van **afschrijvingsperiode**, **rentevoet** en totale **aanschaf- en aanlegkosten** van de afsluiter. In dit rapport zijn hiervoor respectievelijk 50 jaar, 4% en €1500,- als standaardwaarden genomen.
- inspectiekosten; berekend uit inspectiefrequentie maal kosten per **inspectie** en **gemiddelde reparatiekosten** van de afsluiters. Bij waterbedrijf Dunea (mondelijke informatie Gert Perfors, 2013) bedroegen de gemiddelde reparatiekosten van de niet-functionerende afsluiters 270 € per afsluiter. Bij 5% niet-functionerende afsluiters betekent gemiddeld 13,50 € reparatiekosten per geïnspecteerde afsluiter. In de spreadsheet is als standaardwaarde €50,- totaal per inspectie dus inclusief reparatiekosten aangehouden.

De variabele kosten worden berekend als functie van:

- het aantal secties maal de gemiddelde kans dat een sectie getroffen wordt door een storing. Deze kans wordt als kental CI (customer interruptions) aangeduid. De CI is gelijk aan de OLM gedeeld door de gemiddelde onderbrekingsduur. De CI wordt berekend op basis van reeds ingevoerde waarden.
- het gemiddeld aantal aansluitingen per sectie maal de **kosten van aanzeggen/aansluiting**. Hier is standaard 2€ per aansluiting aangehouden.
- de kosten voor het openen en sluiten van een sectie = **kosten voor het openen en sluiten van een afsluiter** (in ons voorbeeld €25,- per keer) maal het aantal afsluiters per sectie.

De totale waarde van de OLM wordt in de methode berekend uit het aantal aansluitingen maal de berekende OLM maal de **waarde van een OLM in euro's per minuut**. De onderbreking van een waterlevering wordt omgerekend naar een bepaald geldbedrag. Bij een waarde van € 0,20/ minuut (de standaardwaarde die hier gehanteerd is) 'kost' een onderbreking van de waterlevering van een uur dus € 12,- per aansluiting. Dit geldbedrag is een compensatie van de last en eventuele schade die de klant ondervindt maar ook voor kosten en imagoschade van het waterleidingbedrijf.

Een dergelijke methode wordt bijvoorbeeld ook gebruikt 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 euro per uur per reiziger aangehouden. (Lamper e.a., 2010).

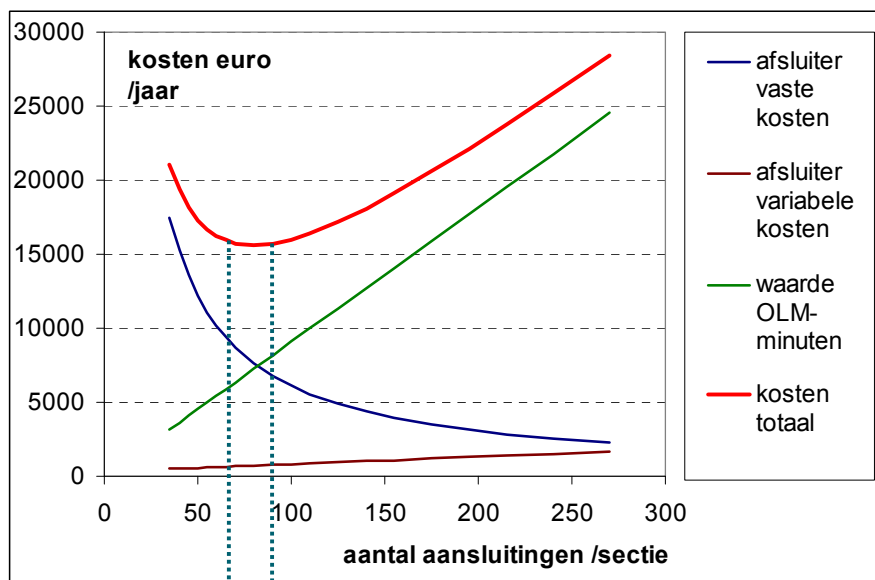
De waarde voor een OLM in euro is op dit moment min of meer arbitrair gekozen. Er is geen overzicht van de toegekende geldwaarde aan een OLM bij verschillende waterleidingbedrijven. Brabant Water houdt op dit moment een bedrag van 0,25 euro per OLM aan. Deze waarde komt voort uit het opstellen en **toepassen van de Risicomatrix**. Het doel van de Risicomatrix is een balans tussen prestaties, risico's en kosten. Het is een beslissingsondersteunend hulpmiddel voor een uniforme risico-inschatting met effectieve en efficiënte maatregelen voor zowel zuivering als distributie. Bij het opstellen van de risicomatrix heeft een groep van circa 10 managers een grote lekkage van 6 miljoen OLM gewaardeerd op 1,5 miljoen euro. In de risicomatrix wordt een lineair verband tussen aantal OLM en de geldwaarde aangehouden.

Tom Walski (2011) heeft voorgesteld om voor de gederfde hoeveelheid water tijdens een onderbreking de **kosten** te berekenen die mensen bereid zijn te maken door **flessenwater** te gaan gebruiken. Met een prijs van circa €1 per liter en het aantal liter per onderbrekingsduur dat noodzakelijk is, kan dit worden gewantificeerd. Indien een aansluiting gemiddeld 12 liter per uur¹ verbruikt, komt dit overeen met de gehanteerde standaard OLM-waarde van €12 per uur ofwel €0,20 per minuut.

Een alternatieve werkwijze om te schatten wat een OLM waard is, is schatten met behulp van de DPW2013-methode en het hanteren van een voor het waterbedrijf geldende **maximaal toelaatbare OLM**; zie hiervoor het voorbeeld aan het eind van paragraaf 5.3. Dat betekent dat de optimale sectiegrootte op basis van gangbare praktijk of expertkennis wordt bepaald, waaruit dan de geldwaarde van OLM volgt.

4.3 Resultaat spreadsheet: minimalisatie van kosten

Via bepaling van het bereik met de laagste totale kosten wordt de bandbreedte voor de optimale sectiegrootte bepaald; zie Figuur 4-2. In de grafiek staan de vaste kosten die afnemen met toenemende sectiegrootte, de variabele kosten die licht toenemen met toenemende sectiegrootte en de geldwaarde van OLM die toeneemt met toenemende sectiegrootte. De som is een kromme met minimale kosten bij een bepaalde sectiegrootte: dit is de optimale sectiegrootte. Met behulp van de grafiek kan ook de bandbreedte rond het optimum worden bepaald waarmee ontwerprichtlijnen kunnen worden opgesteld.



Figuur 4-2 Voorbeeld van bepaling van de laagste totale kosten en optimale sectiegrootte

¹ Geschat gemiddeld drinkwaterverbruik per aansluiting per uur = (125 l pppd * 2,3 personen/aansluiting) / 24 uur = 125 * 2,3 / 24 = 12 l/u

5 Toepassing methode voor optimale sectiegrootte

5.1 Bepaling van optimale sectiegrootte voor modelgebied

In Tabel 5-1 is het invoerscherm van de spreadsheet weergegeven:

- de vrije invoerwaarden zijn in **vet** aangegeven;
- het gemiddeld aantal afsluiters per sectie en de factoren V en p zijn afgeleid uit het ontwerp van een vertakt net in Ypenburg (zie paragraaf 3.3 en 3.4) en dienen om uit andere invoerparameters de OLM en afsluiterkosten te berekenen. Geadviseerd wordt om voorlopig deze vaste waarden aan te houden.
- de *cursief* weergegeven waarden zijn berekende tussenresultaten; het betreft de gemiddelde leidinglengte per aansluiting en de factor a uit paragraaf 3.2. De gemiddelde leidinglengte per aansluiting wordt berekend uit de totale leidinglengte en het aantal aansluitingen in een plangebied.
- De waarden voor afsluiterbetrouwbaarheid (B) en inspectie-interval (I) zijn hier niet ingevuld maar worden als combinatie in Tabel 5-2 ingevuld.

Tabel 5-1 Invoerparameters bij het bepalen van de optimale sectiegrootte

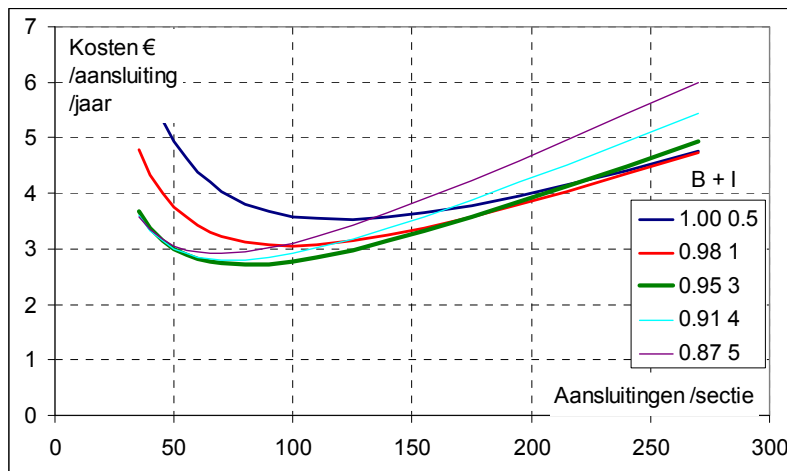
netwerkconfiguratie en parameters berekening OLM	aantal aansluitingen	5757
	leidinglengte (km)	46.9
	gemiddeld aantal afsluiters per sectie	2.45
	factor V (variatie tov gemiddelde sectiegrootte)	1.17
	factor p (geldt voor specifiek ontwerp vertakt net)	-2.23
	<i>Lgem leidinglengte per aansluiting (m)</i>	8.15
kentallen beheer	<i>factor a ($V \times L_{gem} \times F \times D$)</i>	0.069
	F= storingsfrequentie leiding (x/km.j)	0.04
	D= onderbrekingsduur (min)	180
	B= betrouwbaarheid van afsluiters (-)	-
kentallen kosten	I= inspectie interval (jaar)	-
	afsluiter aanschaf+aanleg (euro)	1500
	afsluiter sluiten of openen (euro/keer)	25
	inspectie (euro/afsluiter)	50
	aanzeggen/aansluiting (euro)	2
	afschrijvingsperiode (jaar)	50
	rentevoet	4%
waarde OLM (euro/minuut/aansluiting)	0.20	

Tabel 5-2 Invoer van relatie tussen betrouwbaarheid afsluiters en inspectie-interval en resultaat van spreadsheetberekening bij het bepalen van de optimale sectiegrootte

optimum	B	I	gemiddelde					afsluiter	afsluiter	afsluiter	waarde	"kosten"
aantal aansluit./sectie	betrouwbaarheid (-)	inspectie interval (jaar)	aantal secties	aantal afsluiters	lengte per sectie (m)	OLM (min)	CI= (x/aansl.j)	vaste kosten (euro/j)	variabele kosten (euro/j)	afsluiter kosten totaal (euro/j)	OLM- minuten (euro/j)	totaal (euro/aansl.j)
125	1.00	0.5	46	56	1018	8.58	0.048	9581	818	10399	9877	3.52
100	0.98	1	58	71	815	7.18	0.040	8450	740	9191	8266	3.03
80	0.95	3	72	88	652	6.16	0.034	7625	695	8320	7087	2.68
80	0.91	4	72	88	652	6.78	0.038	7257	765	8023	7801	2.75
70	0.87	5	82	101	570	6.55	0.036	8042	786	8828	7546	2.84

In het geel gemarkeerde deel van Tabel 5-2 kunnen eventueel andere waarden voor de relatie tussen de betrouwbaarheid van afsluiters en het inspectie-interval ingevoerd worden. Direct na invoer van de parameters in Tabel 5-1 en Tabel 5-2 wordt het resultaat opnieuw berekend. De optimale sectiegrootte kan direct afgelezen worden in de eerste kolom van Tabel 5-2. Deze is bepaald door in kolom 'kosten totaal per aansluiting' de laagste waarde te zoeken.

Daarnaast wordt het resultaat in de spreadsheet ook grafisch weergegeven als in Figuur 5-1. Hieruit blijkt dat voor dit voorbeeld de bandbreedte voor de sectiegrootte circa 60 tot 100 aansluitingen per sectie is.



Figuur 5-1 Voorbeeld van resultaat voor de optimale sectiegrootte bij vijf combinaties van afsluiterbetrouwbaarheid ($B = 1.00$ tot 0.87) en bijbehorend geschatte inspectie-interval (I in jaar)

5.2 Extra opbrengsten: optimale inspectiefrequentie en inschatting OLM

Omdat de spreadsheet het bereik van de optimale sectiegrootte bepaalt voor de verschillende combinaties van afsluiterbetrouwbaarheid en inspectie-interval door minimalisering van kosten, wordt daarmee ook het **optimale inspectie-interval** met bijbehorende afsluiterbetrouwbaarheid bepaald. In het voorbeeld van paragraaf 5.1 bedraagt het optimum voor het inspectie-interval 3 jaar. Bij een inspectie-interval van bijvoorbeeld 5 jaar met een afsluiterbetrouwbaarheid van $0,87$ verschuift het optimum voor de optimale sectiegrootte bij verder gelijke invoerparameters naar circa 70 aansluitingen per sectie, maar nemen de kosten iets toe.

De met de spreadsheet berekende OLM voor de situatie met een optimale sectiegrootte van 80 aansluitingen en een inspectie-interval voor de afsluiters van 3 jaar bedraagt 6,2 minuten; zie kolom OLM in Tabel 5-2. Uit de spreadsheet is dus meteen af te lezen of bij de aangehouden invoerparameters de OLM aan de gewenste bedrijfsnormen voldoet.

5.3 Gevoeligheidsanalyse van invoerparameters

Om de invoerparameters van de spreadsheet verder te verkennen, is een gevoeligheidsanalyse gedaan. Op basis van de eerste berekeningen bleek dat de combinatie van een afsluiterbetrouwbaarheid van $0,95$ en een inspectie-interval van 3 jaar vaak de laagste totale kosten gaf². Deze combinatie is daarom als standaardwaarde ingevuld in Tabel 5-3.

Op basis van expertkennis zijn voor alle invoerparameters 'standaardwaarden' bepaald, zie ook de beschrijving in hoofdstuk 4. Deze invoerwaarden zijn samen met de berekende optimale sectiegroottes grijs gemarkeerd in Tabel 5-3. Vervolgens zijn de invoerparameters met factoren 0,25, 0,5, 2 en 4 vermenigvuldigd en zijn daar de berekende optimale sectiegroottes van weergegeven. Bij een waarde van € 0,40 per OLM en bij overige parameters de standaardwaarden wordt bijvoorbeeld een optimale sectiegrootte van 60 aansluitingen bepaald. Bij een OLM-waarde van € 0,10 bedraagt de optimale sectiegrootte echter 110 aansluitingen.

² Bij twee gevoeligheidsberekeningen van de optimale sectiegrootte met 1) afsluiterkosten voor aanschaf en aanleg < 600 euro en 2) bij inspectiekosten > 140 euro per inspectie bedroeg de optimale combinatie $B = 0,91$ en $I = 4$ jaar.

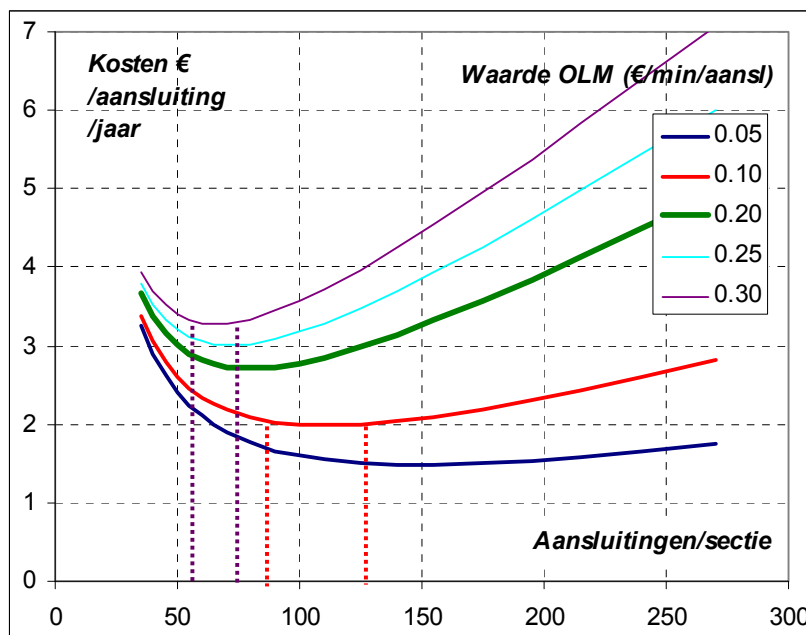
De parameters storingsfrequentie, onderbrekingsduur, afsluiteraanlegkosten, rentevoet en OLM-waarde (markering oranje en groen) hebben binnen het gekozen bereik de grootste invloed op de optimale sectiegrootte. Aanbevolen wordt dus om de waarden van deze parameters met extra zorg te kiezen. Een aantal paramaters blijkt nauwelijks invloed te hebben op de optimale sectiegrootte, zoals de kosten voor het openen en sluiten van afsluiters, de afschrijvingsperiode van afsluiters.

Tabel 5-3 Gevoeligheidsanalyse van parameters voor de optimale sectiegrootte voor Ypenburg (modelgebied Yp)

model Yp	'standaard-waarde'	variabele waarde					optimum aantal aansluitingen /sectie				
F= storingsfrequentie leiding (x/km.j)	0.04	0.01	0.02	0.04	0.08	0.16	155	110	80	55	40
D= onderbrekingsduur (min)	180	45	90	180	360	720	155	110	80	60	40
B= betrouwbaarheid afsluiters (-)	0.95										
I= inspectieinterval (jaar)	3										
afsluiter aanschaf+aanleg (euro)	1500	375	750	1500	3000	6000	45	60	80	110	155
afsluiter sluiten of openen (euro/keer)	25	6.25	12.5	25	50	100	80	80	80	80	80
inspectiekosten (euro/afsluiter)	50	12.5	25	50	100	200	70	80	80	90	90
aanzeggen per aansluiting (euro)	2	0.5	1	2	4	8	80	80	80	80	80
afschrijvingsperiode (j)	50	12.5	25	50	100	200	110	90	80	80	80
rentevoet	4%	1%	2%	4%	8%	16%	65	70	80	100	140
waarde OLM (euro/ minuut/ aansluiting)	0.20	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	155	110	80	60	40

5.4 Discussie waarde OLM

De relatie tussen de OLM-waarde en de optimale sectiegrootte wordt weergegeven in de laatste regel van Tabel 5-3, in Figuur 5-2 en Tabel 5-4. Indien geen bedrag voor de OLM-waarde bekend is, maar wel een maximum aan de berekende OLM (in minuten) kan met de DPW2013-methode op alternatieve wijze de optimale sectiegrootte bepaald worden. In het voorbeeld van Tabel 5-4 bedraagt bij een bedrijfsnorm voor OLM van maximaal 9 minuten de optimale sectiegrootte 110 aansluitingen en is een OLM dus blijkbaar circa € 0,10 /min/aansluiting waard.



Figuur 5-2 Resultaat voor de optimale sectiegrootte bij vijf waarden van OLM

Tabel 5-4 Berekende OLM voor model Yp met variabele OLM-waarde en overig standaard invoerwaarden

OLM-waarde	optimale sectiegrootte	gemiddelde lengte per sectie	berekende OLM met DPW2013 methode
€/min/aansluiting	aantal aansluitingen/sectie	m	minuten
0.05	155	1263	14.75
0.10	110	896	8.46
0.20	80	652	6.16
0.25	70	570	5.39
0.30	65	530	5.00

5.5 Toepasbaarheid van de methode voor andere gebieden

De spreadsheetmethode voor het bepalen van de optimale sectiegrootte is voor andere vertakte gebieden toepasbaar omdat de vaste parameters een beperkte invloed blijken te hebben op de uiteindelijk bepaalde optimale sectiegrootte. De invloed van de vijf variabele parameters storingsfrequentie, onderbrekingsduur, afsluiteraanlegkosten, rentevoet en OLM-waarde in paragraaf 5.3 lijkt veel groter.

De voorgestelde vaste parameters voor een vertakt net zijn 'het gemiddeld aantal afsluiters per sectie', V en p . Deze drie parameters zijn op basis van verschillende netontwerpen en meerdere deelgebieden van Ypenburg bepaald. De combinatie van de waarde voor V en p en het gemiddelde aantal afsluiters voor gebied Ypenburg (model Yp) blijken nagenoeg dezelfde resultaten op te leveren als de combinaties van netparameters van de andere drie (deel)gebieden. Deze modellen zijn echter niet volledig onafhankelijk van model Yp, omdat ze delen van het zelfde leidingnet omvatten.

De uitkomsten voor de optimale sectiegrootte voor gebieden Yp, YpA, YpB en YpC met verschillende combinaties van waarden van parameters V en p en het gemiddelde aantal afsluiters per sectie liggen dicht bij elkaar. De gevoeligheid is bepaald door de relatie tussen berekende OLM en sectiegrootte en afsluiterbetrouwbaarheid van de modellen YpA, YpB en YpC uit hoofdstuk 3 door te rekenen met de spreadsheet. De uitkomsten voor de optimale sectiegroottes wijken minder dan 10% af ten opzichte van model Yp.

We verwachten dat voor andere vertakte gebieden (anders dan model Ypenburg) de methode toepasbaar is met de volgende voorwaarden:

- het plangebied betreft een vertakt tertiair net in een raamwerk van secundaire leidingen zonder afhankelijke secties en
- het gemiddeld aantal afsluiters per sectie ligt in de range van circa 2,2 tot 2,5.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Er is een methode ontwikkeld om de optimale sectiegrootte te bepalen bij het toepassen van vertakte netten voor de distributie van drinkwater. De methode is mede gebaseerd op een relatie tussen sectiegrootte, afsluiterbetrouwbaarheid en de berekende OLM voor verschillende netontwerpen in het proefgebied Ypenburg.

De methode heeft de vorm van een spreadsheet en is gebaseerd op optimalisering van kosten. De invoerparameters bestaan uit drie hoofdonderdelen:

- netwerkspecifieke parameters; zoals de gemiddelde leidinglengte per aansluiting;
- bedrijfsparameters omtrent de wijze van beheer en het optreden van storingen in het net;
- kosten voor aanleg, inspectie, beheer en een geldwaarde voor de OLM.

Binnen het voorzieningsgebied van een waterbedrijf zijn meerdere waarden voor de optimale sectiegrootte mogelijk door de variatie in verwachte storingsfrequenties en van gemiddelde leidinglengtes per aansluiting per deelgebied.

De methode heeft naast de bepaling van de optimale sectiegrootte twee belangrijke nevenopbrengsten:

- de optimale inspectie-interval van afsluiters in combinatie met de daarbij verwachte betrouwbaarheid van afsluiters en
- een geschatte OLM op basis van de invoerparameters. Deze geschatte OLM heeft alleen betrekking op leveringsonderbreking en geldt alleen voor relatief homogene plangebieden met vertakte netten. Bij een grote variatie in aantal aansluitingen of leidinglengte per sectie en bij aanwezigheid van afhankelijke secties wijken de resultaten af.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van analyse van meerdere model(deel)gebieden blijkt de methode generiek toepasbaar voor andere vertakte gebieden onder de volgende voorwaarden:

- geen afhankelijke secties; dus geen secties met één afsluiter. In een ontwerp dienen vertakte tertiair netten te liggen aan een raamwerk van secundaire leidingen.
- het gemiddeld aantal afsluiters per sectie dient in de range van circa 2,2 tot 2,5 te liggen. De methode is dus niet toepasbaar voor bestaande netten waarbij de tertiaire netten doorverbonden zijn via tussenafsluiters en waardoor het gemiddeld aantal afsluiters per sectie hoger is dan 2,5.

Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat de parameters storingsfrequentie, onderbrekingsduur, afsluiterkosten, de rentevoet en de geldwaarde van OLM de grootste invloed hebben op de optimale sectiegrootte. Aanbevolen wordt dus om de waarden van deze invoerparameters met extra zorg te kiezen:

- De storingsfrequentie van leidingen kan variëren in plaats en tijd. Het verschil tussen ontwerp voor renovatie van bestaande netten en aanleg van nieuwe netten kan leiden tot een ander ontwerpcriterium voor de sectiegrootte in deze twee situaties.
- Op dit moment is bij de meeste waterbedrijven nog geen geldwaarde voor OLM bepaald. Aanbevolen wordt een manier te zoeken om hiervoor een waarde vast te stellen.
- We adviseren bij toepassing van de methode de grootte van de plangebieden te beperken. Vermijd bijvoorbeeld een te grote variatie in netstructuur door hoofdleidingen zonder aansluitingen zoveel mogelijk buiten het plangebied te laten. Probeer met de methode relatief homogene gebieden te beschouwen, neem bijvoorbeeld een binnenstad en buitenwijken apart.

7 Literatuur

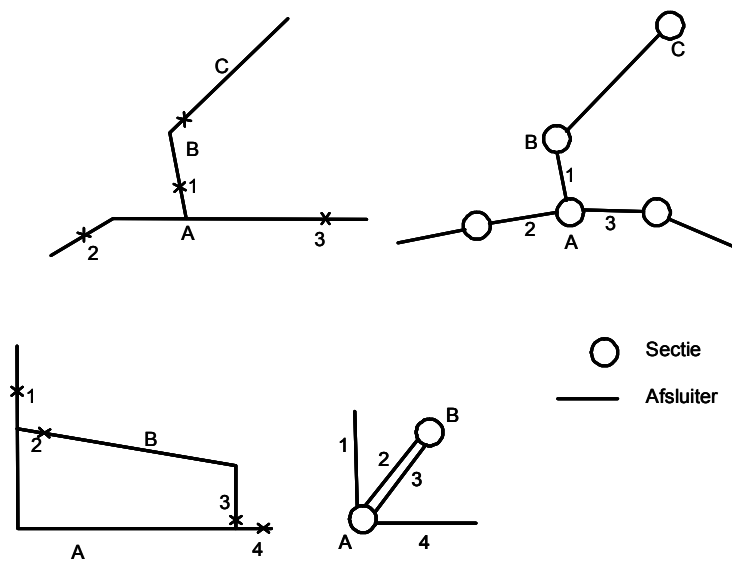
- Lamper, A., A. Duinmeijer, L. van Duin, A. Verbraak, J. Beets, M. van Noort, R. Geurts van Kessel en D. Warmerdam. 2010. Leidraad voor RAMSHE – LCM-studie. Prorail, Utrecht. Documentnummer HDL00032 versie 2.
- Blokker, E. en P. Geudens, 2010. OLM in de benchmark, KWR, Nieuwegein, rapport KWR05.081 versie december 2010
- Daal, K. van , 2012. "De meerwaarde van ruimtelijke analyses met USTORE gegevens.", KWR, Nieuwegein. Rapport BTO 2012.222(s)
- Kivit, C., 2006. Afsluiters op transportleidingen; 'Een inventarisatie van richtlijnen voor plaatsing van afsluiters op transportleidingen'. KWR, Nieuwegein, rapport BTO 2006.002
- Meerkerk, M., G. Mesman en E. Pieterse-Quirijns, 2009. Handleiding 'CAVLAR', Beschrijving en interpretatie, KWR, Nieuwegein, rapport BTO (s) 2009.003
- Meerkerk, M., 2012. Praktijkrichtlijnen drinkwater; een overzicht van publiek- en privaatrechtelijke ('best practices' etc.) regelgeving voor de Nederlandse drinkwatersector, KWR, Nieuwegein.
- Mesman, G., 2003. Spreadsheet Sectiegrootte; bijlage in (Trietsch en Blokker, 2004)
- Mesman, G.A.M. en E.J. Pieterse-Quirijns, 2009 Afsluiteranalyse Winschoten. KWR, Nieuwegein, rapport KWR 09.080
- Trietsch, E.A. en E. Blokker, 2004. Ontwerpconcepten hoofdstructuur. KWR, Nieuwegein, rapport BTO 2003.028
- Vloerbergh, I. en P. van Thienen, 2010. Controlemethodiek afsluiters, Afsluiteronderhoud en -beheer. KWR, Nieuwegein, rapport BTO (s) 2010.020, 2010
- Vogelaar, A.J. 2011. Afsluiteranalyse Veldhoven. KWR, Nieuwegein, rapport KWR 2011.069
- Vogelaar, A.J., 2012. Analyse afsluiteronderhoud Hoogezand-Sappemeer. KWR, Nieuwegein, rapport KWR 2012.042
- Walski, T., 2011. "How many isolation valves are needed in a water distribution system?" CCWI 2011 Urban Water Management: Challenges and Opportunities, D. Savic, Z. Kapelan, and D. Butler, eds., Centre for Water Systems, University of Exeter, Exeter.

I Definities van trefwoorden en begrippen

In alfabetische volgorde wordt een aantal trefwoorden en begrippen gedefinieerd die zowel bij CAVLAR als in de spreadsheet voor de optimale sectiegrootte een rol spelen.

Aansluiting = Een administratieve aansluiting of een leveringspunt.

Afhankelijke sectie = een sectie waarvan de afsluiter(s) binnen één andere sectie valt/vallen, zie Figuur I.1. In het bovenste deel van de figuur zijn de secties B en C afhankelijk, als A geïsoleerd wordt (afsluiter 2 en 3) vallen B en C droog



Figuur I.1 Afhankelijke secties in een leidingnet en in het bijbehorende sectiediagram

In het onderste deel van de figuur is B een afhankelijke sectie. Als sectie A geïsoleerd wordt (afsluiter 1 en 4) valt B droog.

B = Afsluiterbetrouwbaarheid. Uitgedrukt als getal tussen 0 en 1 of als percentage.

CI = Customer Interruptions = het aantal keren per jaar dat een aansluiting in een bepaalde sectie wordt getroffen door een storing (eenheid: aantal per sectie per jaar). CI gaat dus over een bepaalde sectie.

Impact = De impact is het aantal aansluitingen dat wordt getroffen tijdens een incident in een sectie. Per sectie wordt berekend wat de impact is, als in die sectie een incident plaats vindt. Wanneer één van de begrenzendende afsluiters van die sectie faalt, zal het effect zich uitbreiden naar omliggende secties.

Inspectie-interval (I) = tijdsduur tussen twee afsluiterinspecties (eenheid: jaar)

OLM = Ondermaatse Leverings Minuten; zie ook de definities in hoofdstuk 2.

Zowel per sectie als voor het hele leidingnet wordt de leveringsonderbreking berekend, uitgedrukt in het aantal minuten dat klanten geen water krijgen geleverd. De Engelse aanduiding van deze vorm van 'OLM' is Customer Minutes Lost (CML). Voor het berekenen van de 'OLM' wordt gebruik gemaakt van het aantal getroffen aansluitingen (=de Impact, zie boven), hoe vaak de sectie per jaar wordt getroffen door een incident (= storingsfrequentie) en hoelang de sectie wordt geïsoleerd (=onderbrekingsduur). Het gaat bij de beschouwde 'OLM' uitsluitend om geplande en ongeplande onderbrekingen waarbij geen levering van water plaats heeft. De tijdsduur waarbij wel water wordt geleverd maar bij een te lage druk en/of van een slechte waterkwaliteit wordt niet meegerekend.

Onderbrekingsduur (D) = gemiddelde tijdsduur in minuten vanaf het moment van isolatie van een sectie tot het weer opheffen van de isolatie. Deze tijdsduur wordt zowel gebruikt als invoerparameter in CAVLAR en als in de spreadsheet voor het berekenen van de optimale sectiegrootte.

Sectie = Een deel van het leidingnet dat door een of meer afsluiters kan worden geïsoleerd.

Sectiediagram = Een grafische weergave van een afsluiterconfiguratie waarin de secties als knopen worden weergegeven en de afsluiters tussen de secties als verbindende lijnen.

Sectiegrootte = De grootte van een sectie uitgedrukt in het aantal aansluitingen of in totale leidinglengte per sectie.

Storingsfrequentie (F) = De kans dat een incident optreedt in een deel van het leidingnet (eenheid: storings per km per jaar).

II Overzicht van gebruikte vergelijkingen in de spreadsheet

(1) $L_{gem} = \text{gem. leidinglengte per aansluiting (m)} = 1000 \times \text{leidinglengte in km} / \text{aantal aansluitingen}$

(2) $\text{factor } a = V \cdot L_{gem} \cdot F \cdot D$

waarbij:

a = tussenresultaat voor berekening van OLM zie (6)

V = variatiefactor voor aantal aansluitingen en leidinglengte per sectie; gefit voor modelgebied Ypenburg

B = afsluiterbetrouwbaarheid

F = storingskans leiding (x/km/j)

D = onderbrekingsduur (min)

(3) $\text{aantal secties} = \text{aantal aansluitingen} / \text{aantal aansluitingen per sectie}$

(4) $\text{aantal afsluiters} = \text{aantal secties} \times (\text{gemiddeld aantal afsluiters per sectie} / 2)$

(5) $\text{gemiddelde lengte per sectie (m)} = 1000 \times \text{leidinglengte in km} / \text{aantal secties}$

(6) $\text{OLM} = a \times B^p \times \text{aantal aansluitingen per sectie}$

waarbij:

OLM = aantal ondermaatse leveringsminuten

p is gefitte constante voor Ypenburg

(7) $\text{CI (customer interruptions)} = \text{OLM} / D$

(8) $\text{Vaste kosten afsluiters} = \text{aantal afsluiters} \times \text{-PMT}(\text{rentevoet, afschrijvingsperiode, aanschaf+aanlegkosten}) + \text{inspectiekosten} / I$

waarbij:

afschrijvingsperiode in jaren

aanschaf- en aanlegkosten afsluiter in €

inspectiekosten in €/afsluiter

I = inspectie-interval in jaar

(9) $\text{Variabele kosten afsluiters} = \text{aantal secties} \times \text{CI} \times (\text{aantal aansluitingen per sectie} \times \text{kosten van aanzeggen per aansluiting} \times (2 \times \text{kosten afsluiter sluiten of openen} \times \text{gemiddeld aantal afsluiters per sectie}))$

(10) $\text{Afsluiterkosten totaal} = \text{vaste kosten (8)} + \text{variabele kosten (9)}$

(11) $\text{Waarde OLM-minuten} = \text{aantal aansluitingen} \times \text{berekende OLM} \times \text{waarde OLM}$

waarbij:

berekende OLM als in vergelijking (6)

waarde OLM in € per minuut per aansluiting

(12) $\text{Kosten totaal per aansluiting} = (\text{Afsluiterkosten totaal} + \text{Waarde OLM-minuten}) / \text{aantal aansluitingen}$

III OLM bij DPW-bedrijven

Ten behoeve van dit project is tijdens de projectvergaderingen een korte inventarisatie van de normstelling rondom afsluiterplaatsing, OLM en sectiegrootte verricht; zie Tabel 7-1.

Tabel 7-1 Soorten en normstelling van sectiegrootte en OLM

bedrijf	richtlijnen en normen	motivatie/ opmerkingen
Waternet (Ralf de Groot)	<ul style="list-style-type: none"> sectiegrootte: 200 leveringspunten; (niet-huishoudelijk zoals kantoren en hotels zijn niet apart meegenomen) sectielengte: normering is max 1 km afsluiters: <ul style="list-style-type: none"> vroeger gold als norm max. 7 afsluiters per sectie, er was geen norm voor het aantal leveringspunten. Deze norm wordt nu niet meer gehanteerd. nu: zo min mogelijk, echter maximaal 200 leveringspunten OLM (2011): gepland 11 min; ongepland: 53 sec normering: ongepland < 5 min 	<ul style="list-style-type: none"> geen rekenkundige onderbouwing; gulden middenweg van waarden bij van andere waterleidingbedrijven geen onderbouwing in Amsterdam wordt deze zelden tot nooit gehaald <p>Trend is dat geplande OLM afneemt (ook bij Dunea). Dit wordt toegeschreven aan de (bouw)crisis. Er is minder nieuwbouw. Waternet heeft de helft minder leidingen gelegd dan vorig jaar.</p>
bedrijf	richtlijnen en normen	motivatie/ opmerkingen
Dunea (Gert Perfors)	<ul style="list-style-type: none"> sectiegrootte: max. 200 aansluitingen max leidinglengte: 1 km OLM: <ul style="list-style-type: none"> norm 21 minuten dit is norm voor gepland en ongepland geen norm voor ongepland OLM factor: $OLM_{factor} = \frac{OLM_{ongepland}}{OLM_{ongepland} + OLM_{gepland}}$ 	<p>tweeledig:</p> <ul style="list-style-type: none"> kans op leveringsonderbreking begrenzen logistiek: sluiten en openen tak (desinfectie procedures) gebaseerd op de jarenlange praktijk (en die mag niet overschreden worden) <p>In de praktijk wordt ernaar gestreefd dat de $OLM_{ongepland}$ zo klein mogelijk is. $OLM_{gepland}$ kan best hoog zijn door investeringen. Voorbeeld van de factor in 2011 (registratie Dunea): Waternet: 0.18; Dunea: 0.21.</p>
PWN (Matin Klein Arfman)	<p>Richtlijnen voor nieuwbouwwijken:</p> <ul style="list-style-type: none"> secties max. 250 aansluitingen; in de praktijk gemiddeld 150 aansluitingen aantal afsluiters: in principe 2 per sectie; vanwege vermaasd secundair net max 3 <p>Norm OLM</p> <ul style="list-style-type: none"> totaal 20 minuten; 10 voor productie en 10 voor distributie 	<ul style="list-style-type: none"> verminderen van aantal afsluiters en verhogen van beheersbaarheid in bestaande netten en binnensteden is sectiegrootte niet aangepast. Soms is er geknipt om het leidingnet vertakt te maken.

