

BTO 2016.90 | Februari 2017

BTO rapport

Evaluatie Streefstructuren

Vijf jaar praktijkervaring met aanscherping van
het secundair netontwerp

BTO

Evaluatie Streefstructuren, vijf jaar praktijkervaring met aanscherping van het secundair netontwerp

BTO 2016.90 | Februari 2017

Opdrachtnummer

401290/001

Projectmanager

drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

Opdrachtgever

BTO - Speerpuntonderzoek

Kwaliteitsborger(s)

dr. P. (Peter) van Thienen

Auteur(s)

dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera en dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.
Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie

dr. ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera
T (030 60 69) 587
E claudia.agudelo-vera@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



Watercycle
Research
Institute

BTO 2016.90 | Februari 2017 © 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.

Keywords:

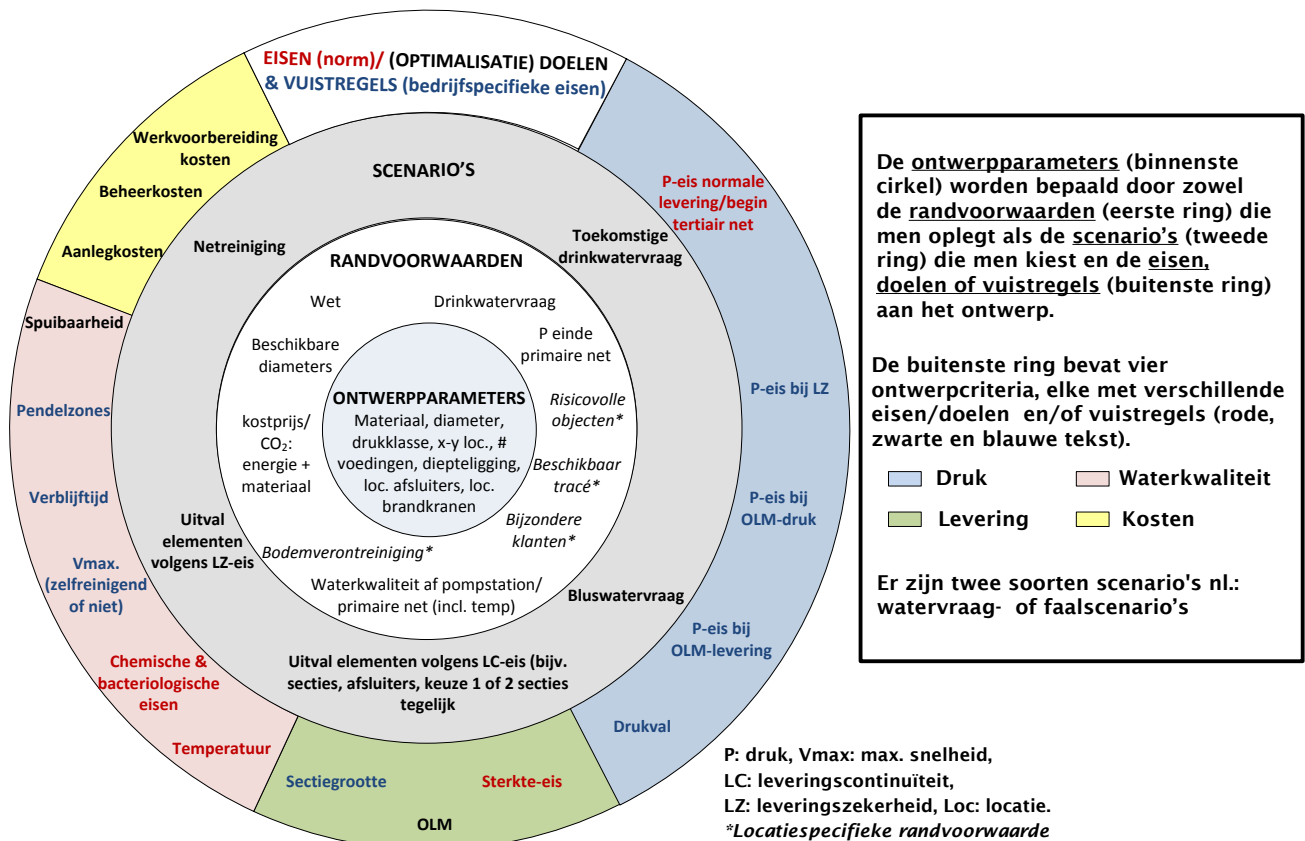
Streefstructuren, ontwerp, PDCA

BTO Managementsamenvatting

Best practices voor het ontwerpen en ontwerpproces van streefstructuren

Auteur(s) dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera en dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker.

In 2011 liet BTO-onderzoek zien dat werken met een zogenaamde streefstructuur een beter ontworpen secundair net oplevert. Een streefstructuur is een ontwerp van de hoofdstructuur van een netwerk voor de middellange termijn, dat als blauwdruk dient bij renovaties en sanering binnen het betreffende gebied. De afgelopen vijf jaar hebben verschillende bedrijven ervaring opgedaan met deze manier van werken. Er zijn voorbeeldgebieden ontworpen en er is een start gemaakt met documenteren en vastleggen van een formele werkprocedure. 'Early adopters' zien de voordelen van deze manier van werken al in de praktijk. De streefstructuur geeft richting aan de ontwikkeling van het toekomstige net en ondersteunt de waterbedrijven in gesprekken met andere partijen in de ondergrond. Het feit dat er slechts sinds kort met streefstructuren wordt gewerkt, maakt een evaluatie gewenst om kennis en ervaringen uit te wisselen en het proces aan te scherpen. Best-practices (sterktes), zwaktes en bedreigingen werden geïdentificeerd, maar ook kansen zoals automatisering en optimalisering van routines, meenemen van meerdere faal- of watervraagscenario's en het implementeren van de PDCA cyclus voor continue verbetering. In deze studie is de ontwerpcirkel uit 2011 aangescherpt en daarmee sluit deze beter aan bij het (mogelijk te automatiseren) ontwerpproces.



Herziene ontwerpcirkel voor het ontwerp van het leidingnet

Meer informatie
dr. ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera
T (030 60 69) 587
E claudia.agudelo-
vera@kwrwater.nl

KWR
PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

KWR Watercycle
Research
Institute

Belang: de saneringsgolf benutten om toekomstbestendige netten te realiseren

Onderzoek in 2011 heeft laten zien dat waterbedrijven betere, objectieve, transparante en onderbouwde keuzes kunnen maken bij renovaties en saneringen in het leidingnet als ze werken met een streefstructuur: een ontwerp voor de toekomstige hoofdstructuur van dat leidingnet op de middellange termijn. Zo kan door gebruik te maken van de saneringsgolf ook aan een toekomstbestendig net worden gewerkt.

Een streefstructuur geeft inzicht in de wijzigingen die nodig zijn, zodat deze geïntegreerd kunnen worden in de vervangingsplannen. Streefstructuren bieden bovendien een goede basis voor samenwerking met andere netbeheerders, met name voor communicatie, en voor het afstemmen van combiwerkzaamheden. WML, PWN en Brabant Water hebben in de afgelopen jaren met streefstructuren gewerkt. Hun ervaringen zijn onderzocht om het gebruik van streefstructuren te evalueren en best practices te destilleren.

Aanpak: kwalitatieve evaluatie van het ontwerpproces en kwantitatieve evaluatie van voorbeeldnetwerken

We hebben de evaluatie met de drie bedrijven op twee manieren aangevlogen: i) kwalitatief naar het ontwerp van een streefstructuur als bedrijfsproces met organisatorische en bedrijfsbrede onderdelen en ii) kwantitatief naar het projectmatige ontwerp van een streefstructuur voor een specifiek gebied. Om deze niveaus te beschrijven en te evalueren is de Plan-Do-Check-Act (PDCA) methode gebruikt. Het proces per bedrijf is kwalitatief beschreven en geëvalueerd aan de hand van de ontwerpcirkel, zie figuur. De kwantitatieve evaluatie werd uitgevoerd met drie voorbeeldnetwerken (Grubbenvorst, Krommenie en Helmond) aan de hand van elf onderzoeksvragen, zoals: "Zijn er grote verschillen tussen de ontwerpen van de bedrijven?" of "Wat is de toegevoegde waarde van verschillende watervraagscenario's voor de evaluatie van het ontwerp?".

Resultaten: ontwerpcirkel aangescherpt, PDCA cyclus geïntroduceerd en best practices verzameld

De ontwerpcirkel uit 2011 is aangescherpt. De drie bedrijven hebben zich het stappenplan van 2011 eigen gemaakt en dat aangepast voor hun eigen situatie. Ze zijn begonnen met het documenteren en vastleggen van formele werkprocedures. WML heeft haar hele voorzieningsgebied ontworpen, terwijl PWN en Brabant Water een aantal gebieden hebben

ontworpen (gezaamenlijk meer dan 14.000 km). Deze 'early adopters' zien al voordelen in de praktijk: niet alleen verbetert het net, ze besparen ook tijd tijdens beslisprocessen. In de Check-fase van de PDCA-cyclus passen de bedrijven de stappenplannen voor het ontwerp van streefstructuren aan. Omdat er pas kort met streefstructuren wordt gewerkt, is een continue evaluatie van het proces gewenst.

Uitwisseling van kennis en ervaringen heeft geleid tot een overzicht van best practices bij het maken van een streefstructuur en aanbevelingen voor het aansluiten bij automatiseringsvraagstukken. Zo heeft PWN aangepast hoe het omgaat met particuliere bluswaterinstallaties (sprinklers en brandkranen). Nu worden die geïdentificeerd en er wordt rekening gehouden met deze watervraag bij het bepalen van de secundaire leidingen.

Bij de kwantitatieve evaluatie van modelnetwerken bleek het lastig om de vuistregels te toetsen door het beperkte aantal modelnetwerken. De methodes zijn beschreven en er is op kleine schaal geëvalueerd.

Implementatie: best practices op proces- en project-niveau controleren middels checklist

Dit onderzoek onderstreept het belang van een degelijk revisieproces van de streefstructuurontwerpen.

Aangeraden wordt om op project- en bedrijfsbreed niveau de PDCA cyclus in te zetten. Daarvoor zijn de best practices als checklist vastgelegd voor intern gebruik bij de bedrijven. Het rapport bevat drie checklists:

- i) één checklist voor het ontwerpproces van streefstructuren om eisen, doelen, vuistregels, scenario's voor ontwerp en randvoorwaarden expliciet te maken;
- ii) één checklist voor het ontwerp van een streefstructuur op projectniveau;
- iii) één checklist voor het proces rondom het realiseren van streefstructuren.

De ontwerpcirkel sluit aan bij het automatiseren van het ontwerp van een streefstructuur en zal worden toegepast in het vervolg BTO-project.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in rapport *Evaluatie Streefstructuren, vijf jaar praktijkervaring met aanscherping van het secundair netontwerp* (BTO-2016.090).

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Achtergrond	3
1.2	Doel	4
1.3	Aanpak en leeswijzer	4
1.4	Opbrengsten	5
2	Ontwerpen van streefstructuren	6
2.1	Inleiding – de ontwerpcirkel	6
2.2	Eisen, (optimalisatie)doelen en vuistregels	7
2.3	Ontwerpparameters	8
2.4	Scenario's	8
2.5	Randvoorwaarden	10
3	Beschrijving van het ontwerpproces	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Plan – Inrichting van het proces	12
3.3	Do – Ontwerpen van Streefstructuur	22
3.4	Check	23
3.5	Act – Implementatie van streefstructuren	24
4	Evaluatie van het ontwerp van streefstructuur op basis van voorbeeldnetwerken	27
4.1	Inleiding	27
4.2	Evaluatie van voorbeeldnetwerken	28
4.3	Evaluatie van de casussen door de waterbedrijven	29
4.4	Kwalitatieve evaluatie van de casussen	31
4.5	Kwantitatieve evaluatie van de casussen	33
4.6	Discussie en algemene aandachtspunten n.a.v. de kwantitatieve analyse	50
5	Selectie van de best practices en aanbeveling voor continue verbetering van het proces	51
5.1	Inleiding	51
5.2	Implementeren van de PDCA cyclus als 'Best practice'	52
5.3	"Lessons learnt" tot nu toe	53
5.4	Geldigheid van de ontwerpen	54
5.5	Checklist voor best practices	54
6	Aanbevelingen voor de automatisering van het ontwerpproces en toekomstig onderzoek	57
6.1	Mogelijkheden voor automatisering	57
6.2	Testen met Gondwana	58
6.3	Aanbevelingen voor automatisering	59
6.4	Aanbevelingen voor automatisering met Gondwana	59
7	Referenties	61

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In het verleden werd het drinkwaterleidingnet voornamelijk ontworpen op robuustheid en toekomstbestendigheid met grote veiligheidsfactoren. Dit betekent dat er veelal grote diameters zijn toegepast. Sinds 1999 wordt het tertiaire net ontworpen op basis van de principes van het zelfreinigende net. Dit heeft geleid tot kleinere diameters, kortere lengtes, kortere verblijftijden, minder pendelzones en minder noodzaak tot spuien en met dit alles tot lagere kosten. In 2011 is in het BTO onderzoek gedaan naar hoe het secundaire net¹ beter kan worden ontworpen (Blokker en Vogelaar 2011). Dit heeft geleid tot een stappenplan om te komen tot een goed ontwerp met een betere onderbouwing van structuur, diameter, afsluiterplaatsing, etc.. De bevindingen van dit onderzoek worden met name toegepast op bestaande leidingnetten die in de nabije toekomst worden gesaneerd.

De waterbedrijven noemen deze ontwerpen van het secundaire net streefstructuren of blauwdrukken. In dit rapport is gekozen om alleen de term streefstructuur te gebruiken. Het onderzoek in 2011 concludeerde dat een aantal aspecten in het ontwerpproces in de praktijk getoetst en aangescherpt, dienden te worden en beval aan om een evaluatie uit te voeren nadat meerdere bedrijven ervaring hadden opgedaan met het ontwerp. Anno 2016 zijn Brabant Water, PWN en WML op grote schaal bezig met streefstructuren van het secundaire net. Daarbij worden verschillende methodieken toegepast en verschillende uitgangspunten gehanteerd en wordt nog veel gevaren op de expertise en ervaring van medewerkers. Deze impliciete kennis wordt niet altijd vastgelegd en leidt er toe dat niet te achterhalen is waarom in het verleden bepaalde keuzes zijn gemaakt.

Er is een subtiel verschil tussen het ontwerpen van een secundair net en het maken van een streefstructuur. Het ontwerpen van een secundair net is nodig bij nieuwbouw of bij 'grootschalige' renovatie van een stadswijk of om een 'ideaal plaatje' ('streefstructuur') voor een plangebied te schetsen. Streefstructuren betreft het ontwerpen van een voldoende groot gebied (zodanig dat geen suboptimale lokale oplossingen ontstaan) dat gewenst is in de toekomst en dat voldoet aan gegeven randvoorwaarden. De streefstructuur biedt een integrale en toekomstbestendige aanpak om proactief in te spelen op renovatie van leidingen en appendages. Het ontwerp van streefstructuur houdt rekening met:

- i) geleidelijke vervanging en sectionering gedurende circa 20 tot 50 jaar,
- ii) hergebruik van nog goede leidingen en
- iii) veranderend verbruik in de toekomst.

In het algemeen richt het ontwerp van streefstructuren zich op secundaire leidingen, maar als één van de randvoorwaarden de optimalisatie van het primaire net is, dan kan het zowel primaire als secundaire leidingen betreffen. Hierbij is het belangrijk hoe de grens van het gebied gedefinieerd wordt. Een streefstructuur geeft richting en hoeft dus minder gedetailleerd te zijn; wellicht volstaat hier een grovere en minder arbeidsintensieve indeling in secties.

Het maken van een streefstructuur zou de volgende stappen kunnen volgen: maak eerst een 'ideaal' ontwerp, vergelijk dit dan met de huidige situatie, analyseer de bruikbaarheid en

¹ Zie Bijlage I voor definities

geschatte restlevensduur van de huidige netstructuur en maak tot slot een globaal vervangingsplan in de tijd op basis van saneringsbehoefte.

In 2015 heeft KWR een optimalisatieplatform 'Generic Optimization tool for Network Design en operation' (Gondwana) ontwikkeld, waarmee voor allerlei vraagstukken voor het leidingnet optimale oplossingen kunnen worden berekend. Daarmee is het een tool die kan helpen bij het ontwerpen van de streefstructuur, maar in de toekomst ook bij het bepalen van de optimale transitie van de huidige structuur naar de streefstructuur. Een van de belangrijkste onderdelen is de definitie van (optimalisatie)criteria en (optimalisatie)doelen, bijvoorbeeld laagste kosten. Verder is een eenduidige definitie van de randvoorwaarden, scenario's en ontwerpparameters vereist voor automatisering. Het evalueren van de verschillende uitgangspunten van de bedrijven en de consequenties daarvan helpt bij het aanscherpen van de criteria en randvoorwaarden; de waarden van de randvoorwaarden kunnen nog altijd een bedrijfsspecifieke keuze blijven.

1.2 Doel

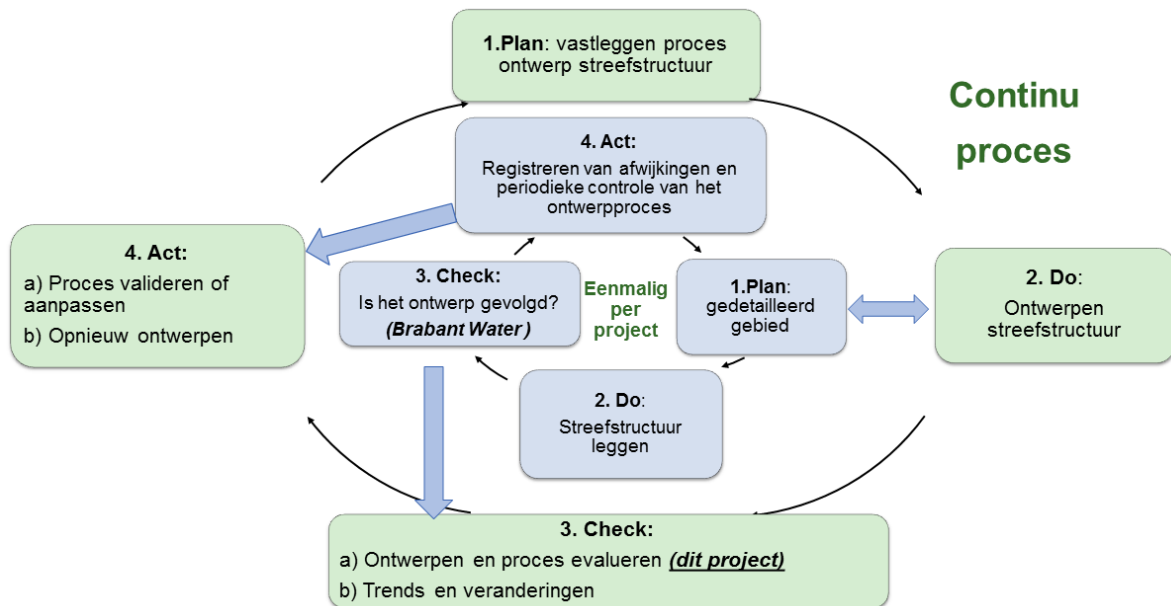
Het eerste doel van dit project is om de aanpak en uitgangspunten van het ontwerpen van streefstructuren te evalueren en om de consequenties van de keuzes te kwantificeren op: 1) minimale druk: onder verschillende omstandigheden, 2) ondermaatse leveringsminuten (OLM), 3) waterkwaliteit en 4) kosten, zodat een betere onderbouwing van de (ontwerp)streefstructuren mogelijk wordt. Op basis hiervan worden 'best practices' geselecteerd. Een tweede doel is de randvoorwaarden en eisen voor een automatisering van het ontwerp en optimalisering vast te stellen.

1.3 Aanpak en leeswijzer

Om het ontwerpen van streefstructuren te kunnen evalueren is een kader voor analyse nodig. In deze studie werd de Plan-Do-Check-Act (PDCA) methode gebruikt. De PDCA methode is een aanpak om in vier stappen te komen tot kwaliteitsverbetering. Figuur 1-1 laat twee mogelijkheden zien, een grote en een kleine cirkel. Het ontwerpproces kan opgedeeld worden in twee cycli: een procescyclus (buitenste cirkel) en een projectcyclus (binnenste cirkel). De procescyclus bevat het vastleggen van het proces van het ontwerp van streefstructuur (PLAN), gevolgd door het ontwerp van gebieden (DO). Na de ontwerpfase wordt een 'CHECK' fase aanbevolen. Deze check bevat de evaluatie van het ontwerp en ook het periodieke volgen van trends en verandering bijv. in watervraag, doelstellingen en eisen, etc. De projectcyclus begint met het (indien nodig) verder in detail uitwerken van het ontwerp van een gebied (PLAN), gevolgd door het leggen van de streefstructuur (DO) en het controleren of het plan is gevolgd (CHECK) en tenslotte een 'ACT' fase met de registratie van de eventuele afwijkingen en de reden van afwijking. Na het uitvoeren en evalueren van een aantal projecten kan deze informatie worden gebruikt als input voor de evaluatie van het proces, als aangegeven door de pijlen tussen de twee cycli in Figuur 1-1. Het cyclische karakter geeft aan dat het proces van kwaliteitsverbetering een continu proces is.

Per stap is geanalyseerd welke keuzemogelijkheden bedrijven hebben in het ontwerpproces en welke uitgangspunten hiervoor worden gehanteerd. Voor de implementatie van streefstructuren is het belangrijk om uitgangspunten, keuzes, doelen, etc. vast te leggen om het proces reproduceerbaar en beheersbaar te houden. Eerst is er een enquête gehouden ter inventarisatie van de huidige manieren van het ontwerpen van een streefstructuur, Bijlage III. Tevens is door de waterbedrijven en KWR informatie uitgewisseld omtrent criteria die een rol kunnen spelen bij het ontwerpen van een streefstructuur en bij het vaststellen van de criteria (proces om te komen tot uitgangspunten) en het toepassen van de criteria (het ontwerpproces). De ontwerpcirkel is herzien. Vervolgens zijn ervaringen met het werken met streefstructuren benoemd waaruit evaluatiecriteria zijn geselecteerd. Aansluitend zijn

middels casussen de evaluatiecriteria gekwantificeerd door middel van het doorrekenen van modellen van streefstructuurnetwerken. Samen met de bedrijven zijn 'best practices' geïdentificeerd.



FIGUUR 1-1 KADER VOOR DE ANALYSE VAN DE IMPLEMENTATIE VAN HET ONTWERPEN VAN STREEFSTRUCTUREN

Hoofdstuk 2 beschrijft de achtergrond en het kader van de implementatie van het ontwerpen van streefstructuren bij de waterbedrijven. Hoofdstuk 3 bevat de kwalitatieve evaluatie van het bedrijfsbreed ontwerpproces, gebaseerd op een enquête en additionele informatie van de waterbedrijven bestaande uit rapporten en persoonlijke communicatie. Hoofdstuk 4 bevat de evaluatie van het ontwerp van streefstructuur op basis van voorbeeldnetwerken. Hierin worden verschillende scenario's geanalyseerd om inzichtelijk te maken wat de consequenties van verschillende keuzes op randvoorwaarden zijn. In Hoofdstuk 5 worden de best practices geïdentificeerd en Hoofdstuk 6 beschrijft aanbevelingen om het ontwerpproces van streefstructuren te automatiseren. Een definitielijst is te vinden in Bijlage I.

1.4 Opbrengsten

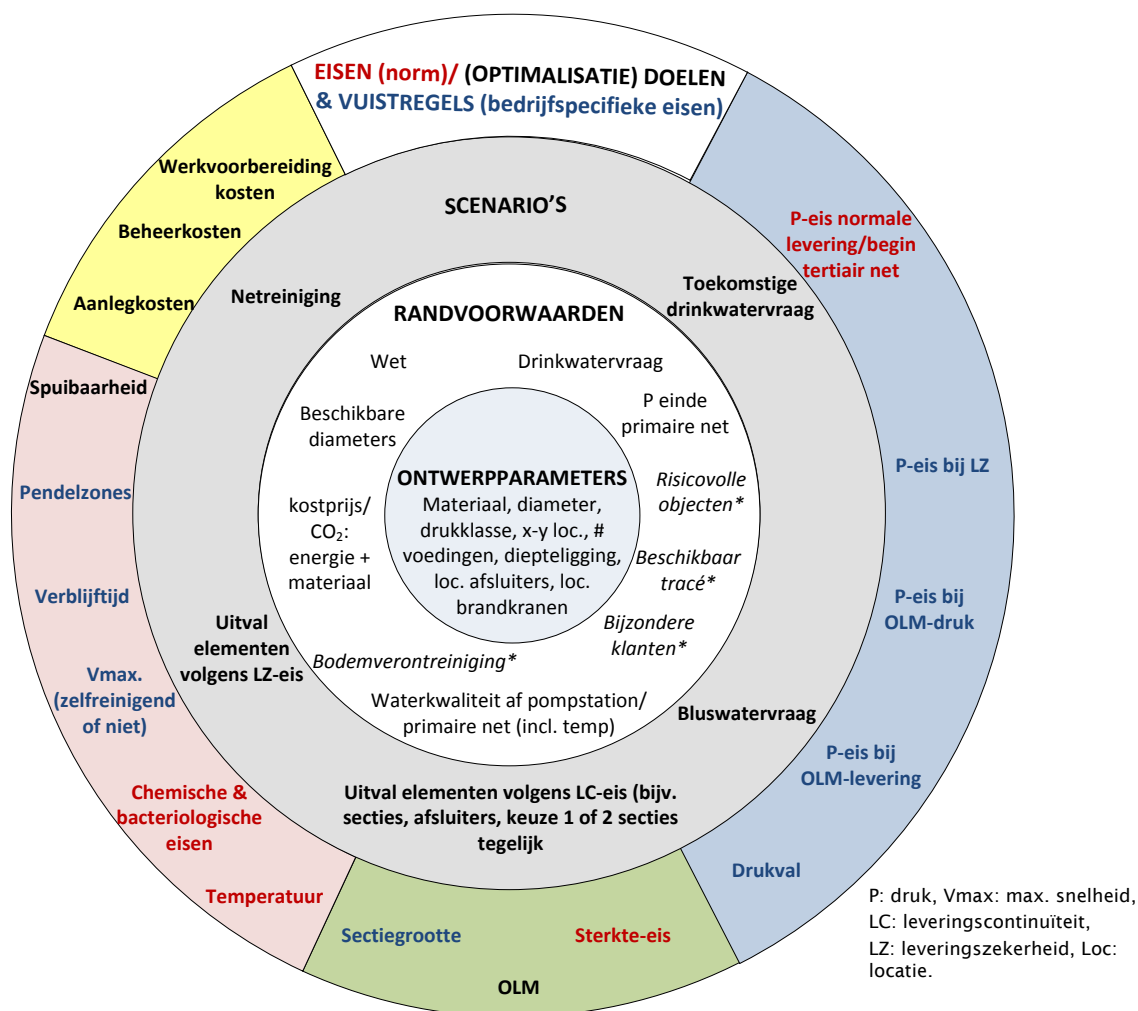
De opbrengsten van dit project zijn:

- Een overzicht van *best practices* voor het maken van een streefstructuur.
- Expliciete definities: voor doelen, eisen, vuistregels, etc.
- Aanbevelingen voor de implementatie van de PDCA cyclus op project en bedrijfsbreed niveau.
- Aanbevelingen voor automatisering van het ontwerp van streefstructuren.
- Herziening van de ontwerpcirkel en opzet voor toekomstige numerieke optimalisatie zoals bijvoorbeeld Gondwana.

2 Ontwerpen van streefstructuren

2.1 Inleiding – de ontwerpcirkel

Ontwerpen van een streefstructuur is een complex proces met diverse doelstellingen en randvoorwaarden. Blokker en Vogelaar (2011) hebben een ontwerpcirkel geïntroduceerd, waarin alle aspecten die met het ontwerp van het leidingnet samenhangen in relatie tot elkaar in cirkels en cirkelsegmenten zijn geplaatst. In deze studie is de ontwerpcirkel herzien zodat deze beter aansluit bij het (mogelijk te automatiseren) ontwerpproces, zie Figuur 2-1. De ontwerpparameters worden bepaald door zowel de randvoorwaarden die men oplegt als de scenario's die men kiest en de eisen aan het ontwerp. Via de weergave van deze ontwerpcirkels wordt geprobeerd samenhangende aspecten te structureren.



De ontwerpparameters (binnenste cirkel) worden bepaald door zowel de randvoorwaarden (eerste ring) die men oplegt als de scenario's (tweede ring) die men kiest en de eisen, doelen of vuistregels (buitenste ring) aan het ontwerp. De buitenste ring bevat vier ontwerpcriteria, elke met verschillende eisen/doelen en/of vuistregels (rode, zwarte en blauwe tekst).

FIGUUR 2-1 ONTWERPCIRKEL

2.2 Eisen, (optimalisatie)doelen en vuistregels

Vier criteria worden in de buitenste ring van de ontwerpcirkel onderscheiden:

- 1) Minimale druk (blauwe gebied): onder verschillende omstandigheden,
- 2) Lage OLM (groene gebied): zo min mogelijk onderbrekingen en lage druk,
- 3) Waterkwaliteit (roze gebied): het leidingnet dient zo min mogelijk negatieve effecten te hebben op veranderingen van de waterkwaliteit en
- 4) Kosten (gele gebied) ten opzichte van functionaliteit: een zo goed mogelijk ontwerp tegen minimale kosten voor aanleg en beheer.

Voor elk van de vier criteria worden eisen (rode tekst buitenste cirkel), doelen (zwarte tekst buitenste cirkel) en vuistregels (blauwe tekst buitenste cirkel) gehanteerd. In dit rapport wordt onderscheid tussen algemene en specifieke doelen en tussen harde en zachte eisen gemaakt, zie Tabel 2-1. Harde doelen hebben een specifieke streefwaarde die bereikt moet worden, zachte doelen geven een indicatie van de voorkeur van de waarde.

In het kader van dit rapport zijn de volgende definities gehanteerd: **Eis** is iets dat verlangd wordt krachtens recht of macht; in dit rapport worden normen en wetten als eisen beschouwd. Deze eisen zijn meestal specifiek, bijv. P-eis bij normale levering. **Doel**: mikpunt, goal, datgene wat je wilt bereiken. **Vuistregel** is een vereenvoudigde, makkelijk toe te passen procedure voor een complexe berekening of handeling. Vuistregels kunnen bestaan uit kentallen of vereenvoudigde formules. De uitkomst van een vuistregel-berekening resulteert vaak in een benadering.

TABEL 2-1 TYPE DOELEN, EISEN EN VUISTREGELS (KLEUREN ZOALS IN DE ONTWERPCIRKEL)

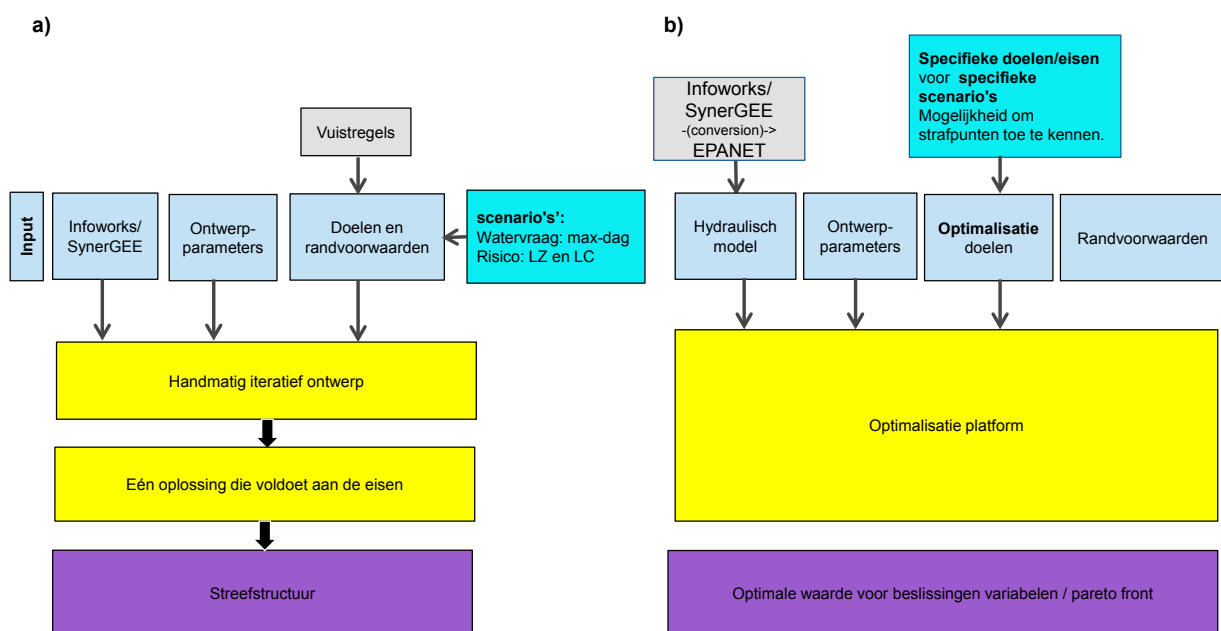
	Algemeen	Specifiek
Hard (verplicht)	Geen specifieke streefwaarde, maar wel bekend of een bepaald criteria minimaal of maximaal moet zijn Doel: Bijvoorbeeld: Altijd minimale verblijftijd.	Er is een streefwaarde bekend, die altijd bereikt moet worden Eisen: normen, wetten bijv. P-eis bij normale levering
Zacht (optioneel/vrijwillig)	Doel: Bijvoorbeeld, het streven naar kleinere leidinginhoud. (optimalisatie) doel Bijvoorbeeld, zo laag mogelijke OLM of zo min mogelijk mazen.	Optimalisatie (doelen) Het volumenetwerk minimaliseren terwijl de minimale druk (P-eis) wordt geleverd. Bedrijfseisen* (Vuistregels) Bijv. Drukgradiënt onder X m/km leidingen. of Maximale sectiegrootte is X aansl./sectie en max. Y km/sectie.

*Indien de streefwaarde niet is bereikt, worden strafpunten toegekend.

In het huidige ontwerpproces zijn geen formele 'optimalisatiedoelstellingen' vastgelegd. Dit kan worden verklaard doordat het een arbeidsintensief proces is, zie Figuur 2-2A. Eigenlijk is het alleen door automatisering mogelijk om diverse ontwerpen met elkaar te vergelijken en te komen tot een optimaal ontwerp. In het huidige proces wordt één ontwerp dat voldoet aan de eisen en doelstelling gebruikt als streefstructuur, door het ontwerpproces te automatiseren kunnen meerdere ontwerpen gemaakt worden. Deze kunnen vervolgens vergeleken worden om het optimale te kiezen. Door de complexiteit van distributienetwerken en het grote aantal randvoorwaarden en daardoor mogelijkheden is het

voor de geïnformeerde en ervaren professional uitdagend om te voorzien wat het beste ontwerp zal zijn. In de praktijk (zie hoofdstuk 3) blijkt ook dat slechts een beperkt aantal scenario's wordt uitgewerkt / doorgerekend.

Om de mogelijkheden omtrent automatisering inzichtelijk te maken, beschrijft Figuur 2-2B hoe Gondwana werkt en introduceert de benodigde begrippen voor het automatiseren van het ontwerp van streefstructuur. Gondwana is een softwaretool die in staat is om op gestructureerde wijze wijzigingen aan te brengen in het ontwerp of de operatie van een model van een drinkwaterdistributienetwerk, de prestatie van het gewijzigde ontwerp te bepalen op één of meerdere door de gebruiker gekozen doelstellingen, en aan de hand hiervan nieuwe wijzigingen aan te brengen, zodanig dat in een iteratief proces naar een optimaal presterend ontwerp dan wel operatie wordt toegewerkt.



FIGUUR 2-2 SCHEMATISCHE REPRESENTATIE VAN A) HET HUIDIGE ONTWERPPROCES EN B) ONTWERP MET GONDWANA OF ANDERE OPTIMALISATIETOOL

2.3 Ontwerpparameters

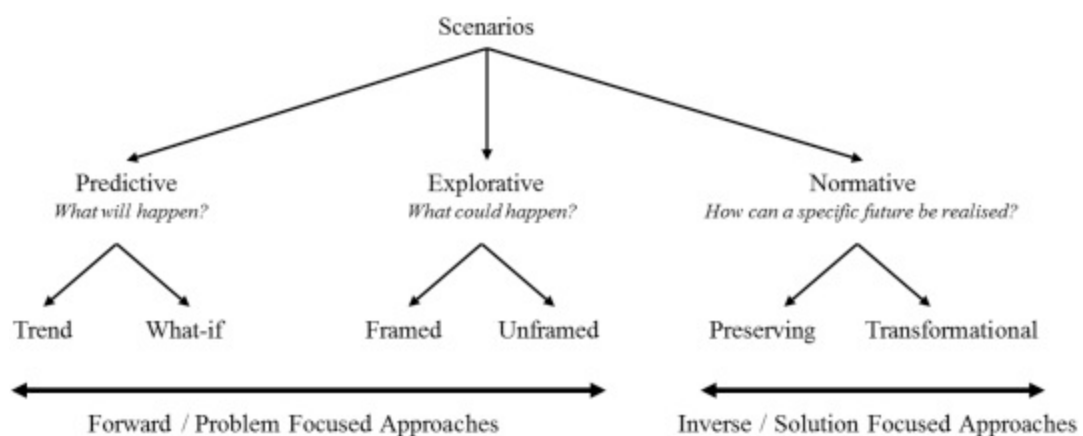
Ontwerpparameters, die in Gondwana Beslisvariabelen zijn genoemd (*decision variables*), kunnen bestaan uit bijvoorbeeld diameters en materiaal, tracé, lay-out, afsluiterconfiguratie, plaatsing van brandkranen. Voor elke beslisvariabele dient een oplossingsruimte ('solution space') te worden beschreven, bijvoorbeeld voor diameter de in de markt beschikbare diameters van een bepaald materiaal, maar ook het beschikbare tracé, d.w.z. de mogelijke locaties van nieuwe leidingen.

2.4 Scenario's

In het algemeen wordt tot nu toe met één scenario van de toekomstige watervraag gerekend. Verder werd het ontwerp getest met één faalscenario, nl. leveringszekerheidsanalyse. Een aanvullend faalscenario is de analyse van de leveringscontinuïteit. Netwerken hebben een lange levensduur – in het algemeen langer dan 50 jaar, d.w.z. dat deze infrastructuur (goed) moet kunnen presteren onder variabele condities. Zoals eerder beschreven is ontwerpen van het net een complexe taak. Ontwerpen van een streefstructuur heeft een tijdshorizon van 20

tot 50 jaar, maar de toekomst is ongewis. Om de onzekerheid te incorporeren in het ontwerp worden vaak scenario's gebruikt. Scenario's zijn ontwikkelingen die in de toekomst zouden kunnen optreden. Er zijn verschillende typen scenario's afhankelijk van het doel van de analyse. In de literatuur worden drie soorten onderscheiden: voorspellende (predictive), verkennende (explorative) en normatieve (normative), zie Figuur 2-3. Elk soort scenario is gerelateerd aan een specifieke vraag over de toekomst:

- Voorspellend: wat gaat er gebeuren? Bijv.
 - **Trend:** hoe zal de watervraag zich ontwikkelen binnen 5/10 jaar?
 - **Wat-als:** Wat als een leidingbreuk optreedt?
- Verkennend: Wat zou er kunnen gebeuren? Bijv.
 - **Framed (Ingekaderd):** Welke veranderingen zouden kunnen plaatsvinden in waterapparatuur? Kan de piekvraag worden gemodelleerd, gebaseerd op historische veranderingen om de mogelijke range van de veranderingen te verkennen (min/max)?
 - **Unframed (Niet-ingekaderd):** Welke veranderingen zouden kunnen plaatsvinden in de maatschappij of economie? Zouden zij een invloed op de watervraag hebben?
- Normatief: Hoe kan een specifieke toekomst gerealiseerd worden? Bijv.
 - **Preserving (Behoud):** Hoe kunnen wij een transitie ondergaan naar een streefstructuur binnen 30 jaar?
 - **Transformational (Transformationeel):** Hoe kunnen wij overstappen naar een gedecentraliseerd systeem binnen 30 jaar?

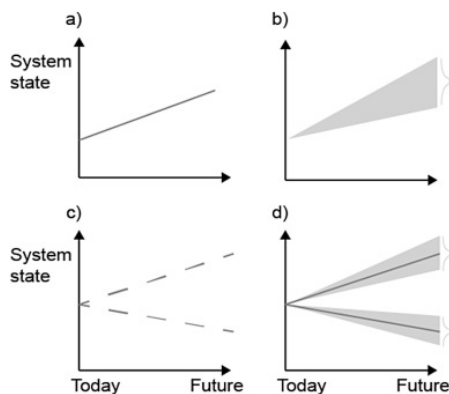


FIGUUR 2-3 TYPE SCENARIO'S (MAIER ET AL. 2016)

Maier et al. (2016) beschrijven op een iets andere wijze ook vier typen voorspellingen, zie Figuur 2-4. De vier voorspellingen zijn: a) anticiperen op de toekomst op basis van de beste beschikbare kennis; dit sluit aan bij voorspellend en normatief, b) het kwantificeren van de toekomstige onzekerheid; dit sluit aan bij voorspellend en verkennend, c) het verkennen van meerdere plausibele toekomstige situaties; dit sluit aan bij verkennend en d) het combineren van de drie paradigma's om verschillende bronnen van onzekerheden aan te pakken. Deze vormen van aanpak zijn complementair en kunnen worden gebruikt om de bovengenoemde scenario's te beschrijven.

Voor het netontwerp kunnen verschillende scenario's worden gebruikt (na het ontwerpen) om de robuustheid van het ontwerp te testen. Dit wordt al gedaan voor leveringszekerheids- en leveringscontinuïteitsanalyses, waarin een ontwerp wordt getest met een faalscenario, het

falen van een afsluitersectie. Indien het ontwerp niet voldoet aan de verwachtingen, moet het ontwerp aangepast worden.



FIGUUR 2-4 TYPE VOORSPELLINGEN: A) ANTICIPEREN OP DE TOEKOMST OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE KENNIS, B) HET KWANTIFICEREN VAN DE TOEKOMSTIGE ONZEKERHEID, C) HET VERKENNEN VAN MEERDERE PLAUSIBELE TOEKOMSTIGE SITUATIES, D) HET COMBINEREN VAN DE DRIE PARADIGMA'S OM VERSCHILLENDE BRONNEN VAN ONZEKERHEDEN AAN TE PAKKEN

In het verleden was het gebruik van meerdere scenario's voor het netontwerp en netanalyse beperkt, want het was een tijdrovend proces door de beperkte beschikbaarheid van rekenhulpmiddelen. In de laatste decennia, met meer rekencapaciteit en betere tools, worden vaker scenario's gebruikt. Een voorbeeld is de stresstest ontwikkeld door Agudelo-Vera en Blokker (2014), waarin bestaande netten worden doorgerekend met twaalf watervraagscenario's, waarvan er acht behoorlijk extreem zijn. De stresstest gebruikt verschillende plausibele scenario's, rekening houdend met een brede variatie in de toekomstige watervraag. Vijf indicatoren werden gebruikt om de gevolgen van de scenario's te kwantificeren en te vergelijken: 1) watervraag, 2) piekvraag, 3) drukval, 4) verblijftijd en 5) maximum snelheid (zelfreinigend vermogen alleen voor tertiaire leidingen). Door een dergelijk uitgebreid bereik van mogelijke scenario's te gebruiken, kan de robuustheid van het net goed worden ingeschat. Daarvoor is het niet nodig om de toekomstscenario's heel exact te kennen.

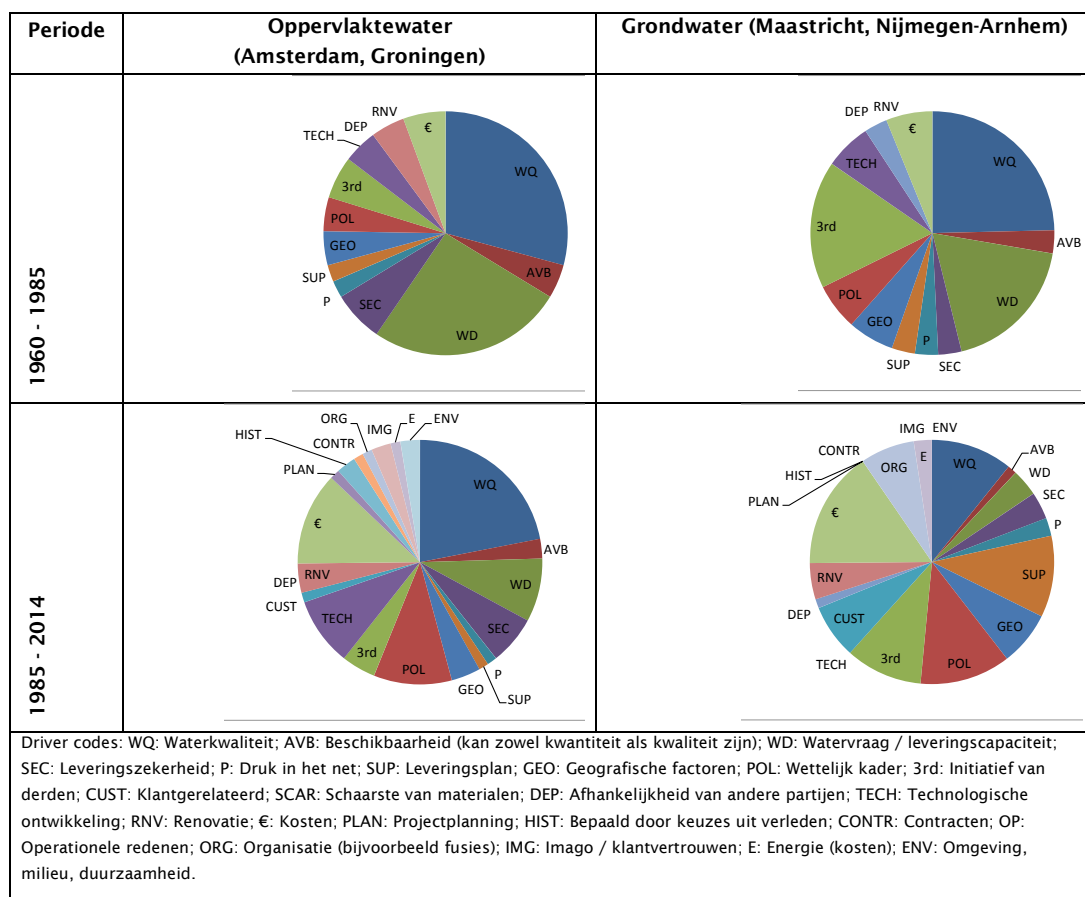
Er zijn ook contextscenario's of externe scenario's denkbaar; deze scenario's beschrijven de omgeving. In het afgelopen verkennende onderzoek 'drinkwaterinfrastructuur van de toekomst' werden vier scenario's geschetst: de collectieve stad, de intelligente stad (smart city), de competitieve stad en de zelfvoorzienende stad (Blokker et al. 2015). De scenario's zijn uitgezet op twee assen. De ene as is die van een sterke tegenover een zwakke regulerende overheid. De andere as is die van een oriëntatie gericht op de samenleving als geheel, het collectief, versus een maatschappij gericht op de markt en het individu. Deze vier steden bieden elk een andere context voor de organisatie van een drinkwaterbedrijf en hun drinkwaterinfrastructuur. De contextbeelden zijn zo toe te passen (uitgangspunten), zijn verder te specificeren voor de eigen omgeving of een waterbedrijf kan ervoor kiezen volledig eigen contextbeelden te construeren.

2.5 Randvoorwaarden

Voor elke beslisvariabele moeten er randvoorwaarden worden beschreven. Dit zijn voorwaarden waaraan het ontwerp moet voldoen, bijvoorbeeld een randvoorwaarde voor de keuze van diameter is de in de markt beschikbare diameters van een bepaald materiaal. Locatiespecifieke aspecten kunnen ook randvoorwaarden zijn, zoals het beschikbare tracé, d.w.z. de mogelijke locaties van nieuwe leidingen of de aanwezigheid van

bodemverontreiniging. In het ontwerpproces kan gebruik worden gemaakt van gebiedsafhankelijke randvoorwaarden, bijvoorbeeld middels onderscheid in voorzieningsgebieden of secties op basis van het type verbruiker middels additionele (bedrijfseigen)ontwerprichtlijnen zoals sectiegrootte voor landelijk gebied of dimensionering ten behoeve van bluswatercapaciteit op industriegebieden.

Het ontwikkelen en ontwerpen van waterinfrastructuur is gedreven door verschillende factoren en is locatiespecifiek. Palmen en Agudelo-Vera (2015) hebben 23 drivers geïdentificeerd en geanalyseerd voor vier steden in verschillende perioden. De analyse liet zien dat de drivers sterk beïnvloed worden door de lokale omstandigheden en dat de drivers door de tijd veranderen, zie Figuur 2-5. De grootte van een taartpunt betekent de frequentie van voorkomen van de drivers tijdens de genoemde periode. Deze veranderingen laten zien dat het gewicht van verschillende criteria varieert over de tijd. Dus het netontwerp vereist dat rekening wordt gehouden met de veranderende omgeving waarin de netten zich bevinden. Voor het vastleggen van een streefstructuur betekent dit dat een (optimaal) ontwerp alleen beschouwd kan worden ten opzichte van specifieke doel(en) en context(en).



FIGUUR 2-5. TRENDS IN DRIVERS, VOOR OPPERVLAKTEWATERBEDRIJVEN EN GRONDWATERBEDRIJVEN (PALMEN EN AGUDELO-VERA 2015)

3 Beschrijving van het ontwerpproces

3.1 Inleiding

De afgelopen vijf jaar hebben verschillende bedrijven ervaring op gedaan met het ontwerpen van streefstructuren. De voorliggende evaluatie is gedaan met Brabant Water, PWN en WML. In totaal zijn voor 56 (deel)gebieden streefstructuren ontworpen door deze waterbedrijven. Gezamenlijk is meer dan 14.286 km streefstructuren ontworpen en de verwachting is dat er nog minimaal 12.563 km streefstructuren bijkomt de komende tien jaar. Dit hoofdstuk beschrijft het proces vanuit het PDCA perspectief.

3.2 Plan – Inrichting van het proces

In 2011 is een stappenplan getest middels pilotstudies (Blokker en Vogelaar 2011). De behoefte hieraan kwam voort uit de voorziene toekomstige saneringen en reconstructies waarvoor een duidelijke visie voor het secundaire net steeds belangrijker is geworden. Verder wil men zich pro-actiever voorbereiden op het eindplaatje van de netstructuur in plaats van gelijke diameters terug te leggen en focussen op lokale (suboptimale) oplossingen voor ontwerp.

De streefstructuur is een hulpmiddel dat richtinggevend is om tot een goed ontwerp te komen van te saneren gebieden en leidingen. Het belang van een te onderbouwen ontwerp wordt in toenemende mate erkend. In de praktijk varieert de omvang van de ontworpen gebieden: van grootschalige gebieden en renovaties tot het gehele voorzieningsgebied. Brabant Water en PWN gaan 'grootschaliger' saneren en maken voor die gebieden een streefstructuur. Het gevolg is dat Brabant Water en PWN voor ad hoc saneringen, waar nog geen streefstructuren zijn ontworpen, moeten terugvallen op de sub optimale methode om aan te geven of een leiding secundair of tertiair moet worden. WML saneert minder ad hoc en heeft een streefstructuur voor het gehele voorzieningsgebied. Omdat WML de streefstructuur gereed heeft, is het maken van een ontwerp van een te saneren gebied relatief eenvoudig: de secundaire structuur en diameter liggen vast en het gedeelte dat tertiair is en zelfreinigend kan worden ontworpen en aangelegd, is ook bekend. Met een saneringsvolume van ca. 1,25% per jaar, realiseert WML zich dat een streefstructuur veroudert en dat deze regelmatig ge-update moet worden.

Omtrent de gewenste gebiedsomvang verschillen de inzichten tussen de drinkwaterbedrijven: van geen gehanteerd minimum tot individuele wijken, stadsdeelniveau, drukzone en/of distributiegebied. Inzichten verschillen in de (1) toegevoegde waarde van een streefstructuur voor gemeenten waar beperkt gewerkt gaat worden en (2) te hanteren uitgangspunten voor streefstructuren voor niet stedelijke gebieden. Het vaststellen van een minimale omvang van de te ontwerpen streefstructuur wordt in de praktijk gebaseerd op bedrijfseigen inzichten. Hierin worden bijvoorbeeld gebiedskennis door de ontwerper, tijdsbesteding en invloedszone (hoe beïnvloedt een leiding of sectie de rest van het voorzieningsgebied) meegenomen.

3.2.1 Scenario's

Bepaling drinkwatervraag

Het in het veld realiseren van een streefstructuur kan 20 tot 50 jaar duren. Daarom vereist dit rekening houden met een veranderend verbruik in de toekomst (Blokker en Vogelaar 2011). Omtrent de te hanteren tijdshorizon verschillen de inzichten, van kleiner dan 10 jaar tot prognoses met 2040 als richtjaar (bij Brabant Water 2015-2030 - (Baggelaar en van der Meulen 2015)). Daarnaast wordt door één bedrijf gebruik gemaakt van informatie omtrent bevolkingsgroei, -krimp en een prognose van de watervraag op gemeenteniveau. Het werken met scenario's draagt bij aan de toekomstbestendigheid van een streefstructuur.

De drinkwatervraag wordt door de bedrijven op verschillende manieren bepaald op basis van het gemiddeld huishoudelijk jaarverbruik maal dag- en uurfactor. Onzekerheid bestaat over of max uur wel op max dag plaatsvindt; dit wordt nader onderzocht in het lopende BTO project *'Toekomstig watergebruik en piekfactoren bij klimaatverandering'*. Er bestaat ook onzekerheid over de relatie jaarverbruik en max uur. Daarnaast wordt de bepaling van de drinkwatervraag mede beïnvloed door uitgangspunten voortkomend uit het bedrijfsbeleid omtrent bijvoorbeeld de brandkraancapaciteit.

Voor het ontwerpen van een streefstructuur dient een prognose te worden gehanteerd om in te kunnen spelen op te verwachten toekomstige ontwikkelingen. Aanbevolen wordt om rekening te houden met de mogelijke variaties van de drinkwatervraag gedurende de levensduur van het leidingnet, d.w.z. ca. 50 jaar. Vaak wordt hiervoor een prognose voor hoofdelijk verbruik en demografische ontwikkelingen gehanteerd. Het inschatten van de impact van toekomstige ontwikkelingen op de watervraag en daarmee het ontwerpen van een streefstructuur gaat gepaard met onzekerheden die deels samenhangen met de gehanteerde tijdshorizon. Vaak worden hier veiligheidsmarges voor ingebouwd die kunnen resulteren in (tijdelijk) overgedimensioneerde netten. Dit resulteert in investeringen in functionaliteiten waarvan niet zeker is of ze nodig zijn in de toekomst. In het algemeen, hoe langer de tijdshorizon hoe groter deze veiligheidsmarge is. Dit kan resulteren in een overdimensionering, een minder slank ontwerp dan strikt noodzakelijk. In tegenstelling tot wanneer de situatie alleen voor een korte termijn wordt beschouwd of wanneer onzekerheden niet meegenomen worden. Overdimensionering kan een negatieve invloed hebben op de waterkwaliteit (langere verblijftijden) en een positieve op zowel de OLM-levering als de OLM-druk (zie definities, Bijlage I). Daarnaast kan een plaatselijke onvoorziene uitbreiding een lokale verzwaring van het net vereisen. Vanwege de grote onzekerheid en de grote impact op het ontwerp kan beter gewerkt worden met een set aan mogelijke drinkwatervragen (zie stresstest (Agudelo-Vera et al. 2016)).

Bluswatercapaciteit

Aanbevolen wordt om voor het ontwerp gebruik te maken van de minimaal benodigde capaciteit van de brandkranen (Blokker en Vogelaar 2011). De brandkraancapaciteit varieert van nul (geen toets) tot 60 m³/h op iedere brandkraan in het primaire en secundaire net en komt voort uit afspraken met derden en bedrijfsbeleid.

Het bepalen van de bluswatercapaciteit dient zorgvuldig te worden opgenomen en ook dienen voorwaarden omtrent sprinklerinstallaties en specifieke afspraken, bijvoorbeeld omtrent brandkraankrommen eenduidig te worden vastgelegd. De bluswatercapaciteitseisen verschillen tussen de waterbedrijven en resulteren in mogelijk additionele kosten als gevolg van een zwaarder net. Dit heeft een positief effect op de drukgradiënt tijdens normale situaties. De bluseis kan resulteren in additionele verzwaring van het net, wat een negatieve invloed heeft op de waterkwaliteit door langere verblijftijden. Het voorzien van

bluswatercapaciteit resulteert in extra capaciteit gedurende normale bedrijfsvoering, wat de OLM m.b.t. druk ten goede komt. Brabant Water schat in dat secundaire netten altijd in staat zullen zijn 60 m³/h te leveren vanwege de betreffende diameters en mate van vermazing. Terwijl de ervaring van WML is dat incidenteel het secundaire net overgedimensioneerd moet worden voor de levering van 60 m³/h bluswater.

Toetsingsmethodiek leveringszekerheid (LZ) en leveringscontinuïteit (LC)

Het primaire en secundaire net dienen zodanig te zijn ingericht dat voldaan wordt aan de wettelijke leveringszekerheidsnorm. Volgens het drinkwaterbesluit dient bij uitval van een hoofdelement van het drinkwatersysteem in zwaartepunten van verbruik het resterende leveringsvermogen op dagbasis groter of gelijk te zijn dan 75 procent van de maxdag. Leveringszekerheid, toekomstprognoses en veiligheidsmarges kunnen leiden tot een overgedimensioneerd net of extra mazen met negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit (kans op pendelzones, verhoging verblijftijd). Additionele koppelingen tussen voorzieningsgebieden, grotere diameters en geringere sectiegroottes leiden tot een reductie van de OLM m.b.t. levering en (mogelijk) druk, omdat grotere diameters resulteren in een geringere drukgradiënt.

Toetsing van leveringszekerheid kan m.b.v. Infoworks middels een 'Critical Link Analysis' en m.b.v. Synergi middels een 'Reliability Analysis', waarbij elke sectie per testberekening wordt geïsoleerd. Toetsing op leveringszekerheid voor primaire secties vindt plaats volgens de Vewin 75 procent richtlijn. Voor de leveringscontinuïteit worden diverse bedrijfsnormen gehanteerd. Secundaire secties worden soms getoetst middels een bedrijfsnorm die stelt dat bij uitval van een sectie op max uur/ maxdag de druk in de aangrenzende secundaire secties nog minimaal 250 kPa bedraagt. Bij PWN is de bedrijfseigen norm: 100% levering bij uitval van 1 element (sectie) op max uur op de gemiddelde dag. Bij Brabant water worden aanvullend alle secundaire secties doorgerekend op leveringscontinuïteit. WML neemt aan dat de leidingen die tot het primaire net behoren binnen 24 uur gerepareerd kunnen worden. Dit wordt als basisrandvoorwaarde meegenomen in de LZ-analyse. Met InfoWorks WS wordt een 'Critical Link Analysis' uitgevoerd om het aantal aansluitingen te bepalen waar een te lage druk zal optreden bij uitval van individuele secties.

Leveringscontinuïteit is een aanvullend ontwerpcriterium voor het secundaire net. Leveringscontinuïteit wordt niet alleen door vermazing gerealiseerd maar ook door afsluiterplaatsing en de diameter van de leidingen. Voor de mate van vermazing geldt dit omdat in vergelijking met de huidige situatie in het geval van verstoring niet meer kan worden teruggevallen qua debiet- en druklevering op het (vermaasde) tertiaire net. Vaak richt deze norm zich op het leveren van een minimale restdruk als één secundaire sectie wordt afgesloten. Om de leveringscontinuïteit toe te laten nemen, dienen of meer mazen of grotere diameters te worden gehanteerd, wat een negatief gevolg kan hebben op de waterkwaliteit. Dit resulteert in een beperking van de OLM en drukgradiënt. Dit kan resulteren in meer secties. Deze maatregelen kunnen resulteren in een verzwaring van het net, wat gepaard kan gaan met aanvullende kosten. PWN heeft bij het ontwerpen van de streefstructuren ondervonden dat als je eerst toetst op drukgradiënt < 2m/km dat je dan weinig leidingen hoeft te verzwaren i.v.m. leveringszekerheid en leveringscontinuïteit. Het aantal aansluitingen per sectie beïnvloedt de OLM, het beperken van het aantal afsluiters tot twee á drie per sectie vergroot de leveringscontinuïteiten en beperkt de OLM (Blokker en Vogelaar 2011). Bij Brabant Water (en DPW) is onderzoek gedaan naar de optimale sectiegrootte met toelaatbare bandbreedte van aangesloten woningadressen (Vogelaar en Pieterse-Quirijns 2013). Dit is verwerkt in ontwerprichtlijnen die de leidingbouwers moeten hanteren bij nieuwe ontwerpen.

Er wordt geen expliciete eis aan de OLM gesteld. OLM wordt indirect beïnvloed door de ontwerprichtlijnen waarop secties in het technisch ontwerp worden ingedeeld. Dit is opmerkelijk aangezien leveringscontinuïteit de belangrijkste functie van het secundaire net is en nu vooral een gevolg van de beperkingen van handmatig ontwerpen. De bedrijven nemen de bestaande afsluiterconfiguratie op in het ontwerp van de streefstructuur. Leveringscontinuïteit wordt getoetst op basis van uitval van de secties. Als bij uitval van een sectie niet wordt voldaan aan de eis dan wordt eerst gekeken of dit kan worden opgelost door het bijplaatsen van afsluiters (andere sectionering). Bij Brabant Water wordt er met de bestaande afsluiters (vaak veel te veel) gerekend. Daar waar onvoldoende is gesectioneerd, met negatieve gevolgen voor leveringszekerheid, worden aanpassingen aan leidingen of appendages direct doorgevoerd. Bij toekomstige leidingbouwprojecten hanteren zij de ontwerprichtlijnen m.b.t. vereiste afsluiterlocaties om de leveringszekerheid en leveringscontinuïteit te borgen. De streefstructuur tezamen met de ontwerprichtlijnen vormen de pijlers van een LZ en LC distributienet. Bij PWN kan naar aanleiding van de LC analyse een extra afsluiter geplaatst worden. Indien dit niet het beoogde effect heeft, kan de leiding worden verzwaaard of wordt een extra koppeling gemaakt.

3.2.2 Gehanteerde eisen, doelen en vuistregels

Een streefstructuurontwerp moet voldoen aan de eisen en aan de randvoorwaarden van de optimalisatie. Verder worden bedrijfsspecifieke vuistregels gehanteerd, meestal zijn zij te beschouwen als zachte eisen. De doelen en vuistregels die de drinkwaterbedrijven hanteren, zijn niet volledig uniform. De bedrijven hanteren randvoorwaarden omtrent druk, leveringscontinuïteit, drukgradiënt en grote klanten. De inzichten verschillen in afspraken omtrent o.a. sprinklerinstallaties, bluswater vraag, BAG-data en bedrijfsnormen. Tabel 3-1 toont het overzicht van vuistregels voor het ontwerp van streefstructuren per bedrijf.

TABEL 3-1 OVERZICHT VAN VUISTREGELS VOOR HET ONTWERP VAN STREEFSTRUCTUUR

Indicator	PWN	BW	WML
# voedingen (v)	≤ 150 AL: 1 v 150 - 1000 AL: minstens 2 v > 1000 AL: minstens 3 v	≤ 300 wa: 2 v 500-1000 wa: 3 v 1000-1500 wa: 4 v >1500 wa ≥ 4 v	pompstation / drukvermeerderingsinstallatie
Minimale drukhoogte (kPa) – Max-dag	260	300	300
Max Drukgradiënt (mwk/km)	2	4 (sec-lussen)	6
Maximale sectielengte (km/sectie)	1,0		2,0
Sectiegrootte (aansl. /sectie)	n.v.t.	binnen bebouwde kom: 80 en buiten bebouwde kom: 50***]	n.v.t.**
maximale afstand tussen twee secundaire leidingen	600 m bij 150-200 aansluitingen	n.v.t.	360
Maximale snelheid (m/s)	Max. 1,5	Min. 0,2	Min. 0,3
% net met 1-richtingstroom	n.v.t.	Dmv controle stroombeeld	z.h.m.

Voed.: voeding(en), AL: aansluitingen, wa = woningadres n.v.t.: niet van toepassing, z.h.m.: zo hoog mogelijk.

* overzichtelijke eenduidige nieuwbouwwijken

** Bij het ontwerp wordt geen rekening gehouden met de sectiegrootte. Pas bij het in uitvoering gaan van een sanering wordt naar de sectiegrootte en de afsluiter plaatsing gekeken.

*** binnen bebouwde kom: 80 met een bandbreedte van 40 -120 aansl. en buiten bebouwde kom: 50 met een bandbreedte van 15 - 75 aansl.

Minimale drukhoogte onder normale levering

In de drinkwaterwet wordt een eis gesteld van minimaal 150 kPa na de watermeter bij een verbruik van 1 m³/h. Het toekomstige net dient zodanig te worden ontworpen dat voldaan

wordt aan het Drinkwaterbesluit en bedrijfsnormen. Dit resulteert in een minimale drukhoogteondergrens en mogelijk ook in een bepaalde drukhoogte op de overgang van het primaire naar secundaire net en van het secundaire naar tertiaire net. De drukhoogte heeft geen invloed op de waterkwaliteit. Beperking van de druk kan resulteren in een kleiner verschil tussen de bedrijfsdruk en de minimaal benodigde druk voor de levering. Dit kan ook direct invloed hebben op de levering. De sectiegrootte kan de benodigde restdruk in het tertiaire net beïnvloeden. De gehanteerde minimale druk verschilt per bedrijf van 250 kPa op maxuur maxdag tot minimaal 300 kPa op max uur maxdag in (een) referentiepunt(en) in een secundaire maas. Tevens worden er soms additionele bedrijfsnormen (zoals een drukgradiënt) gehanteerd voor het primaire net, secundaire leidingen en secundaire lussen. Voor secundaire lussen wordt bijvoorbeeld onderscheid gemaakt tussen stedelijk en buitengebied.

Maasgrootte en toelaatbare drukval in een secundaire lus

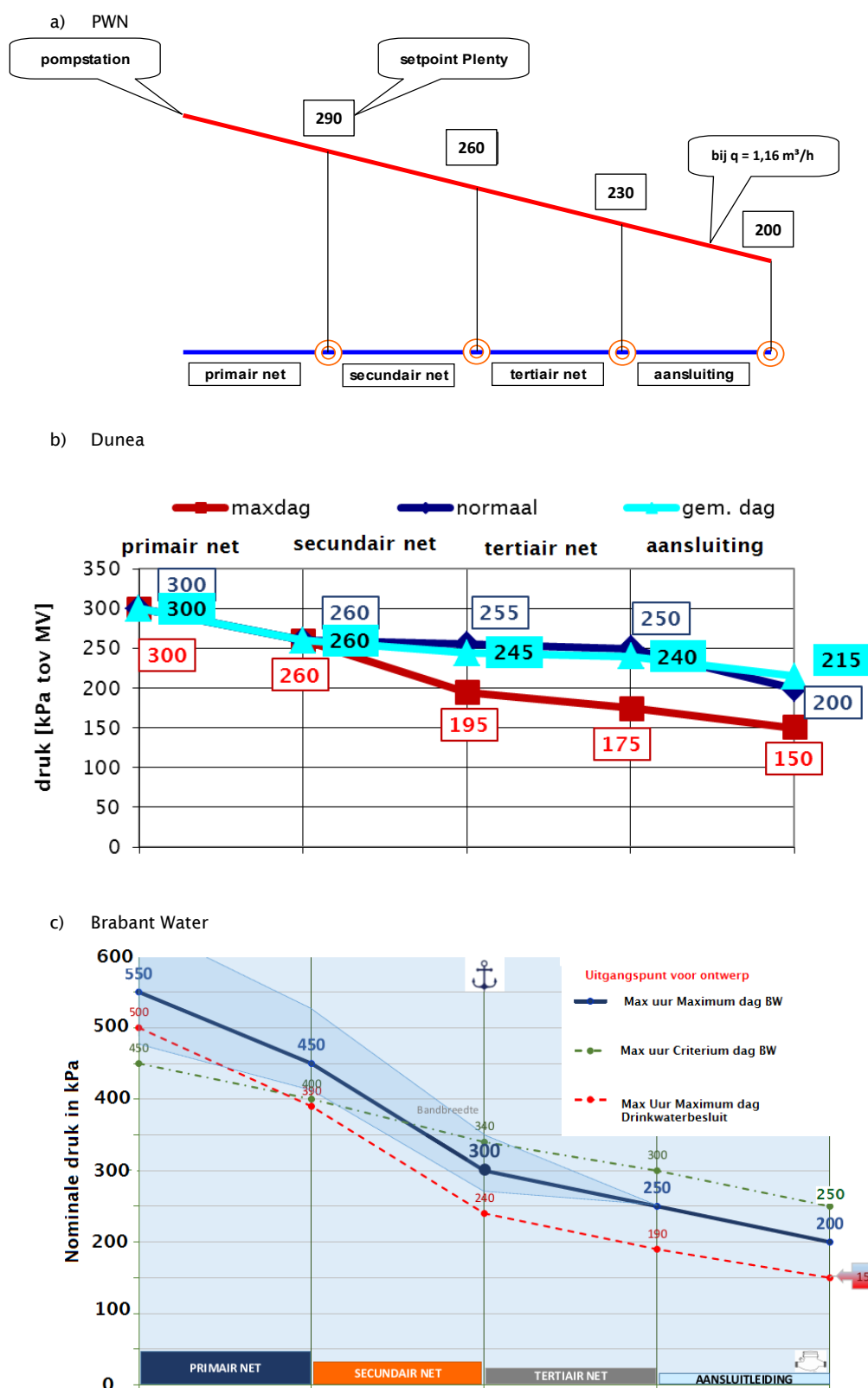
De maasgrootte wordt hoofdzakelijk beïnvloed door de maximaal toelaatbare drukval in een secundaire lus. Dit verschilt tussen de bedrijven en wordt voornamelijk beïnvloed door de bluswatercapaciteitsvraag. Hoe groter de toegestane drukval, hoe kleinere diameters gebruikt kunnen worden. Indien de bluswatervraag niet in het ontwerp wordt opgenomen, kan dit resulteren in kleine diameters en kan het wenselijk zijn om een additionele drukgradiënt op te nemen als ontwerpcriterium. Daarnaast kan de maasgrootte ook van invloed zijn op de OLM tijdens uitval van een sectie, want voor OLM-levering geldt een $P < 5$ mwk en voor OLM-druk geldt dat $5 \text{ mwk} < P < 15 \text{ mwk}$.

Bedrijven hanteren verschillende drukken voor het ontwerpen van streefstructuren, zie Figuur 3-1. PWN (Figuur 3-1a) hanteert een max. drukval van 30 mwk tussen het primaire en secundaire net en tussen het secundaire en tertiaire net. Dunea (niet betrokken bij deze studie) hanteert verschillende drukgradiënten afhankelijk van de watervraagscenario's, Figuur 3-1b. Brabant Water hanteert ook verschillende drukgradiënten per watervraagscenario, Figuur 3-1c. Verder hanteert Brabant Water voor zijn eigen bedrijfseis (Max uur maximum dag BW) niet een minimum drukeis, maar een toelaatbare drukrange, blauwe gebied in Figuur 3-1c. WML, niet in de figuur, hanteert een minimale druk van 30 mwk in primaire en secundaire en 25 mwk in tertiaire leidingen.

Sectiegrootte

Voor het indelen van secties moet rekening worden gehouden met: (1) het maximaal aantal aansluitingen per sectie, (2) maximale lengte van een tertiaire tak, (3) het beperken van het aantal afsluiters per sectie, (4) het vermijden van afhankelijke secties (Blokker en Vogelaar 2011). N.B. bij (3): De afsluiters die door de aannemer als extra geplaatst worden t.b.v. het uitvoeren van het werk, worden als 'tijdelijke afsluiters' gezien die vervolgens fysiek worden uitgenomen. Een alternatief is gebruik te maken van mesafsluiters (van Vossen en Vogelaar 2016). Daarnaast bestaat de mogelijkheid de afsluiters in de registratie op te nemen met kenmerken dat ze buiten gebruik zijn en er geen onderhoud aan gepleegd hoeft te worden. Bijlage V toont de ontwerp richtlijnen van Brabant water i.v.m. sectiegrootte en afsluiters configuratie.

De sectiegrootte varieert per waterbedrijf en heeft invloed op het bereik van de secundaire leidingen. Het is mogelijk dat de uitgangspunten van het tertiaire net het ontwerp van het secundaire net beïnvloeden, wat kan resulteren in een verschuiving van de kosten. Het hanteren van een geringe sectiegrootte komt de OLM, zowel m.b.t. druk als voor leveringscontinuïteit, ten goede. Dit kan echter resulteren in een klein bereik en daardoor intensieve vermazing, wat het aantal pendelzones vergroot.



FIGUUR 3-1 DOOR PWN, DUNEA EN BRABAN WATER GEHANTEERDE DRUKGRADIËNT VOOR HET ONTWERPEN VAN STREEFSTRUCTUREN

De gehanteerde sectiegrootte varieert van circa 50 aansluitingen buiten de bebouwde kom tot een maximale sectiegrootte van 150. Door de bedrijven worden verschillende uitgangspunten en ontwerptools gebruikt voor het tertiaire net; naar verwachting resulteren die in een bepaalde maximale afstand tussen twee secundaire leidingen. De gemiddelde perceelbreedte verschilt tussen de Randstad en het platteland en werkt hierin door. Daarmee beïnvloeden de uitgangspunten voor het tertiaire net het ontwerp van het secundaire net. Dit kan resulteren in een verschuiving van aanlegkosten vanuit het tertiaire naar secundaire net. Dit is van belang voor de evaluatie van het gehele net of primair/secundair of tertiair apart.

Het plaatsen van afdoende afsluiters lijkt een balans te zijn tussen sectionering, uitvoering, kosten en OLM. De kans op opschalen van de OLM wordt groter wanneer een sectie veel afsluiters heeft en daardoor slechter beheersbaar. De impact van het aantal afsluiters op de waterkwaliteit en OLM m.b.t. druk is beperkt. De sectiegrootte beïnvloedt de OLM m.b.t. levering als gevolg van de kans op opschalen. Daarnaast heeft het aantal afsluiters direct gevolgen voor de aanleg- en beheerkosten.

Niet alle drinkwaterbedrijven plaatsen afsluiters in de streefstructuurontwerpen. Het benodigde aantal afsluiters wordt o.a. beïnvloed door de gehanteerde sectiegrootte. Vaak worden twee afsluiters geplaatst rond de aftakking van het tertiaire net of drie op een T-splitsing (lege sectie). Het beheersen van het aantal afsluiters tijdens de uitvoering vormt een spanningsveld tussen uitvoering en ontwerp en kan resulteren in kleine secties, afhankelijke secties en meer afsluiters per sectie t.o.v. de ontwerpnormen. Uitgangspunten op basis van het type waterverbruiker kunnen van toegevoegde waarde zijn. Ze dragen bij aan uniformere en beter te onderbouwen streefstructuurontwerpen. Onderscheid in voorzieningsgebieden of secties op basis van het type verbruiker (het type verbruiker bepaalt de drinkwatervraag en/of drukeis) middels additionele (bedrijfseigen) ontwerprichtlijnen wordt beperkt toegepast. Voorbeelden zijn een aanvullende sectiegrootte voor landelijke gebieden en lange leidingen naar slechts één of enkele agrarische bedrijven of op industrieterreinen.

Snelheid, verblijftijd en pendelzones

De aanpak per bedrijf verschilt m.b.t. snelheid. Een directe aanpak is het hanteren van een bepaalde grens voor de ontwerpsnelheid. De toegepaste ontwerpsnelheid bij de drinkwaterbedrijven is afhankelijk van het bedrijfsbeleid, Tabel 3-1. Een indirecte aanpak is het hanteren van een drukgradiënt-eis.

Het is niet bekend wat de maximaal acceptabele verblijftijd in het leidingnet is. Daarnaast is in het secundaire net vermazing vereist om de leveringscontinuïteit te waarborgen. Om verblijftijden te reduceren en een eenduidige stromingsrichting te verkrijgen tijdens normaal verbruik kan gebruik worden gemaakt van verjonging (het selectief verkleinen van bepaalde leidingen). Dit resulteert in minder stromingsomkeringen terwijl de leveringszekerheid gewaarborgd blijft (Trietsch en Blokker 2004). Het reduceren van verblijftijden en het aantal mazen en daarmee het risico op pendelzones is aan te raden. Hiervoor zijn vooralsnog geen eenduidige richtlijnen gedefinieerd. Het verder verslanken en reduceren van vermazing kan de OLM-levering en OLM-druk negatief beïnvloeden. Er wordt geen eis voor verblijftijd gehanteerd en hierop wordt niet getoetst. Een bedrijf geeft aan te proberen middels netwerkvormgeving en dimensionering invloed uit te oefenen op de stroomrichting. Tot nu toe worden geen eisen aan pendelzones gesteld.

Om snelheid, verblijftijd en pendelzones in kaart te brengen, wordt aanbevolen om specifieke verbruikspatronen te gebruiken. Het gebruik van de specifieke verbruikspatronen (SIMDEUM-patronen) in plaats van de huidige praktijk (pompstation-patronen) geeft een

andere voorspelling van het stromen van het water door de leidingen. Verschillen zijn gevonden in o.a. tijdstip van maximale volumestroom in een leidingdeel, in pendelzones, in route van waterstromen en in verblijftijden. Het gebruik van verschillende verbruikspatronen leidt tot een verbeterd inzicht in deze aspecten en heeft invloed op de beoordeling van de waterkwaliteit (Pieterse-Quirijns en van de Roer 2013).

Een bedrijf geeft aan dat er bij het ontwerpen van tertiaire netten op wordt aangestuurd om verbruik zodanig te koppelen aan en verdelen over de secundaire lussen, dat er 'voor het gevoel' een redelijke verversing optreedt over de secundaire mazen. Er wordt verwacht dat middels automatisering bepaald kan worden op welke manier, tijdens op realistische wijze variërend verbruik (SIMDEUM-patronen), zo min mogelijk stroomomkeringen optreden en wat, tijdens uitval van een sectie, de mate van invloed op de OLM (onderbreking en eventueel ook druk) is.

3.2.3 Randvoorwaarden en locatiespecifieke aspecten

In het ontwerpproces kan gebruik worden gemaakt van algemene en/of gebiedsafhankelijke randvoorwaarden. Algemene randvoorwaarden zijn bijv. de huidige watervraag of de beschikbare diameters. Gebiedsafhankelijke randvoorwaarden zijn bijv. het onderscheid maken op basis van het type gebruiker of additionele (bedrijfseigen)ontwerprichtlijnen zoals sectiegrootte voor landelijk gebied of dimensionering t.b.v. bluswatercapaciteit op industriegebieden. Een ander voorbeeld zijn de leidingen op gebiedsgrenzen die zorgen voor koppeling tussen gebieden om LZ te garanderen bij calamiteiten. Het hanteren van gebiedsafhankelijke randvoorwaarden kan resulteren in (lokale) overdimensionering. Dit kan de OLM-druk en -levering positief beïnvloeden, maar de waterkwaliteit negatief.

Tracéontwerp en locatiekeuze van afsluiters

Het netontwerp betreft het: tracéontwerp, dimensionering van leidingen en locatiekeuze van afsluiters. Het tracé (vorm/lay-out) wordt hoofdzakelijk bepaald door het stratenpatroon. Andere factoren zijn bijv. bijzondere gebruikers zoals ziekenhuizen en vergunningsgebieden en/of bodemverontreiniging. Daarnaast dient het netontwerp ingedeeld te worden in secties. De sectiegrootte en leveringscontinuïteit en daarmee OLM beïnvloeden elkaar (Blokker en Vogelaar 2011). Het uitgangspunt is het bestaande tracé van de huidige leidingen; bij uitzondering wordt hiervan afgeweken. Het optimaliseren van het tracé kan resulteren in een andere vormgeving en benodigde dimensionering van het leidingnet, wat kan resulteren in een slanker ontwerp. Dit kan de waterkwaliteit en kosten van aanleg en beheer ten goede komen. Daarentegen kan een slanker ontwerp resulteren in een toename van de OLM-druk en afhankelijk van de gekozen sectionering wordt de OLM-levering beïnvloed. De ontwerprichtlijnen voor afsluiters en voorkeurssectiegrootte worden mede vormgegeven door het bedrijfsbeleid, zie Tabel 3-1. Voor PWN geldt dat als in de praktijk blijkt dat een straat verder beter uitkomt, in overleg hiervoor wordt gekozen. Een voorbeeld van een locatiespecifieke randvoorwaarde van WML is dat het leidingnet op industrieterreinen niet wordt gewijzigd ten opzichte van de huidige situatie i.v.m. levering van bluswater.

Er zijn volgens de ontwerprichtlijnen van Brabant Water een aantal plekken in het primaire en secundaire net (nl. de kruispunten) van waaruit een sectionering bepaald kan/moet worden. Locatie van afsluiters gebeurt bij PWN pas bij het ontwerpen van het tertiaire net. Het is niet mogelijk om dit bij het ontwerp van de streefstructuur mee te nemen, omdat het tertiaire net nog niet is bepaald. Bij WML worden de bestaande afsluiters in de streefstructuur aangehouden. Er worden in de streefstructuur alleen afsluiters bijgeplaatst indien dit noodzakelijk is voor de leveringszekerheid of leveringscontinuïteit. Op het moment dat een sanering wordt voorbereid, wordt gekeken naar de juiste afsluiterplaatsing en sectionering.

Het onderscheid tussen primaire, secundaire en tertiaire netten

Er wordt onderscheid gemaakt tussen primaire, secundaire en tertiaire netten. Alle waterbedrijven gebruiken de huidige diameters om de primaire, secundaire en tertiaire functies te onderscheiden. De aanpak voor het bouwen van hydraulische modellen voor het ontwerp van streefstructuren varieert per bedrijf. WML werkt met modellen met alle primaire, secundaire en tertiaire leidingen, terwijl PWN en Brabant Water werken met (verdunde) modellen met alleen primaire en secundaire leidingen.

Het onderscheid tussen primaire, secundaire en tertiaire wordt vaak handmatig gemaakt op basis van o.a. huidige diameters, volumestroom, grootverbruikers, locatie van risicovolle elementen en varieert per bedrijf (zie Bijlage IV).

Bij het ontwerp van het secundair net zijn (soms) twee typen leidingen te onderscheiden: secundaire hoofdleidingen en secundaire lussen. De secundaire hoofdleidingen ontsluiten de zwaartepunten binnen een plangebied; ze verbinden het primaire net met de secundaire lussen. Tertiaire netwerken kunnen ook direct aangesloten zijn op het secundaire hoofdleidingnet. Bij PWN gebruikt men deze termen niet; men spreekt alleen van secundaire leidingen. Hierbij wordt gewerkt met een maximale afstand tussen secundaire leidingen van 600 m. Bij Brabant Water wordt het onderscheid tussen secundaire hoofdleidingen en secundaire lussen ook toegepast bij de bepaling van de netvorm, om daarna leidingen te kunnen dimensioneren (bepaling diameters). In de streefstructuur als eindproduct worden secundaire hoofdleidingen en lussen samengevoegd tot een secundair net. Het onderscheid dient dus slechts als tussenstap.

Indien de hieruit ontworpen secundaire hoofdmaas onvoldoende leveringscontinuïteit is of als er een extreem hoge watervraag in het centrum aanwezig is, worden secundaire lussen toegevoegd. Vaak wordt voor de dimensionering van een secundaire hoofdstructuur de huidige diameter aangenomen en vervolgens verkleind of verzwaard. Voor een secundaire lus wordt vaak gestart met een diameter van 110 mm. Aanvullend worden omtrent het gebruik van lusstructuren bedrijfseigen keuzes gemaakt die resulteren in termen als 'steunlussen' en 'maatwerkoplossingen'. Dit kan voortkomen uit de afhankelijkheid van het tracé van de hoofdleiding en de beschikbare voedingspunten vanaf het primaire net of bedrijfsbeleid omtrent bijvoorbeeld extra bluscapaciteit bij bijzondere gebouwen of installaties.

Materiaalkeuze en beschikbare diameters

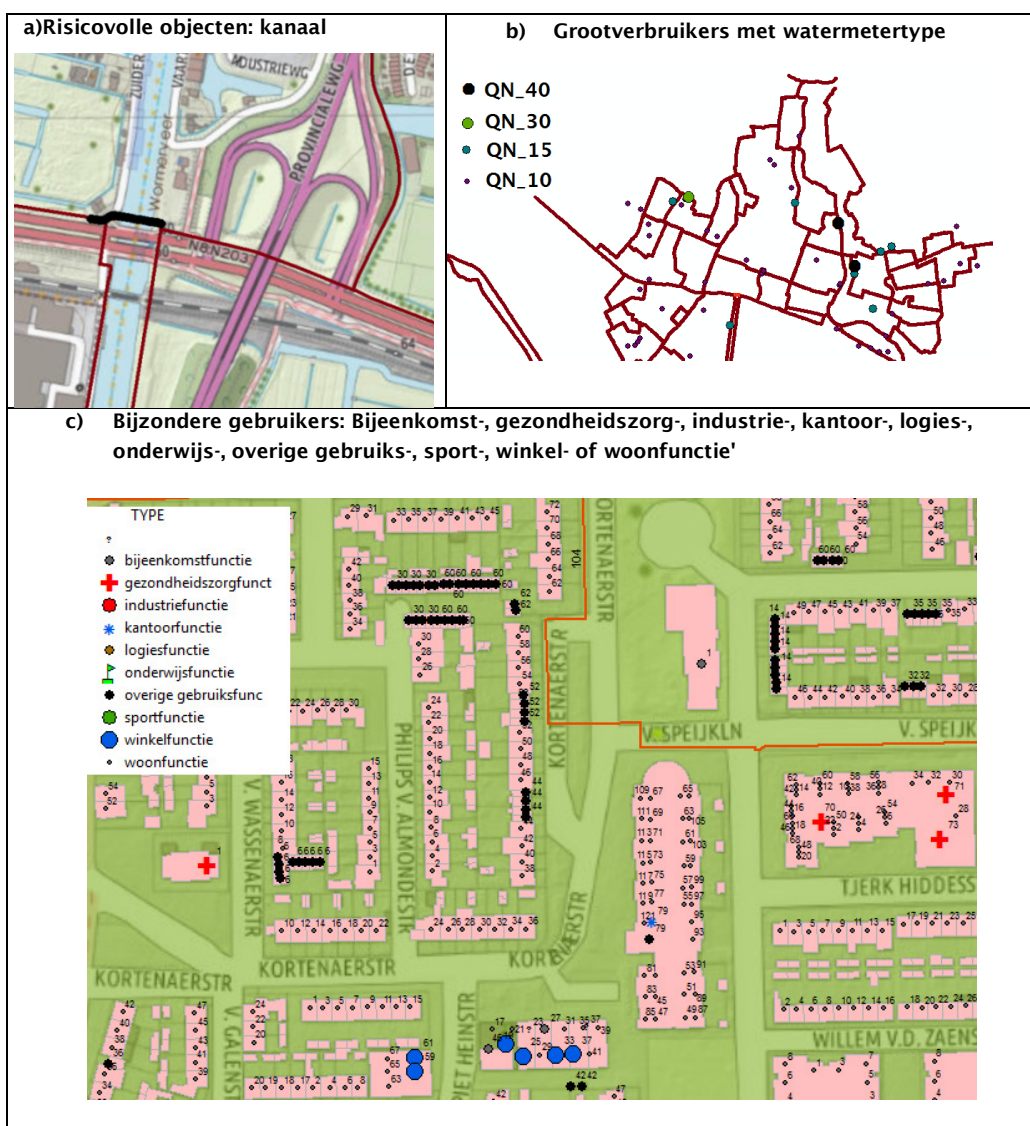
Wat betreft materiaalkeuze verschillen de richtlijnen van alleen PVC gebruiken tot enkele typen materialen (PVC, PE, S.L.A. en NGIJ). Indien andere materialen gewenst zijn, bijv. PE in het geval van bodemverontreiniging, wordt voor die specifieke situatie de diameter omgerekend. Het type materiaal kan indirect invloed hebben op de drukgradiënt en tussen de materialen zijn verschillen in kostprijs en faalkans. Het type materiaal beïnvloedt de storingskans en dus de OLM.

Het is vooralsnog niet bekend welke minimale diameter acceptabel is. In de praktijk wordt in ontwerpen niet kleiner dan $\varnothing$ 100 mm opgenomen; in het secundaire net wordt desgewenst verkleind naar $\varnothing$ 63 mm. In sommige gevallen wordt er echter voor gekozen niet te verkleinen omwille van de spuikbaarheid van een leidingdeel. Daarnaast is de afgelopen decennia de keuze in toepasbare leidingdiameters sterk beperkt vanwege logistiek-economische redenen (kleiner voorraadbeheer), waardoor er bijvoorbeeld bij Brabant Water slechts beperkt gekozen kan worden uit de standaard diameters DN 40-63-110-160-200-250 en 315 mm. Andere, in sommige situaties hydraulisch gunstigere, diameters –bijv. 75 of 90 mm – zijn niet mogelijk.

Dit resulteert in een benadering van de optimale diameter. Hoe fijner de verdeling van de beschikbare diameters des te beter de dimensionering bij de watervraag en ontwerpisen past.

Locatiespecifieke aspecten

Uitgangspunten voor het ontwerpen van streefstructuren kunnen ook per verbruiksgebied verschillen. Dit hangt af van externe invloeden of strategische bedrijfskeuzen. Voorbeelden zijn herinrichting van de waterproductie, de aanwezigheid van risicovolle elementen of grote of bijzondere verbruikers. De hieraan gekoppelde randvoorwaarden worden vaak niet vastgelegd, maar worden door de bestaande ontwerpexpertise impliciet meegenomen bij het ontwerpen.



FIGUUR 3-2 ILLUSTRATIE VAN EXTERNE OMSTANDIGHEDEN DIE ZORGEN VOOR LOCATIESPECIFIEKE RANDVOORWAARDEN

3.3 Do – Ontwerpen van Streefstructuur

3.3.1 Dimensionering

De berekende diameter in het secundaire net is de uitkomst van de afweging van de gewenste minimale druk aan het begin van het tertiaire net en de kleinst mogelijke diameter van het secundaire net. Dimensionering vindt plaats aan de hand van diverse (bedrijfseigen) uitgangspunten, zie Tabel 3-1 en Tabel 3-2.

TABEL 3-2 STAPPEN ONTWERPEN VAN STREEFSTRUCTUUR (● WORDT NU TOEGEPAST)

Stappen	WML	BW	PWN
A. Vaststellen van specifieke randvoorwaarden	●	●	●
B. Bepaling van de ontwerpstructuur - (vorm & tracé)	●	●	●
C. Indeling in secties	●		
D. Bepaling van de diameter van leidingen - toetsing op o.a. druk	●	●	●
E. Toetsing op brandkraancapaciteit	●		
F. Toetsing op leveringszekerheid en analyse van leveringscontinuïteit	●	●	●

Daarnaast kan de diameterkeuze samenhangen met leveringscontinuïteitseisen en externe leidingeffecten (zoals storingsfrequentie en ontgrondingskuil) voor bijv. risicovolle elementen (Blokker en Vogelaar 2011). Om accuraat de minimale diameter te bepalen is een goede inschatting van het (max uur) drinkwaterverbruik nodig. Inzicht is nodig in de bluswatervraag en de drukeis tijdens het blussen en daarnaast randvoorwaarden ten aanzien van het verhang (het verhang beïnvloedt de benodigde energie). Het gaat er in feite om dat de hydraulica toestaat de vereiste druk en volumestroom te realiseren in het ontworpen netwerk.

Vanwege het bestaan van onzekerheid m.b.t. de toekomstige ontwikkelingen worden veiligheidsmarges ingecalculeerd, die naar verwachting een positieve invloed hebben op de OLM m.b.t. druk en levering. Overdimensionering leidt tot een kleinere drukgradiënt, met een positief effect op energieverbruik, waardoor met een lagere ingangsdruk de drukeis op het maatgevende punt in het tertiaire netwerk kan worden bereikt. Het optimaliseren van diameters op basis van de ontwerpsnelheid heeft invloed op de dimensionering en daarmee op de kosten van aanleg en beheer. Verder kan een slanker ontwerp waterkwaliteitsindicatoren verbeteren, maar kan een negatieve invloed hebben op de OLM m.b.t. druk, en andersom.

De minimale diameter wordt beïnvloed door de watervraag en optredende drukval. De maximale diameter wordt bepaald door de minimale snelheid of toelaatbaar drukverlies of maximale gewenste verblijftijd. Voor het ontwerpen van het secundaire net is het aan te bevelen om een minimale druk te garanderen voor de voedingspunten van het tertiaire net. Primaire en secundaire leidingen moeten kunnen functioneren op momenten van regulier- en maximaal verbruik en calamiteiten (leveringszekerheid of leveringscontinuïteit).

3.3.2 Overzicht ontwerpkeuze en kwantitatieve inschatting van de gevolgen

Het kwalitatief beoordelen van het effect op de ontwerpcriteria druk, OLM, waterkwaliteit en kosten is gedaan door het toekennen van scores: geen of weinig invloed (0) en invloed (1). De scores zijn toegekend op basis van de evaluatie van de enquête (Bijlage III) en de relaties beschreven in §3.2. In Tabel 3-3 is samengevat welke directe invloed bepaalde evaluatie

criteria hebben op druk (P); levering (OLM); waterkwaliteit d.w.z. snelheid (v), verblijftijd (τ), pendelzones (PZ); en kosten (Opex of Capex). Bijvoorbeeld, drinkwatervraag heeft een direct invloed op de diameter keuze en dus op drukgradiënt en ook watersnelheid en dus op waterkwaliteit. Heel indirect heeft de drinkwatervraag invloed op OLM. Een grotere diameter kan een andere faalkans hebben.

TABEL 3-3 OVERZICHT VAN DE DIRECTE INVLOED VAN EVALUATIECRITERIA OP DRUK, OLM, WATERKWALITEIT EN KOSTEN VOOR HET ONTWERP VAN PRIMAIRE EN SECUNDAIRE NETTEN.

			Evaluatiecriteria (buitenste cirkel, Figuur 2-1)			
			<i>(optimalisatie</i> doelstellingen)			
			Druk	Levering	Water- kwaliteit	Kosten
		(Hydraulische) controleparameters	P	OLM	v, τ , PZ	OPEX/CAPEX
Scenario's (2 ^{de} <i>cirkel, Figuur 2-1</i>)	Watervraag	Toekomstige watervraag	1	0	1	0
		Bluswatercapaciteit	1	0	0	0
	Falen	Leveringszekerheidseis	0	1	0	0
		Leveringscontinuïteit	1	1	0	0
	Onderhoud	Netreiniging	0	0	1	0
Ontwerpparameters (binnenste <i>cirkel, Figuur 2-1</i>)		Diameter en materiaal ¹	1	0	1	1
		x-y loc.	1	1	1	1
		Aantal voedingen	1	1	1	1
		Locatie afsluiters	0	1	0	1
		Plaatsing brandkranen	1	0	0	0
Randvoorwaarden (derde ring, <i>Figuur 2-1</i>)		Drinkwatervraag	1	0	1	0
		P einde primaire net	1	1	0	1
		Waterkwaliteit af pompstation/primaire net (incl. temp)	0	0	1	0
		Beschikbaar tracé	0	0	0	1?
		Wet	0/1	0/1	0/1	0/1
		Kostprijs/CO ₂ : energie + materiaal	0	0	0	1
		Beschikbare diameters	1	0	0	1
		<i>Grote klanten</i> ¹	1	0	0	0
		<i>Risicovolle objecten</i> ¹	0	0	0	1
		<i>Bodemverontreiniging</i> ¹	0	0	1	0
		<i>Vergunningen</i> ¹	0	0	0	1
		<i>Bijzondere klanten</i> ¹	0/1	0/1	0/1	0/1

P: druk, v: snelheid, τ : verblijftijd, PZ: pendelzones, x-y loc.: coördinaten van de locatie van de leidingen

Tracé: links of rechts, onder de stoep, etc. Richtlijnen voor locatie van de leidingen

¹ Locatiespecifieke randvoorwaarden

3.4 Check

3.4.1 Voordelen van het hebben van een streefstructuur

Het voordeel van het hebben van een streefstructuur is volgens de waterbedrijven dat dit richting geeft aan de ontwikkeling van het toekomstige primaire en secundaire net. De

voordelen van het hanteren van structuren (zoals lagere kosten, betere beheersbaarheid) zullen naar verwachting vooral in het tertiaire net optreden.

Het werken met streefstructuren resulteert in objectieve, transparant onderbouwde keuzes. Streefstructuren vereisen dat de functionaliteit van alle leidingen gedefinieerd zijn. Een streefstructuur geeft inzicht in de wijzigingen die nodig zijn, zodat deze geïntegreerd kunnen worden in de vervangingsplannen. Streefstructuren bieden bovendien een goede basis voor samenwerking met andere netbeheerders, met name voor communicatie, en voor het afstemmen van combiwerkzaamheden. Het maakt snellere besluitvorming mogelijk omtrent de te saneren leidingen en distributienetdelen (handhaven/verwijderen/grotere diameter/kleinere diameter/nieuw). Zo resulteren streefstructuren in minder ad hoc werk bij saneringen van tertiaire en secundaire netten.

Verder draagt het maken van een streefstructuur bij aan het verkrijgen van inzicht in het stroombeeld, de stroomsnelheid, druk, drukval, verblijftijden, het functioneren van het distributienet (gebruiksgebied) en de onderlinge afhankelijkheid van primaire en secundaire leidingen.

3.4.2 Houdbaarheid van de streefstructuren

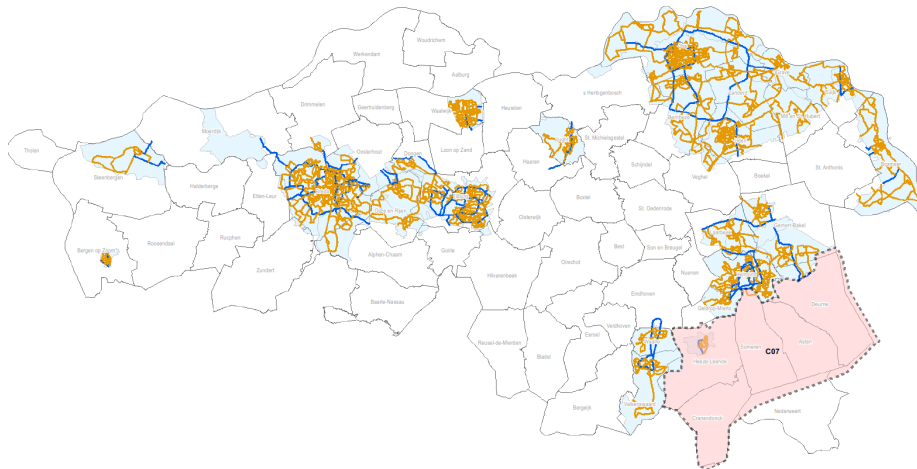
Een streefstructuur representeert een streven van een bepaald moment en geen absolute waarheid. Nieuwe inzichten (bijvoorbeeld m.b.t. waterverbruik en waterverdeling) kunnen en zullen de structuur beïnvloeden. Het risico bestaat dat (in de loop der tijd) door de gebruiker(s) wordt aangenomen dat de getoonde streefstructuur 'de waarheid' is. Tevens wordt aangegeven dat de huidige manier van het maken van een streefstructuur arbeidsintensief is en beheerd dient te worden.

Omtrent de houdbaarheid van de streefstructuren zijn er verschillende inzichten: sommige bedrijven hebben geen uitgangspunten of termijn vastgesteld, andere gaan uit van een houdbaarheid van vijf jaar of weten het eigenlijk nog niet. Het feit dat er slechts sinds kort met streefstructuren wordt gewerkt, maar het lastig hier nu al een inschatting van te maken. De drinkwaterbedrijven onderstrepen het belang van een degelijk revisieproces van de ontwerpen. In het algemeen geldt dat als uitgangspunten wijzigen, oudere plannen opnieuw doorgerekend moeten worden (zie §5.4).

3.5 Act – Implementatie van streefstructuren

3.5.1 Verwachte moment van realisatie van de volledige streefstructuur

Inzichten verschillen rondom de vraag hoe lang het zal duren voor dat de volledige streefstructuren geïmplementeerd zullen zijn. Het ontwerpen van de streefstructuur is voor WML in 2016 voor het volledige voorzieningsgebied gerealiseerd. Nu de ontwerpfase voltooid is, volgt een beheerfase van het ontwerp tot de streefstructuur aangelegd is (geïmplementeerd). Een ander perspectief is dat de implementatie van een streefstructuur nooit voltooid is als gevolg van doorlopend veranderende inzichten, het toepassen van verschillende materialen en diverse momenten van vervangen.



FIGUUR 3-3 OVERZICHT STREEFSTRUCTUREN BRABANT WATER MEDIO 2016.

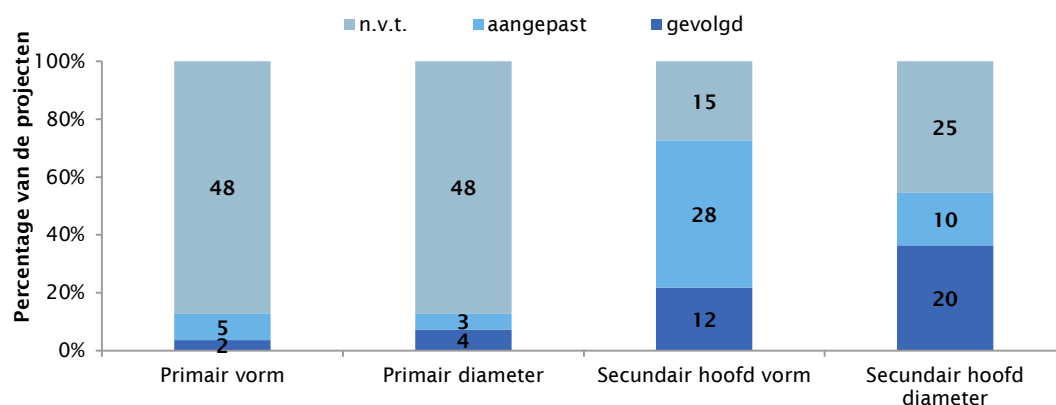
3.5.2 Transitie

Tijdens de transitie van het huidige net naar de streefstructuur zou tijdelijk een slechter presterend net kunnen ontstaan. Wanneer bijvoorbeeld een leiding waar de diameter groter moet worden pas heel laat in de transitie wordt aangepast, terwijl andere leidingen eerder door kleinere diameters worden vervangen, kan dit tot drukproblemen of leveringszekerheidsvermindering leiden. Dit is onderwerp van het BTO-onderzoek 'transitie streefstructuren' en valt buiten de scope van deze evaluatie. De bedrijven toetsen hier momenteel beperkt op. WML houdt hier rekening mee bij de prioritering van de te saneren leidingen door voorrang te geven aan leidingvergroting boven verkleining. Deze beoordeling is maatwerk.

3.5.3 Borgen van de implementatie van streefstructuren

Het evalueren van de gerealiseerde streefstructuur ten opzichte van de beoogde streefstructuur draagt bij aan het verbeteren van de streefstructuurontwerpen. Daarnaast dient aandacht te zijn voor de borging van het bijbehorend gedachtegoed gedurende de implementatie. Tijdens de realisatie van de streefstructuur kunnen aanpassingen ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp van de streefstructuur gewenst zijn. Voor de evaluatie van de implementatie is het van belang om het type en de mate van aanpassingen te registreren. Hierbij kan een Plan-Do-Check-Act (PDCA)-methodiek dienen als middel ter verbetering van het ontwerp en implementatie. Voor aanzienlijke aanpassingen dient te worden gecontroleerd of er negatieve hydraulische consequenties zijn. Het evaluatieproces van de realisatie van een streefstructuur is nieuw en nog niet binnen alle drinkwaterbedrijven vormgegeven.

Bijlage VI beschrijft inzichten welke zijn verkregen door een evaluatie van 104 leidingbouwprojecten (uitgevoerd in de periode 2012-2016) ten behoeve van de realisatie van een streefstructuur voor Helmond (Brabant Water). Van het totale aantal projecten wordt van 14 projecten (13%) aangegeven dat ze volledig volgens de streefstructuur zijn uitgevoerd. Van 6 projecten (6%) is niet geregistreerd of er wijzigingen hebben plaatsgevonden ten opzichte van de beoogde streefstructuur. Om inzicht te geven in het type wijziging en het beknopt te houden zijn alleen de wijzigingen van de secundaire leidingen (55 projecten) in dit rapport weergegeven. Van deze projecten betrof het voor 32 projecten zowel een secundair als tertiair net-vraagstuk en in acht projecten ook een primair net-vraagstuk. Aanpassingen in deze projecten ten opzichte van de streefstructuur werden gekenmerkt volgens Figuur 3-4.



FIGUUR 3-4 OVERZICHT VAN AANPASSING AAN VORM EN DIAMETER VAN HET PRIMAIRE EN SECUNDAIRE HOOFDNET VAN 55 PROJECTEN VAN BRABANT WATER MET SECUNDAIRE LEIDINGEN.

De resultaten geven een kwalitatief inzicht in de mate van afwijking ten opzichte van de streefstructuur, maar idealiter zouden ook kwantitatieve indicatoren geregistreerd worden, bijvoorbeeld lengte van de projecten, lengte van de leiding die anders is aangelegd, kwantitatieve mate van afwijking t.o.v. het oorspronkelijke ontwerp. De redenen waarom afgeweken is van de streefstructuur zijn divers en de 55 projecten zijn voorzien van 160 opmerkingen ter verklaring. De vijf meest voorkomende afwijking zijn weergegeven in Tabel 3-4. De tabel geeft het type aanpassing aan, maar geeft geen inzicht in de oorzaak en mate van de aanpassing.

TABEL 3-4 OVERZICHT VAN DE VIJF MEEST VOORKOMENDE TOELICHTINGEN VAN AFWIJKING VAN PROJECTEN MET SECUNDAIRE LEIDINGEN VAN BRABANT WATER .

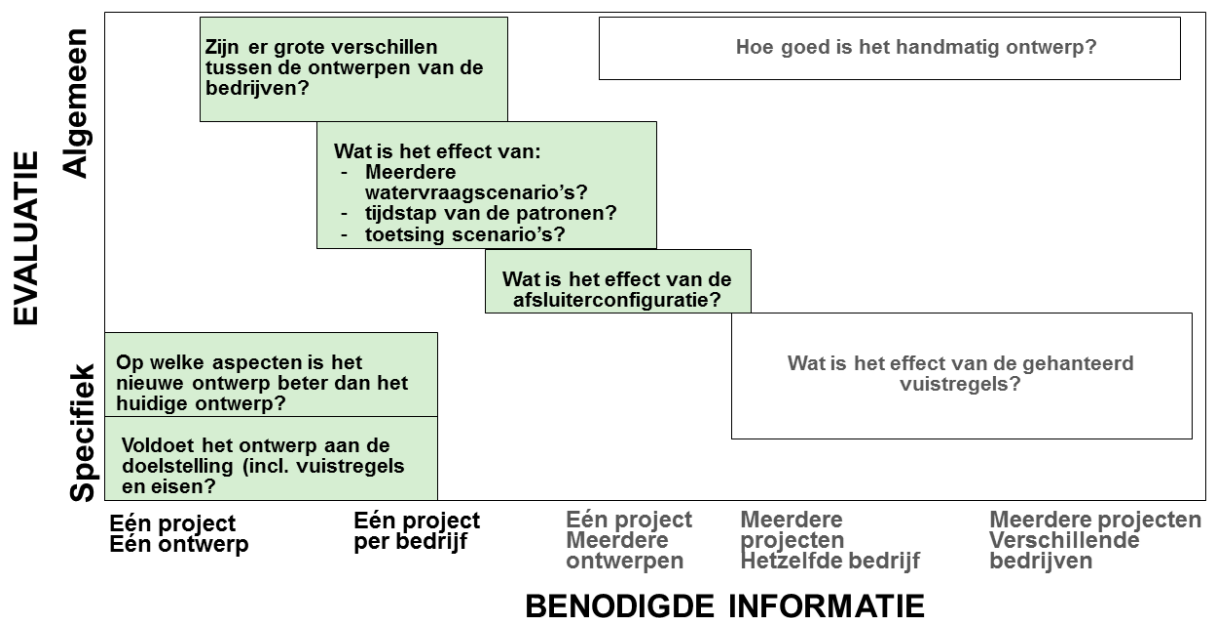
Toevoeging	Aantal
Tertiaire netvorm gerealiseerd	33
Vermazing opgeheven	25
AC 100mm 15 PVC 110mm 7 GLJ 100mm 3	
Secundaire lus geïntroduceerd	20
Primaire netvorm gewijzigd	4
Secundaire lus verplaatst naar trottoir	3

Ondanks dat deze resultaten laten zien dat in diverse projecten aanpassingen plaatsvinden, is er aanvullende (kwantitatieve) registratie nodig om een evaluatie van de implementatie te kunnen uitvoeren. Daarnaast kunnen er valide redenen zijn om af te wijken van een streefstructuur. Inventarisatie, registratie en evaluatie zijn nodig om die redenen te kunnen identificeren. Kleine aanpassingen zullen geen effect op de prestatie leveren, maar in het geval van 'grote' afwijkingen, wordt aanbevolen om de consequenties voor de prestatie in kaart te brengen.

4 Evaluatie van het ontwerp van streefstructuur op basis van voorbeeldnetwerken

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het ontwerpproces (op projectniveau) geëvalueerd met behulp van voorbeeldnetwerken. Evaluatie is het verzamelen, interpreteren en presenteren van informatie teneinde de waarde van een resultaat of proces te bepalen. De evaluatie kan worden gedaan voor een specifiek project of algemeen door meerdere projecten (van hetzelfde of verschillende bedrijven) tegelijkertijd te evalueren. Zoals beschreven in hoofdstuk 3 hebben scenario's en randvoorwaarden zowel direct als indirect invloed op het ontwerp. Om inzicht te krijgen in de invloed van bepaalde keuzes tijdens het ontwerp zijn 11 specifieke onderzoeksvragen opgesteld. Figuur 4-1 toont de relatie tussen een aantal onderzoeksvragen, het type evaluatie en de benodigde informatie. Voor bijna alle onderzoeksvragen is er een voldoende groot sample nodig om toevallige netwerkspecifieke effecten uit te sluiten. Voor elke vraag is een bepaalde methodiek beschreven en er is een evaluatie op kleine schaal uitgevoerd met een (of meerdere) model(len). In dit hoofdstuk hebben wij de vragen aan de linkerkant (in groene kaders) onderzocht, gebaseerd op een (beperkt) aantal voorbeeldnetwerken.



FIGUUR 4-1 OVERZICHT VAN DE TYPE EVALUATIE EN DE BENODIGDE INFORMATIE

4.2 Evaluatie van voorbeeldnetwerken

De drinkwaterbedrijven hebben elk één studiegebied aangeleverd als voorbeeldnetwerk. De eisen waren:

1. een goed voorbeeld van een streefstructuur;
2. twee werkende EPANET-modellen, van het huidige en het beoogde netwerk; voor de hydraulische modellen was de wens deze zo gedetailleerd mogelijk aan te leveren: met leidingen, afsluiters, brandkranen (indien mogelijk), incl. reservoirs en verbruik;
3. beschrijving van bijzondere overwegingen, zoals BEEL-elementen: snelwegen, dijken, etc.; grote of gevoelige verbruikers; andere bijzonderheden.

De waterbedrijven hebben naast het EPANET-model een specifiek rapport per model en verschillende GIS-bestanden aangeleverd. WML heeft ook een document met een algemene beschrijving van de ontwerpmethodologie van streefstructuren gedeeld. In de rapportages is niet beschreven hoe men in het ontwerpproces rekening houdt met locatiespecifieke elementen. Uit de casussen die zijn aangeleverd, konden wij dit ook niet extraheren, omdat er ofwel geen bijzondere omstandigheden waren, ofwel omdat aanpassingen impliciet zijn meegenomen.

Tabel 4-1 geeft een overzicht van de voorbeeldnetwerken en maakt duidelijk wat de verschillen zijn tussen de netwerken. Dit overzicht is gebaseerd op de gegevens van de hydraulische modellen en de gedeelde achtergrondinformatie. Figuur 4-2 toont de voorbeeldnetwerken. § 4.3 beschrijft hoe de bedrijven hun eigen ontwerpen evalueren. Vervolgens zijn onderzoeksvragen opgesteld om het effect van ontwerpmethodieken kwantitatief te kunnen evalueren en methoden om deze vragen te beantwoorden, waaruit een selectie is gemaakt § 4.5.

TABEL 4-1 OVERZICHT VAN DE STREEFSTRUCTUREN MODELLEN

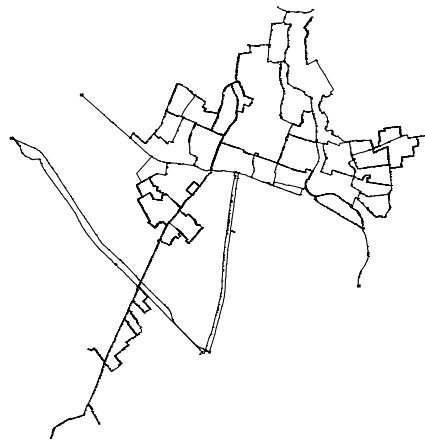
Bedrijf	WML	PWN	BW
Gebied	Grubbenvorst	Krommenie	Helmond
Type leidingen in het model*	P-S-T	P-S	P-S
# voedingen	1	3	5
Max. hoogte verschil (m)	20	6.5	8
# Afsluiters	1696	422**	935**
Dagelijkse watervraag (m³)	9242	17046	33487
Tijdstap van verbruikspatroon (min)	30	15	60
Leidinglengte (km)	334	81	172
Inhoud (m³)	5874	6990	7876
Leveringszekerheidscoëfficiënt	75%	75%	80%
Toets Leveringscontinuïteit (Falen van leiding)	Ja	Ja	Ja

* P: primaire net, S: secundaire net; T: tertiaire net; ** geen tertiair net

A) Grubbenvorst



B) Krommenie



C) Helmond



FIGUUR 4-2 STREEFSTRUCTUURMODELLEN (NIET OP SCHAAL) A) VOLLEDIG MODEL (P-S-T) GRUBBENVORST (WML), B) VERDUND MODEL KROMMENIE (PWN) EN C) UITEINDELIJKE NETVORM VAN DE STREEFSTRUCTUUR (P-S) MODEL HELMOND (BRABANT WATER) TERTIAIR WORDT NIET WEERGEGEVEN.

4.3 Evaluatie van de casussen door de waterbedrijven

Het evalueren van een ontwerp door de bedrijven wordt meestal gedaan door het verifiëren of het ontwerp voldoet aan de (bedrijfs)eisen of (bedrijfs)doelen, zoals in kader 4-1 (PWN) en Tabel 4-2 (WML). WML rapporteert niet alleen of het model voldoet aan de criteria, maar ook opmerkingen met additionele informatie over de netwerkprestaties en over het type eis (hard of zacht). Bedrijven hebben streefstructuurontwerpen met de huidige situatie vergeleken. WML heeft bijvoorbeeld m.b.v. Infoworks geïdentificeerd welke leidingen anders zijn, zie Figuur 4-3. Brabant Water heeft de ontwerpen i.r.t. leidinglengte en volume vergeleken, zie Figuur 4-4, de gegevens voor de tertiaire leidingen zijn gebaseerd op aannames.

KADER 4-1 EXTRACT RAPPORTAGE VAN TOETSING ONTWERP VOOR KROMMENIE (PWN)

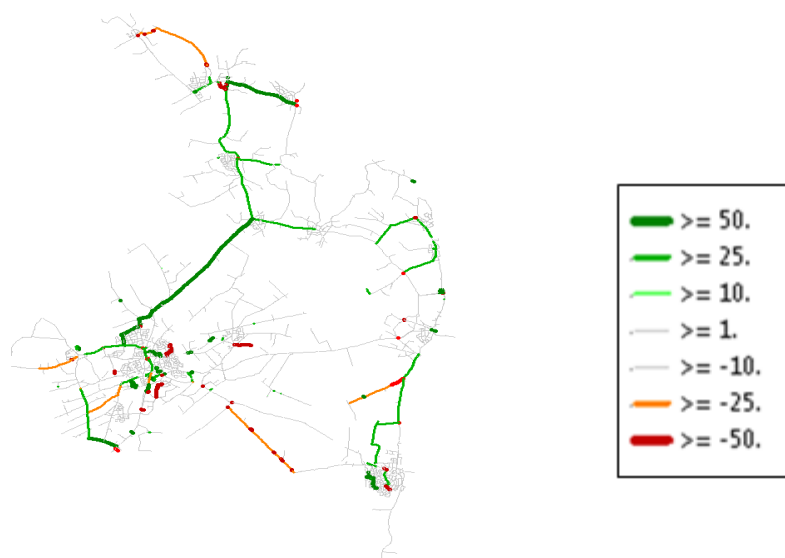
Toetsing leveringszekerheid Drinkwaterbesluit (Krommenie - PWN)

De streefstructuur (van Krommenie) is getoetst op leveringszekerheid volgens het Drinkwaterbesluit:

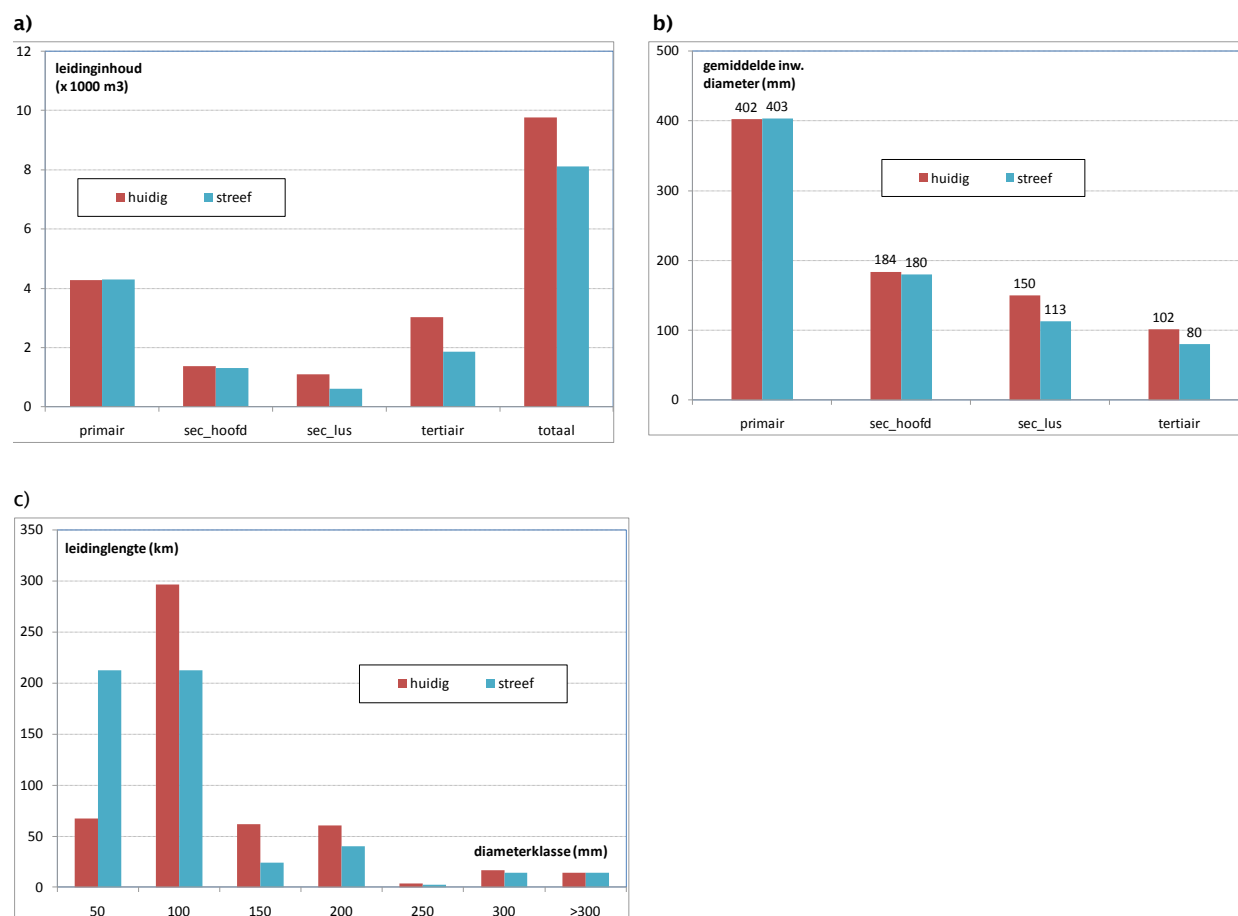
Uit de toetsing is gebleken dat alle leidingen voldoen aan de leveringszekerheids eis volgens het Drinkwaterbesluit.

TABEL 4-2 EVALUATIE STREEFSTRUCTUUR GRUBBENVORST DOOR WML

Evaluatie onderdeel	Criterium	Resultaat	Omschrijving
1. Druk onverstoorde bedrijfsvoering	a) Secundair: $P_{\min} \geq 30$ mwk, b) Ter-streef: $P_{\min} \geq 25$ mwk bij maxuur/maxdag, c) $P_{\min}$ streefstructuur $\geq P_{\min}$ huidig netwerk	Voldoet	Geen drukverlaging pompstation, drukken Streefstructuur zijn nagenoeg gelijk aan huidige situatie
2. Leveringszekerheid	nvt	nvt	alle leidingen kunnen binnen 24 uur worden gerepareerd
3. Leveringscontinuïteit	Streefstructuur: $P_{\min} \geq 10$ mwk bij sectie uitval maxuur/maxdag	Voldoet	alle secties voldoen aan het criterium
4. Onverstoorde levering 80%	a) Secundair: $P_{\min} \geq 30$ mwk, b) Ter-streef: $P_{\min} \geq 25$ mwk bij sectie uitval 80% vraag	Voldoet	alle secties voldoen aan het criterium
5. Bluscapaciteit 30 m ³ /u	a) Bluswatercapaciteit gehele netwerk ≥ 30 m ³ /h, b) cap. streefstructuur $\geq$ cap. huidig netwerk	Voldoet	3 brandkranen voldoen niet aan het criterium waarvan 3 een verslechtering van meer dan 5% laten zien door de streefstructuur
6. Bluscapaciteit 60 m ³ /u	a) Bluswatercapaciteit primair en secundair net ≥ 60 m ³ /u b) cap. streefstructuur $\geq$ cap. huidig netwerk	Voldoet	9 brandkranen voldoen niet aan het criterium, waarvan 5 een verslechtering van meer dan 5% laten zien door de streefstructuur



FIGUUR 4-3 DIAMETERVERANDERINGEN IN MM VOOR DE STREEFSTRUCTUUR TEN OPZICHTE VAN HET BESTAANDE NET VAN GRUBBENVORST (WML). POSITIEVE GETALLEN GEVEN EEN VERGROTING VAN DE DIAMETER AAN EN NEGATIEVE EEN VERKLEINING.



FIGUUR 4-4 VERGELIJKING HUIDIGE SITUATIE EN STREEFSTRUCTUUR VOOR HELMOND A) LEIDINGINHOUD, B) GEMIDDELTE INWENDIGE DIAMETER VAN LEIDINGEN EN C) LEIDINGLENGTE PER DIAMETERKLASSE

4.4 Kwalitatieve evaluatie van de casussen

Alle bedrijven beschrijven het proces, de uitgangspunten en het resultaat in een rapport. In het algemeen bevat de rapportage de eisen en doelen en de stappen van het ontwerpproces, maar niet alle gegevens van de modellen worden geregistreerd.

Ondanks dat veel data beschikbaar is, zijn er verschillende bronnen en formats: hydraulische modellen in Infoworks of Synergi, labelinformatie in GIS of in Excel, vuistregels in het rapport. Op deze wijze is het niet eenvoudig om de juiste informatie te vinden en bijvoorbeeld alle gegevens te verifiëren:

- De dagelijkse watervraag of de verbruikspatronen zitten in het hydraulisch model, maar zijn niet altijd beschreven.
- Het aantal aansluitingen wordt niet altijd expliciet beschreven, en blijkt dan alleen impliciet uit het totale verbruik in het hydraulisch model.
- In sommige GIS-bestanden komen de ID's van de leidingen niet overeen met de ID's in het hydraulisch model.
- In de huidige modellen zijn meestal de leidingen verdeeld tussen transport en distributie en niet primair, secundair of tertiair. Dit maakt het moeilijk om de huidige situatie en de streefstructuur te vergelijken.

WML houdt in Excel een overzicht bij van de verschillende versies van het ontwerp, waarin de aanpassingen aan het model of andere databronnen zijn vermeld. Dit zorgt ervoor dat keuzes en aannames expliciet worden gemaakt.

In de rapportages ontbreken de definities voor gevoelige of belangrijke klanten. De ontwerpers nemen deze informatie wel mee tijdens het ontwerp, maar er zijn geen vaste regels hoe met deze 'bijzondere' aansluitingen om te gaan bij het ontwerp van streefstructuren. WML gebruikt wel GIS-informatie tijdens de labeling van de functies (primaair, secundair, tertiair) van de leidingen m.b.t. hun bijzondere klanten en ook locaties van objecten om paralleligging en kruising met rijkswegen, N-wegen, grotere stedelijke randwegen, winkelgebieden en waterkeringen te mijden, zie Bijlage III.

Volledige documentatie die onderhouden wordt, is cruciaal voor bedrijven om PDCA te implementeren en een evaluatie uit te voeren. Wij bevelen aan dat explicieter wordt gemaakt hoe een ontwerper rekening kan houden met bijzondere klanten of andere bijzondere omstandigheden, zoals BEEL. Het is waarschijnlijk dat keuzes daarin tot aanpassingen van het ontwerp leiden. Het is daarom belangrijk dat vastgelegd wordt waarom aanpassingen gedaan zijn.

Registratie/Rapportage

- De drie bedrijven leggen het ontwerpproces van de streefstructuren vast in een rapport waarin grotendeels de uitgangspunten, gegevens van het gebied en het model, en aannames zijn opgenomen.
- Resultaten van het ontwerp worden gerapporteerd, belangrijk is dat de datum en alle gegevens van het netwerk gerapporteerd worden. Alle informatie en aanvullende bestanden moeten ook geïnventariseerd worden om het achterhalen van informatie te faciliteren. De resultaten van het ontwerp worden vastgelegd in een hydraulisch model en GIS-bestanden. Het ontbreekt nog vaak aan een duidelijke link/kruisverwijzing tussen de verschillende rapportages (Excel, GIS, Word, hydraulisch model).
- Een suggestie is om de basisinformatie over de modellen in een enkel A4'tje te rapporteren: aantal aansluitingen, watervraag: totaal per dag en per aansluiting, lengte, aantal afsluiters, zie (Tabel 5-3).

Definities en standaardisatie

- Om onderlinge vergelijking tussen bedrijven te faciliteren en om de PDCA cyclus op langere termijn te kunnen implementeren wordt aanbevolen om gebruikte definities en uitgangspunten vast te leggen:
 - Bijv. het aantal aansluitingen waar equivalente aansluitingen gebruikt worden en waarom.
Wat / waar zijn de gevoelige klanten?

Ontwerp

- Er zijn enkele verschillen in uitgangspunten en vuistregels tussen de ontwerpen en / of tussen de bedrijven.
- Alle bedrijven gebruiken het huidige net als basis en proberen zoveel mogelijk het tracé van het primaire net te behouden.
- In de drie cases zijn zowel het primaire als het secundaire net herontworpen.
- Bedrijven rapporteren hun doelen, eisen en uitgangspunten. Ondanks dat onderscheid is gemaakt tussen wettelijke eisen en bedrijfsspecifieke eisen, is niet altijd expliciet genoemd of aan de bedrijfsspecifieke eisen altijd of meestal moet worden voldaan.

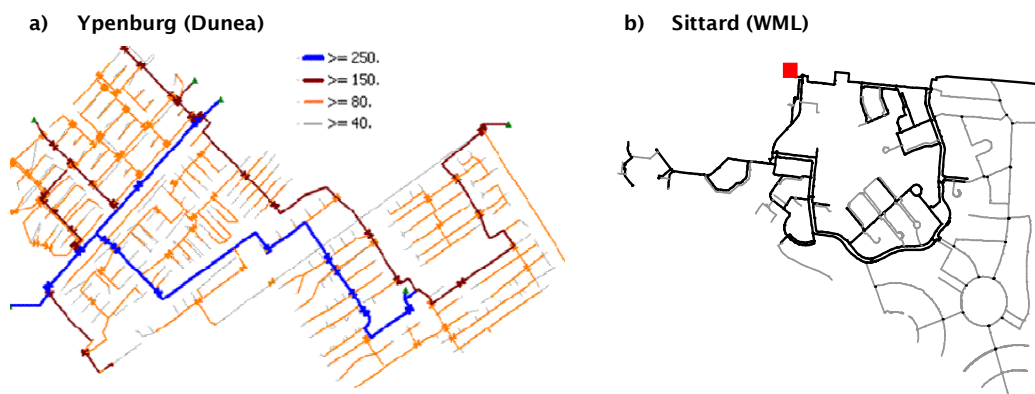
4.5 Kwantitatieve evaluatie van de casussen

Eerst werden vier indicatoren geïntroduceerd: maximum snelheid, drukgradiënt, minimale druk en verblijftijd. Daarna werd de prestatie van de drie netwerken vergeleken, gebaseerd op deze vier indicatoren m.b.v. een cumulatieve frequentieverdeling (CFD). De y-as geeft of % van het aantal aansluitingen of % van de lengte aan. Een frequentieverdeling is een systematische opstelling van de waarden van een variabele met de daarbij behorende frequenties. Dus kunnen wij in een cumulatieve frequentieverdeling (CFD) figuur lezen welk percentage van de aansluitingen of welk percentage (in lengte) hoort bij een bepaalde waarde van de indicatoren.

De drie netwerken verschillen echter van uitgangspunten en om te evalueren is dus een één op één vergelijking niet volledig. Om de ontwerpen kwantitatief te evalueren zijn een aantal onderzoeksvragen opgesteld, zie Tabel 4-3. Voor elke vraag zijn een bepaalde methodiek gekozen en een (of meerdere) model(len) geselecteerd.

Het streefstructuurmodel van Grubbenvorst is onverdund en dus kunnen wij dit direct vergelijken met het huidige model. Voor verdunde modellen is dat niet mogelijk, want het model van de huidige situatie bevat niet de labels voor de primaire, secundaire en tertiaire functies. Voor sommige vragen, bijv. het testen van bluswater en de tijdstap van het ontwerp, werd het kleinste model (Krommenie) voor praktische redenen gebruikt om de simulatietijd te beperken. Voor het testen van verschillende scenario's werd Helmond gebruikt want die werd met twee vraag patronen (criterium- en maxdag) aangeleverd.

Om het effect van afsluiterconfiguratie te evalueren, is het nodig om meerdere ontwerpen van hetzelfde netwerk te kunnen vergelijken. Voor de streefstructuurontwerpen was die evaluatie niet mogelijk en dus werden ontwerpen van vorige projecten gebruikt, nl. Ypenburg (Dunea) en Sittard (WML), zie Figuur 4-5.



FIGUUR 4-5 MODELLEN (NIET OP SCHAAL) A) YPENBURG EN B) SITTARD

TABEL 4-3 OVERZICHT VAN ONDERZOEKSVRAGEN EN GESELECTEERDE MODELLEN

Onderzoeksvraag	modellen	Sectie
1. Hoe kan de prestatie van het net gekwantificeerd worden?	n.v.t.	§ 4.5.1
2. Op welke aspecten is het nieuwe ontwerp beter dan het huidige ontwerp?	Grubbenvorst	§ 4.5.2
3. Zijn er grote verschillen tussen de ontwerpen van de bedrijven?	Krommenie, Grubbenvorst en Helmond	§ 4.5.3
4. Kan/moet het ontwerp van het secundaire net los worden beoordeeld van het primaire net?	Krommenie max-dag streefstructuur	§ 4.5.4
5. Zijn er grote verschillen tussen de ontwerpen van alleen secundaire leidingen van de bedrijven?	Krommenie, Grubbenvorst en Helmond	§ 4.5.5
6. Wat is de invloed van de tijdstap in de evaluatie van het ontwerp?	Krommenie Streefstructuur – max-dag	§ 4.5.6
7. Wat is de toegevoegde waarde van verschillende watervraagscenario's voor het ontwerp?	Helmond Streefstructuur	§ 4.5.7
8. Is OLM de beste/enige indicator voor leveringscontinuïteit?	Ypenburg	§ 4.5.8
9. Wat is het effect van de afsluiterconfiguratie op OLM?	Ypenburg & Sittard	§ 4.5.9
10. Is het nodig om de bluswateris expliciet mee te nemen in het ontwerpproces, of komt het vanzelf goed door bepaalde vuistregels of bijzondere verbruikers mee te nemen?	Krommenie	§ 4.5.10
11. Wat is de toegevoegde waarde van verschillende watervraagscenario's voor de evaluatie van het ontwerp?	Sittard	§ 4.5.11
12. Hoe goed is het handmatig ontwerp?	Vergelijken handmatig- met geautomatiseerd ontwerp	Toekomstige onderzoek
13. Wat is de invloed van een vuistregel voor drukval? Wat is het nut van de vuistregel?	Ontwerp m.b.v. bijv. Gondwana met en zonder vuistregel	Toekomstige onderzoek
14. Is de vuistregel van het aantal voedingen juist?	Testen verschillende scenario's met verschillende aantal voedingen	Toekomstige onderzoek

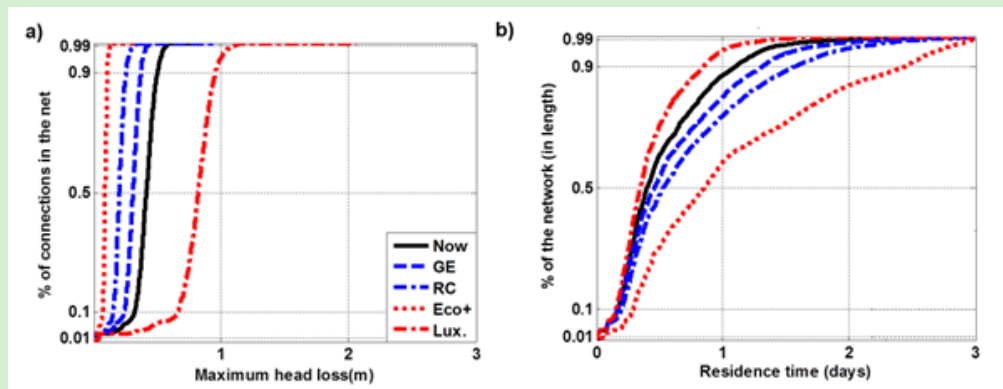
4.5.1 Prestatie van het net kwantificeren

Onderzoeksvraag:	Hoe kan de prestatie van het net gekwantificeerd worden?
Methode:	Vijf indicatoren: 1) drukval (als indicatie voor energie), 2) verblijftijd, 3) maximum snelheid (zelfreinigend vermogen), 4) OLM en 5) Kosten: als surrogaat van kosten werden aantal afsluiters en lengte van de leidingen gebruikt (Agudelo-Vera en Blokker 2014), (Agudelo-Vera et al. 2016).
modellen:	Sittard (WML)- Wijkniveau secundaire en tertiaire leidingen
Resultaten	

Criteria	Indicator	Eenheden
Druk	Minimale druk	mwk
	Maximale drukval	mwk
	Drukval gradiënt	mwk/km
Waterkwaliteit	Verblijftijd	Dagen
	Zelfreinigende capaciteit* (min snelheid)	% lengte dat $v_{max} > 0.2$ m/s
Leveringscontinuïteit (LC)	OLM	Min / aansl.-jaar
Kosten	Capex: leidingdiameter en -lengte x kosten leidingen + kosten afsluiters	€
	Opex: # afsluiters x onderhoud + spuikosten voor km leiding voor leidingen < 0,2 m/s	€

* Zelfreinigend vermogen is alleen van toepassing voor tertiaire leidingen.

Resultaten kunnen worden aangegeven als de maximale of de minimale waarde per ontwerp. Verder kunnen ook de prestaties van het hele netwerk geplot worden m.b.v. een cumulatieve frequentieverdeling (CFD), waarin de y-as of % van het aantal aansluitingen of % van de lengte aangeeft.



FIGUUR 4-6. VOORBEELD VAN DE PRESTATIE VAN SITTARD VOOR MAXIMALE DRUKVAL VOOR NU EN VIER TOEKOMSTSCENARIO'S

Discussie	Deze indicatoren bleken uit eerdere studie bruikbaar om de functionaliteit van het netwerk te kwantificeren en dus het ontwerp te evalueren. Idealerweise zou voor elke indicator een streefwaarde moeten worden gedefinieerd om de evaluatie te faciliteren. Voor P geldt een minimale eis, voor OLM is een maximum vast te stellen bij gegeven storingsfrequenties. Voor waterkwaliteit en kosten kunnen minimale waarden worden bepaald in een optimalisatie. Het gebruik van een cumulatieve frequentieverdeling (CFD) geeft een beeld van de overall prestatie van het net en niet alleen van de 'slechtste' locaties. Evaluatie kan op twee verschillende manieren: a) evaluatie van één ontwerp, waarbij wordt bepaald of het ontwerp aan de minimeis voldoet, en b) vergelijking van ontwerpen, waarbij er een afweging kan worden gemaakt, bijv. ontwerp 1 is goedkoper dan ontwerp 2, maar heeft hogere OLM. Kosten: alleen de onderscheidende kosten voor verschillende ontwerpen: leidinglengte en diameters, afsluiters, brandkranen. Leveringszekerheid is een randvoorwaarde, alle ontwerpen (moeten) voldoen, dus geen onderscheid. Idem voor druk.
Conclusie	Evaluatie van de prestatie van het net vereist een kwantitatieve multi-criteria analyse.

4.5.2 Huidige versus nieuwe ontwerp

Onderzoeksvraag

Op welke aspecten is het nieuwe ontwerp beter dan het huidige ontwerp?

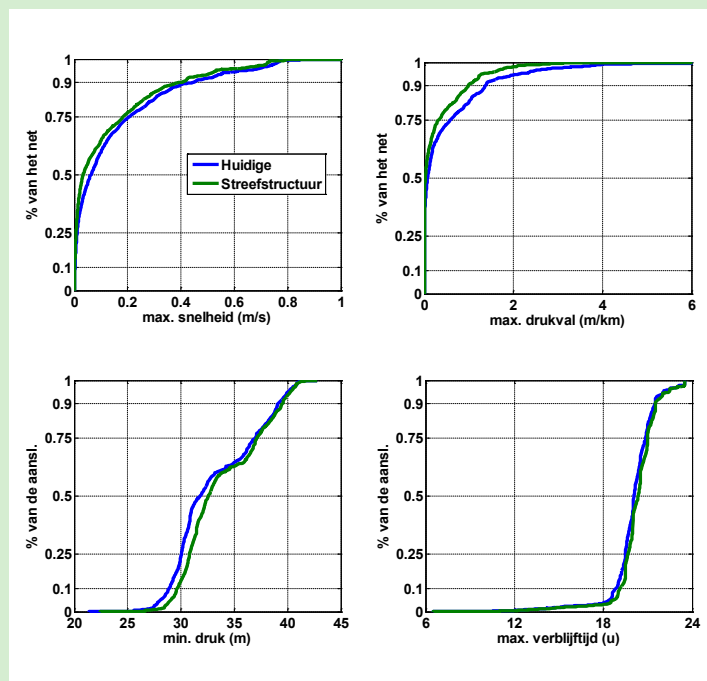
Methode

De prestaties van het huidige en het nieuwe netwerk zijn vergeleken. Om dit te kunnen doen, moeten de modellen op hetzelfde niveau van aggregatie/verdunding/detail worden beschouwd. Hierbij is belangrijk dat de modellen de labels van de leidingfuncties bevatten.

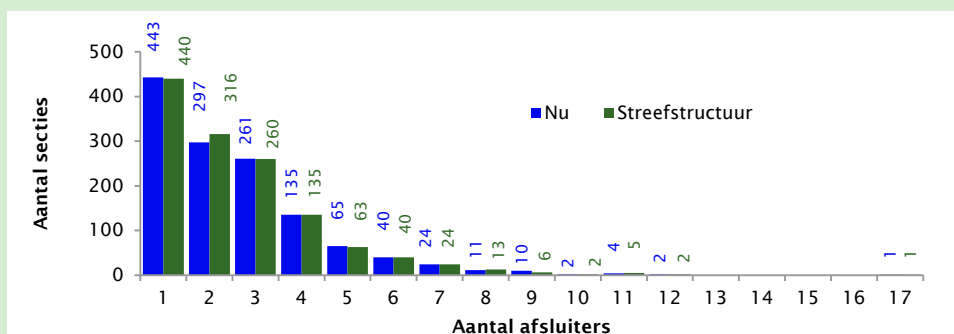
Modellen

Grubbenvorst (30 min tijdstap) max-dag huidige en streefstructuur. Vraag max-dag (m³).

RESULTATEN



FIGUUR 4-7 VERGELIJKING VAN DE PRESTATIE VOOR GRUBBENVORST: HET HUIDIGE NETWERK VS. DE STREEFSTRUCTUUR



FIGUUR 4-8 VERGELIJKING VAN DE SECTIECONFIGURATIE VOOR GRUBBENVORST: HUIDIGE NETWERK (NU) VS. DE STREEFSTRUCTUUR

Discussie

De resultaten tonen kleine verschillen tussen de prestatie van de twee ontwerpen behalve voor drukval, Figuur 4-7. De maximale drukval is afgenomen van 27 m/km naar 10 m/km en in het algemeen is er minder drukval in het streefstructuurontwerp. Dit wordt in dit geval veroorzaakt door de aanpassingen in de diameters, want de watervraag is gelijk gebleven. Het toepassen van PVC in plaats van AC heeft ook een positief effect. Figuur 4-8 toont de vergelijking van de sectieconfiguratie voor de twee situaties. De verschillen zijn klein.

Conclusie

Met een onverdund model kan de streefstructuur met het huidige situatie vergeleken worden (rekening houdend met uitbreiding en veranderingen in watervraag). In dit geval zijn geen grote verschillen geconstateerd. Een volgende stap kan een optimalisatie zijn met bijv. Gondwana zijn om verbetermogelijkheden te identificeren.

4.5.3 Verschillen tussen de ontwerpen van streefstructuur van de bedrijven

Onderzoeksvraag

Zijn er grote verschillen tussen de streefstructuurontwerpen van de bedrijven?

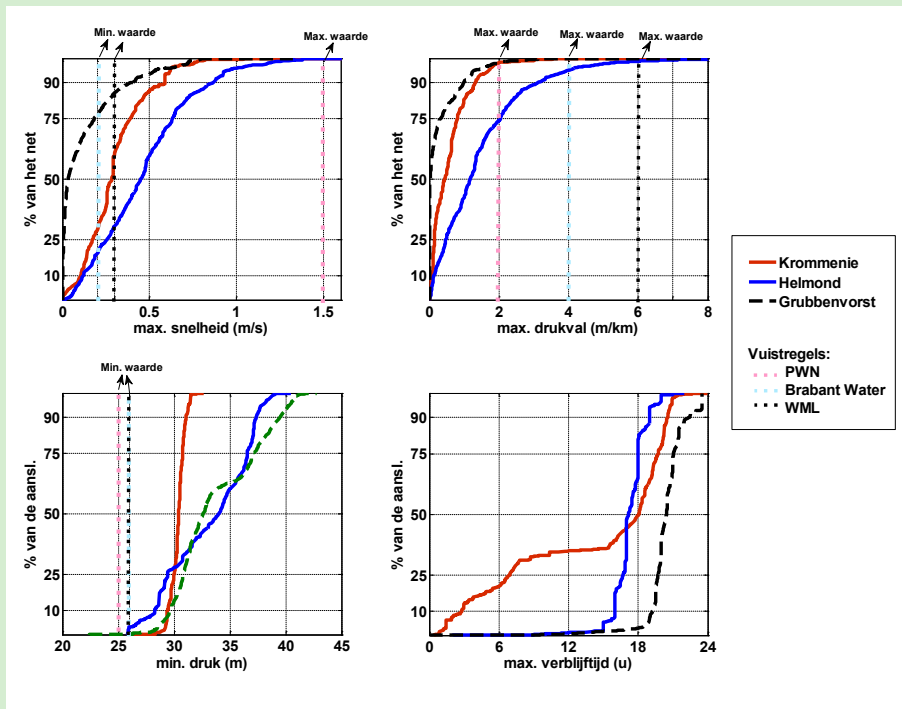
Methode:

Hieronder worden de prestaties van de drie streefstructuurmodellen vergeleken (benchmark).

modellen:

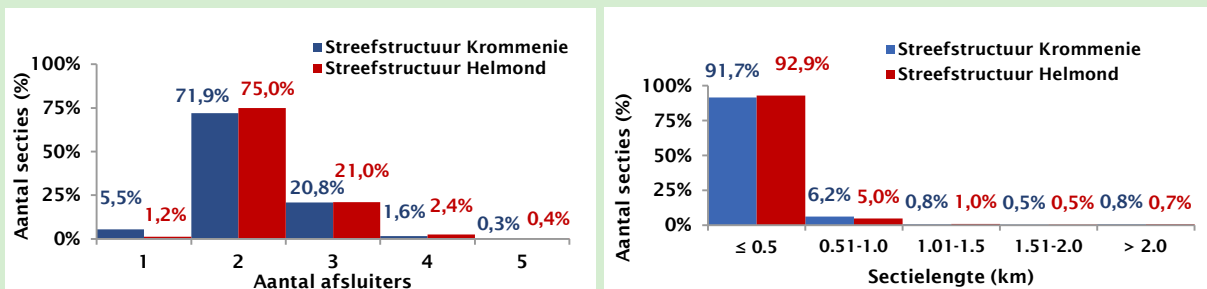
Verdunde modellen van de streefstructuren voor max-dag van Krommenie en Helmond en compleet model voor Grubbenvorst.

Resultaten



* Min. druk in knopen waaraan watervraag is gekoppeld

FIGUUR 4-9 VERGELIJKING VAN DE PRESTATIE VAN DE DRIE NETWERKEN (MAX-DAG).



FIGUUR 4-10 OVERZICHT VAN DE SECTIES- EN AFSLUITERSCONFIGURATIE VOOR DE TWEE VERDUNDE MODELLEN. HELMOND HEEFT 385 SECTIES EN KROMMENIE HEEFT 828 SECTIES (GRUBBENVORST ZIE FIGUUR 4-8)

Discussie

Omdat de modellen niet echt één op één vergelijkbaar zijn, o.a. door verschillen in het aantal voedingen en patronentijdstap, is een evaluatie gebaseerd op de vergelijking met andere gebieden niet altijd nuttig, maar in deze studie willen we wel bekijken wat de variatie is/kan zijn. De analyse laat zien dat er verschillen in de ontwerpen kunnen zijn, deels door de vuistregels die gehanteerd worden per bedrijf. Verschillen in de specifieke bedrijfseisen zijn terug te vinden, bijv. PWN hanteert een maximale drukval van 2 m/km, Brabant Water van 4 m/km en WML van 6 m/km. Maximale verblijftijd is hier beperkt tot het analysegebied, in veel gevallen worden de modellen geknipt en dus is er in werkelijkheid additionele verblijftijd vanaf het pompstation tot de start van het model. Hier is gekozen om het percentage en niet het aantal aansluitingen per sectie te vergelijken, want de groottes van de gebieden zijn anders. Het percentage vormt een relatieve indicator die één op één vergelijkbaar is. Er zijn geen OLM-berekeningen uitgevoerd en daarom zijn afgeleide parameters, d.w.z. aantal afsluiters en lengte per sectie, gebruikt.

Conclusie

Er zijn geen grote, maar wel degelijk verschillen tussen de ontwerpen van streefstructuur van de bedrijven. Vanwege de uiteenlopende aarden en vormen van de netwerken en bedrijfseisen, kan er in dit stadium geen betekenis aan de geconstateerde verschillen worden toegeschreven met betrekking tot de gevolgd

benaderingen voor het opstellen van de streefstructuren.

4.5.4 Verschillen tussen de prestaties van primaire en secundaire leidingen

Onderzoeksvraag

Zijn er grote verschillen tussen de prestaties van primaire en secundaire leidingen?

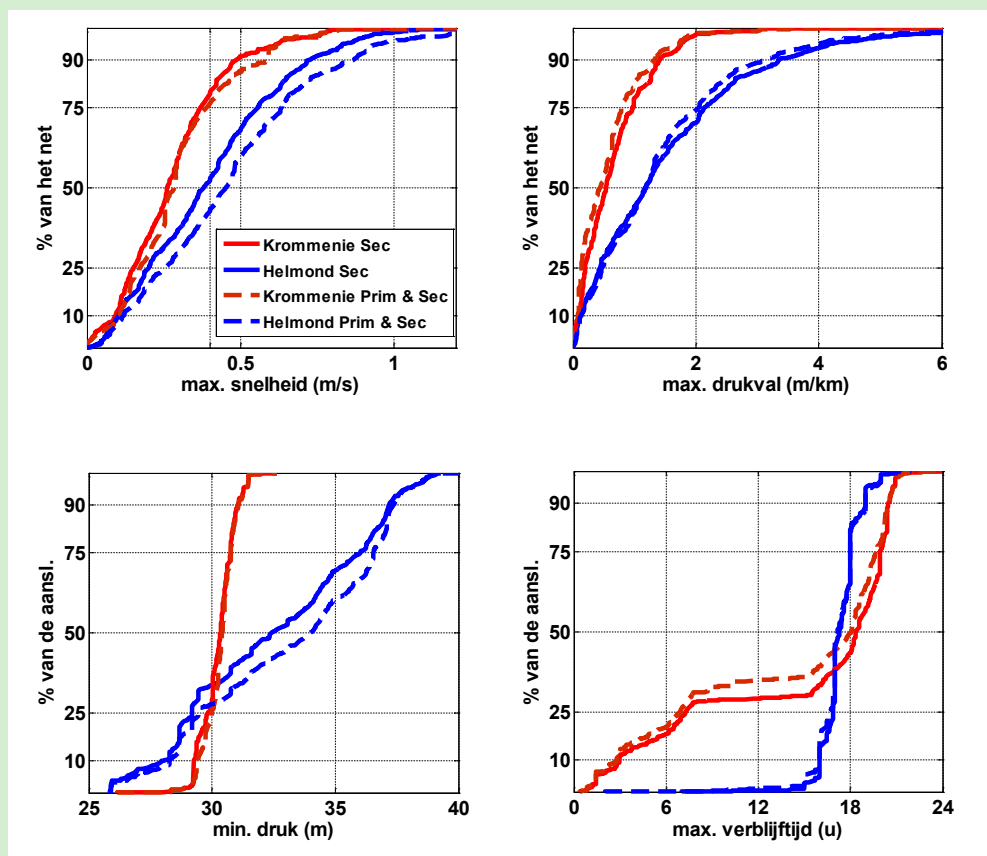
Methode:

Vergelijk de prestatie van het primaire en secundaire net met alleen secundaire leidingen.

Modellen:

Streefstructuur – Krommenie en Helmond max-dag (verdunde modellen)

Resultaten



FIGUUR 4-11 VERGELIJKING VAN DE PRESTATIE VOOR KROMMENIE VOOR LEIDINGEN EN KNOPPEN REKENING HOUDEND MET ZIJN FUNCTIE

Discussie

Deze vergelijking laat de verschillen zien tussen de primaire en de secundaire leidingen. Er is echter geen standaardbeschrijving om de functies van de leidingen te onderscheiden. Functielabels worden handmatig toegevoegd en hier wordt de kennis en ervaring van het leidingnetontwerp gebruikt om logische verbindingen te maken. Een overzicht van vuistregels voor het toekennen van labelfuncties is te vinden in Bijlage III.

Ondanks dat ca. een kwart van de leidinglengte primair is, zijn de cumulatieve frequentieverdelingen in het algemeen vergelijkbaar voor de twee netwerken.

Voor een snelle evaluatie waarin primaire en secundaire leidingen niet gelabeld zijn, kan een analyse van primair plus secundair voldoende zijn. De resultaten zijn afhankelijk van het soort model. Als een model wordt geknipt bepaalt de locatie waar het model geknipt wordt het percentage van primaire leidingen in het model.

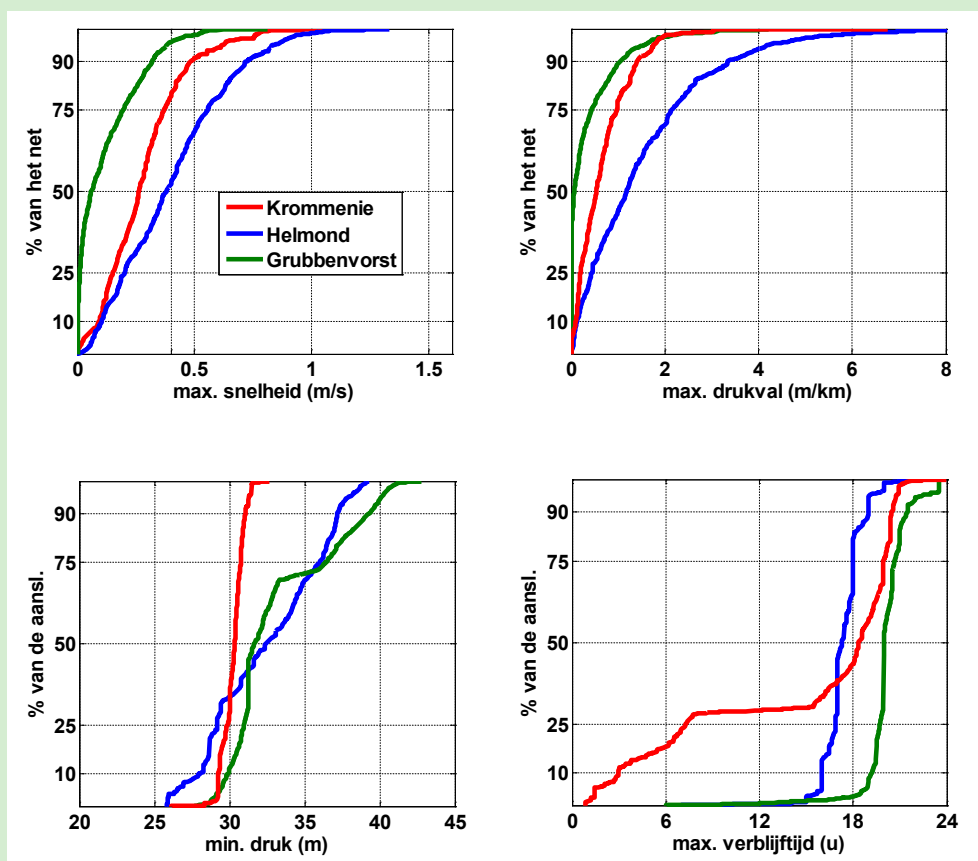
De minimale drukwaardes zijn bijna gelijk. Dit heeft te maken met het feit dat er meestal geen aansluitingen op de primaire leidingen zijn toegewezen, in beide gevallen minder dan 5%.

Conclusie

In dit geval waren er geen aanzienlijke verschillen tussen primaire en secundaire netontwerpen, maar dit kan per geval verschillen.

4.5.5 Verschillen tussen de prestaties van alleen secundaire leidingen in de ontwerpen van de streefstructuren van de drie bedrijven

Onderzoeksvraag	Wat zijn de verschillen tussen de prestaties van alleen secundaire leidingen in de streefstructuur-ontwerpen van de drie bedrijven?
Methode:	Vergelijk de prestaties van secundaire leidingen van de drie bedrijven.
Modellen:	Streefstructuur Krommenie, Helmond, Grubbenvorst- alleen secundair - voor max-dag
Resultaten	

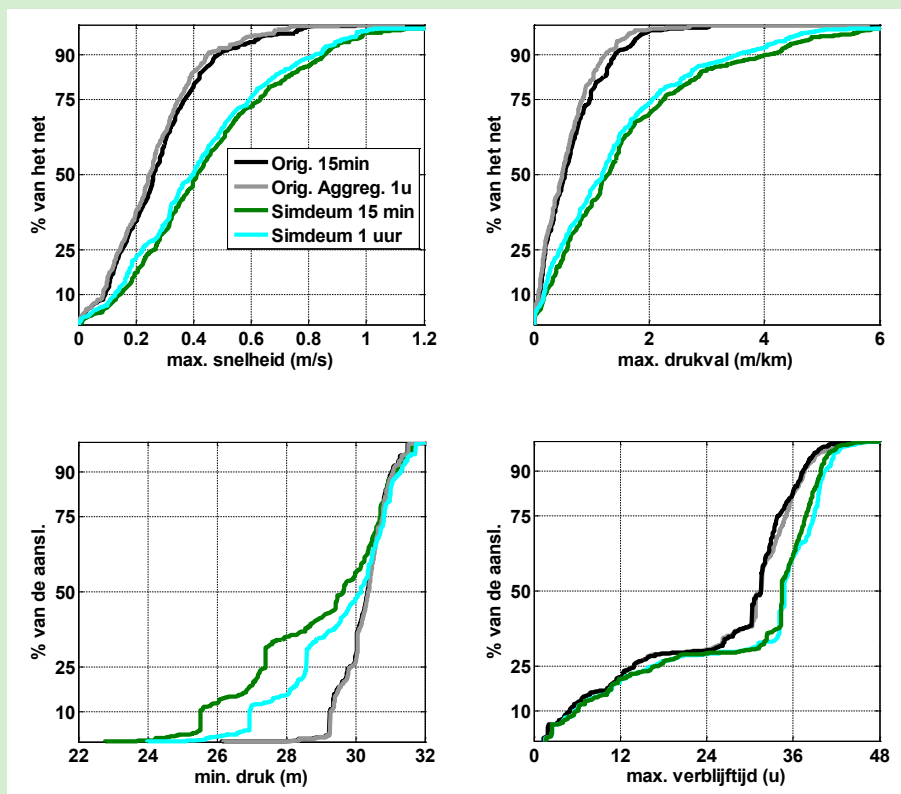


FIGUUR 4-12 VERGELIJKING VAN DE PRESTATIE VOOR KROMMENIE VOOR LEIDINGEN EN KNOPPEN REKENING HOUDEND MET ZIJN FUNCTIE

Discussie	Deze vergelijking laat de verschillen zien tussen de bedrijven voor de secundaire leidingen. Er is echter geen standaardbeschrijving om de functies van de leidingen te onderscheiden. Functielabels worden handmatig toegevoegd en hier wordt de kennis en ervaring van het leidingnetontwerp gebruikt om logische verbindingen te maken. Een overzicht van vuistregels voor het toekennen van labelfuncties is te vinden in Bijlage III. Ook hier geldt dat men niet kan zeggen welk deel van de verschillen voortkomt uit de specificaties van de gebieden en welk deel uit de verschillende benaderingen voor het opzetten van een streefstructuur. Idealiter zouden meerdere gebieden per bedrijf moeten worden vergeleken om harde conclusies te kunnen trekken.
Conclusie	Het vergelijken van alleen de secundaire leidingen maakt het mogelijk verschillende ontwerpen en gebieden te vergelijken. Idealiter zal een standaardbeschrijving van de leidingfuncties worden vastgelegd om vergelijkingen gemakkelijker te maken en toekenning van functies te kunnen optimaliseren.

4.5.6 Invloed van de tijdstap op de evaluatie van het ontwerp

Onderzoeksvraag	Wat is de invloed van de tijdstap op de evaluatie van het ontwerp?
Methode	Vergelijk vraagpatronen op 15 min. vs. 1 uur. Het oorspronkelijke model voor Krommenie heeft een tijdstap van 15 min. Dit patroon is geaggregeerd tot 1 uur. Verder zijn met SIMDEUM patronen gegenereerd: elke knoop een uniek SIMDEUMpatroon, om een vergelijking te maken. Het drukpatroon is ook geaggregeerd naar 1 uur. Alleen de secundaire leidingen zijn geanalyseerd.
Modellen	Krommenie 15 min. vs. 1 uur met origineel vraagpatroon en met SIMDEUMpatronen.
Resultaten	



FIGUUR 4-13 VERGELIJKING VAN DE PRESTATIE MAX SNELHEID, MIN SNELHEID EN MAX DRUKVAL VOOR KROMMENIE VOOR MAXDAG, MET TWEE VERSCHILLENDE TIJDSTAPPEN: 15 MIN EN 1 UUR EN MET SIMDEUMPATRONEN.

Discussie Bij aggregatie van het patroon van 15 min naar 1 uur, zijn geen aanzienlijke verschillen in de prestatie van het net geconstateerd, behalve voor de verblijftijd. Het verschil in verblijftijd kan worden verklaard door de veranderingen in de drukpatronen die geaggregeerd zijn. Dus één enkel patroon op 1 uur of 15 minuten kan vergelijkbare resultaten tonen en de analyse versnellen.

Ondanks dat er geen grote verschillen zijn geconstateerd, moet een verdere analyse worden uitgevoerd, bijv. wat er gebeurt met kleinere tijdstappen, bijv. 5 minuten. Hierbij zijn meer gedetailleerde drukpatronen nodig. De verschillen tussen één standaardpatroon en unieke SIMDEUMpatronen zijn heel duidelijk. De analyse met SIMDEUMpatronen toont hogere snelheden, een grotere drukval, een lagere minimale druk en langere verblijftijden dan het standaard-PWN-patroon. Het vergelijken van SIMDEUM-patronen op 15min en 1 uurbasis liet vergelijkbare resultaten zien voor maximale snelheid, drukval en verblijftijd. Wat betreft minimale druk liet de analyse verschillen zien van ca. 1 mwk tussen de SIMDEUMpatronen voor 35% van de aansluitingen en ca. 2.5 mwk tussen de standaard-PWN-patroon en SIMDEUMpatronen op 15 min. basis.

Het gebruik van alleen residentiële SIMDEUMpatronen, gebaseerd op aantal equivalent aansluitingen, leidt tot verschillen tussen de totale watervraag en het patroon, want de som van de SIMDEUMpatronen is niet exact gelijk aan het standaardpatroon. Dit verschil in de patronen kan de variaties in de prestaties deels verklaren.

Conclusie

Een meer gedetailleerde analyse met andere functies, zoals scholen en winkels is aanbevolen.

Voor complexe netwerken kan de tijdstap van de patronen een rol spelen in het hydraulische gedrag van het ontwerp en dus een effect hebben op de resultaten van de optimalisatie. Verder kan de mate van detail van de drukpatronen een invloed op de prestatie van het ontwerp hebben. Voor grotere gebieden waarin netwerken moeten 'geknipt' worden voor de analyse, is het belangrijk om de criteria te identificeren waar en hoe het model 'geknipt' moet worden.

Het gebruik van gedetailleerde SIMDEUMpatronen wordt aanbevolen tijdens het definitieve ontwerpproces van netwerken met secundaire leidingen om 1) de minimale druk te kunnen garanderen, 2) het plan van de transitie van het huidige net naar de beoogde streefstructuur te kunnen toetsen middels realistische patronen en 3) om gebieden met een lage druk gemakkelijker te kunnen identificeren (BTO 2016-2017) .

Voor toekomstige optimalisatieberekeningen is het belangrijk om een goede definitie van de te hanteren drukeis vast te stellen. Geldt deze drukeis bijvoorbeeld altijd op elke tijdsschaal (dus ook op 1 seconde) of alleen per uur of 15 minuten? Is een drukeis van 30 mwk per uur voldoende om bijv. 21 mwk per minuut te waarborgen?)

Het gebruik van realistische patronen uit SIMDEUM geeft een scherper beeld van het drukprofiel in het net. De resultaten van de druk met SIMDEUMpatronen zijn gevoelig voor de tijdstap. Het moet worden uitgezocht welke tijdstap het best is om een ontwerp te evalueren.

4.5.7 Wat is de toegevoegde waarde van verschillende watervraagscenario's voor het ontwerp?

Onderzoeksvraag

Wat is de toegevoegde waarde van verschillende watervraagscenario's voor het ontwerp?

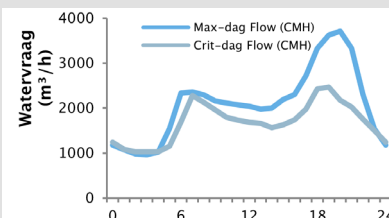
Methode

Vergelijk de prestatie van het net met en twee verbruikspatronen.

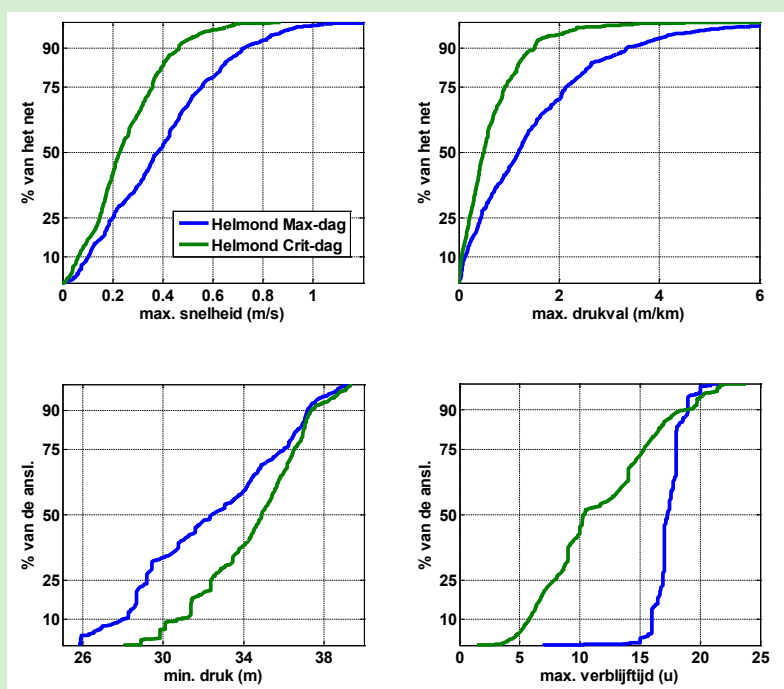
Modellen

Helmond - 1 uur tijdstap voor max- en criteriumdag (zie Bijlage VIII), met aanpassingen ingangsdruk voor elk watervraagscenario

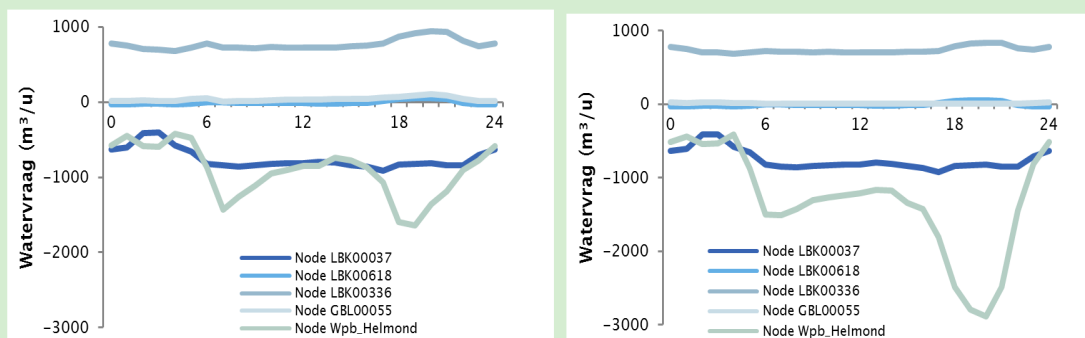
	drukhoogte op maxuur (m+NAP)	
verbruikspatroon	wpb Lieshout	wpb Helmond
maxdag	72	62
criteriumdag	56	53



Resultaten



FIGUUR 4-14 VERGELIJKING VAN DE PRESTATIE VOOR HELMOND VOOR MAXDAG EN CRITERIUMDAG VOOR DE STREEFSTRUCTUUR.



FIGUUR 4-15 VERGELIJKING VAN DE GELEVERDE HOEEVEELHEID WATER VOOR DE VIJF VOEDINGEN VOOR HELMOND VOOR DE CRITERIUMDAG (LINKS) EN MAXDAG (RECHTS). NEGATIEVE: WATERLEVERING VOOR HET HELMOND GEBIED, EN POSITIEVE WATER GELEVERD NAAR ANDERE GEBIEDEN.

Discussie

De analyse van verschillende scenario's helpt om de gevoeligheid van de prestatie in kaart te brengen. Belangrijk is dat voor elk scenario specifieke doelen of streefwaarden gedefinieerd en gerapporteerd zijn. In dit geval zijn er aanzienlijke verschillen tussen criteriumdag en maxdag op maximale drukval en maximale verblijftijd. Indien de verblijftijd geen eis maar een doelstelling is, dan is hoeft dit geen probleem te zijn.

De maxdag heeft twee keer meer drukval dan de criteriumdag. Er worden ook verschillende drukhoogtes gehanteerd voor ieder scenario. Dus hier wordt de prestatie van het net zichtbaar onder verschillende drukcondities en daarom kan bijvoorbeeld een langere verblijftijd tijdens de maxdag optreden t.o.v. de criteriumdag. Figuur 4-15 toont dat uit de 5 reservoirs één reservoir significant veel meer water levert tijdens max-dag. Reservoirs zijn in werkelijkheid open koppelingen met cq voedingspunten vanuit aangrenzend verbruiksgebieden.

Conclusie

Scenario's kunnen worden gebruikt voor ontwerp (hierboven) of als post-processing (zie §4.5.11).

Scenario's zijn nuttig om de variaties in de prestatie van het net onder variabele condities te kwantificeren en te kunnen anticiperen, bijvoorbeeld om aanpassingen aan de ingangsdruk te testen.

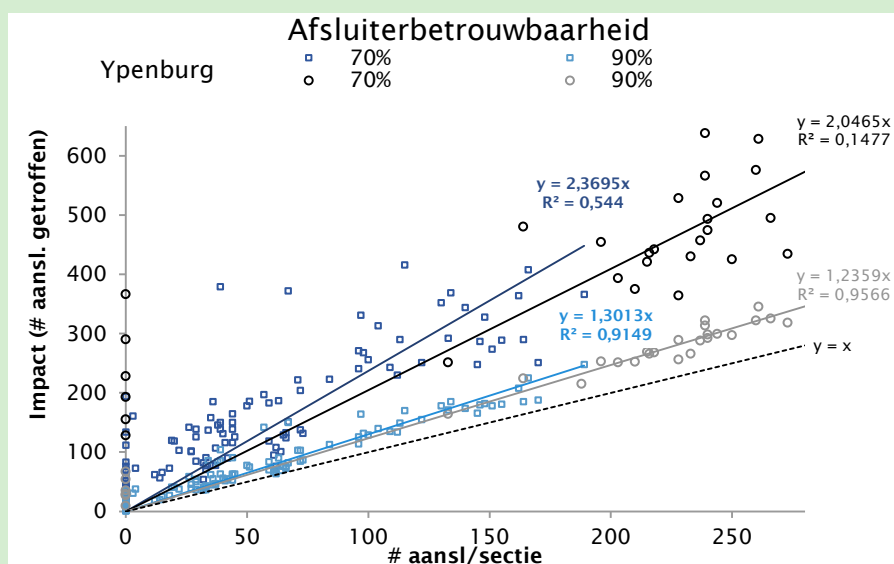
Scenario's kunnen worden onderscheiden in ontwerpscenario's en 'post-proces'-scenario's.

Ontwerpscenario's zijn werkelijke condities op korte termijn of randvoorwaarden van het ontwerp, voor deze condities moet het net voldoen aan bepaalde eisen. Ontwerpscenario's zijn de watervraagontwikkeling maar ook leveringszekerheidsanalyses. Als de ontwerpfase gereed is, kunnen toets-scenario's toegepast worden op het definitieve ontwerp. Deze exploratieve analyses helpen om de robuustheid van het ontwerp te bepalen en om de gevolgen van veranderingen te kunnen voorspellen.

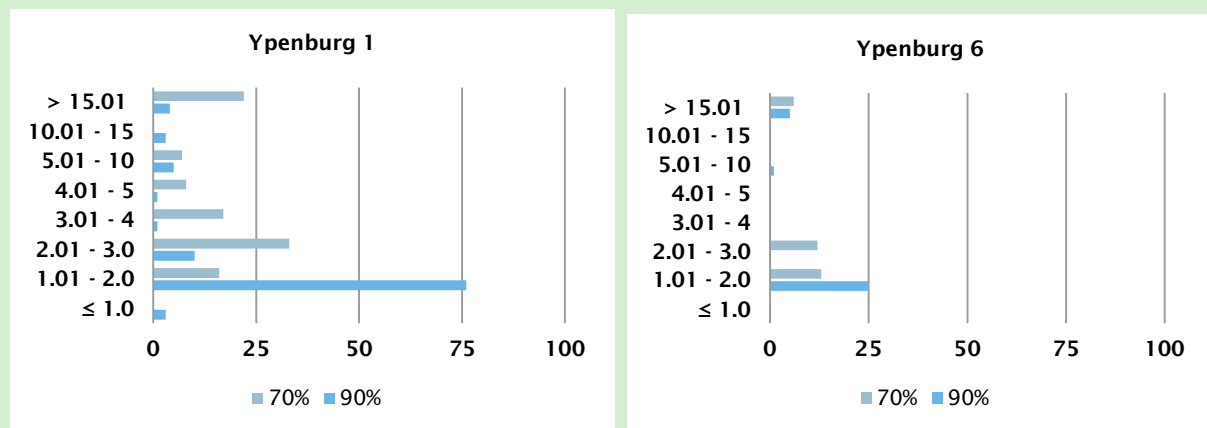
4.5.8 Is OLM de beste/enige indicator voor leveringscontinuïteit?

Onderzoeksvraag:	Is OLM de beste/enige indicator voor leveringscontinuïteit?
Methode	Vergelijk de impact van verschillende afsluiterconfiguraties voor hetzelfde model.
Modellen	Twee modellen van Ypenburg, voorzieningsgebied van Dunea, werden gebruikt (Vogelaar en Pieterse-Quirijns 2013) met variaties op afsluiterbetrouwbaarheid

Resultaten



FIGUUR 4-16 VERBAND TUSSEN SECTIEGROOTTE EN IMPACT VOOR YPENBURG VOOR TWEE AFSLUITERCONFIGURATIES (MODEL 1 BLAUW & MODEL 6 GRIJS) EN TWEE WAARDES VOOR DE AFSLUITERBETROUWBAARHEID: 70% EN 90%.



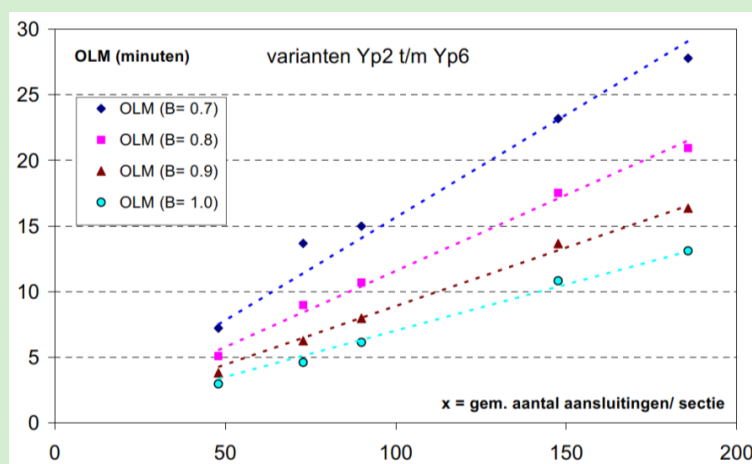
FIGUUR 4-17 OVERZICHT VAN HET VERHOUDINGSGETAL (IMPACT/# AANSL.) VOOR DE TWEE ONTWERPEN EN VERSCHILLENDE AFSLUITERBETROUWBAARHEDEN: 70%, 90% EN 100%

Discussie	De impact van de sectie geeft inzicht in de 'criticaliteit' of belang van een sectie. Naast OLM kan impact inzicht geven in de leveringscontinuïteit van het net. In het algemeen geldt dat hoe lager de afsluiterbetrouwbaarheid, hoe groter de relatieve impact. OLM bevat ook informatie over de kans op leidingbreuk. Impact en verhouding gaan alleen over de netwerk/afsluiter-topologie. Deze informatie is belangrijk voor afsluiterbeheer, afsluiters van secties met een groot verhoudingsgetal moeten een hoge afsluiterbetrouwbaarheid hebben en dus vaker onderhouden worden.
Conclusie	OLM is een goede indicator van LC, maar naast OLM geeft 'impact' aanvullende informatie voor optimale afsluiterconfiguratie en afsluiterbeheer. Idealiter zouden beide indicatoren tijdens de sectionering van het net moeten worden berekend.

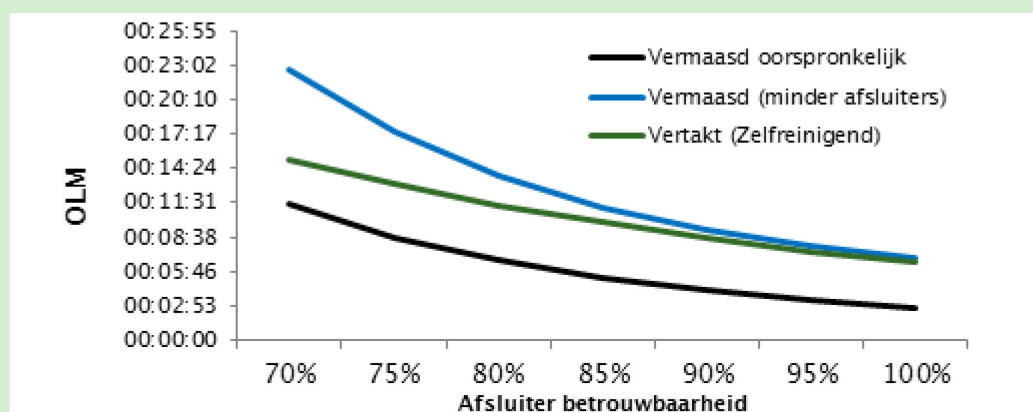
4.5.9 Wat is het effect van de afsluiterconfiguratie op OLM?

Onderzoeksvraag:	Wat is het effect van de afsluiterconfiguratie op OLM?
Methode:	Vergelijk de OLM van verschillende afsluiterconfiguraties voor het zelfde model.
Modellen:	5 modellen van Ypenburg (Dunea) met theoretische afsluiterconfiguraties werden vergeleken op basis van OLM (Vogelaar en Pieterse-Quirijns 2013) (Vogelaar en Pieterse-Quirijns 2013) Voor Sittard zijn drie modellen vergeleken: i) huidig vermaasd net, ii) huidig vermaasd net met een herziene afsluiterconfiguratie en iii) vertakt ontwerp met een herziene afsluiterconfiguratie, zie Bijlage VII. In beide gevallen werd OLM met CAVLAR berekend voor verschillende waarden van afsluiterbetrouwbaarheid.

Resultaten



FIGUUR 4-18 THEORETISCH VERBAND TUSSEN SECTIEGROOTTE EN OLM VOOR MODELGEBIED YPENBURG (VOGELAAR EN PIETERSE-QUIRIJNS 2013).



FIGUUR 4-19 VERBAND TUSSEN AFSLUITERCONFIGURATIE EN OLM VOOR MODELGEBIED SITTARD

Discussie De analyse toont dat OLM sterk wordt beïnvloed door de afsluiterconfiguratie. In het algemeen geldt dat grotere secties meer OLM betekent. Grotere secties betekent ook minder afsluiters en faciliteert afsluiterbeheer wat resulteert in een hogere afsluiterbetrouwbaarheid. Hierdoor kan OLM worden beperkt. Afsluiterbetrouwbaarheid is afhankelijk van het onderhoud aan afsluiters en daardoor gerelateerd aan operationele kosten. Kosten is meestal ook één van de criteria voor optimalisatie (zo laag mogelijk) en kan ook effect hebben op de resultaten van de evaluatie van een ontwerp. Om te kunnen concluderen wat de toegevoegde waarde is van verschillende afsluiterconfiguraties van een streefstructuurontwerp voor de

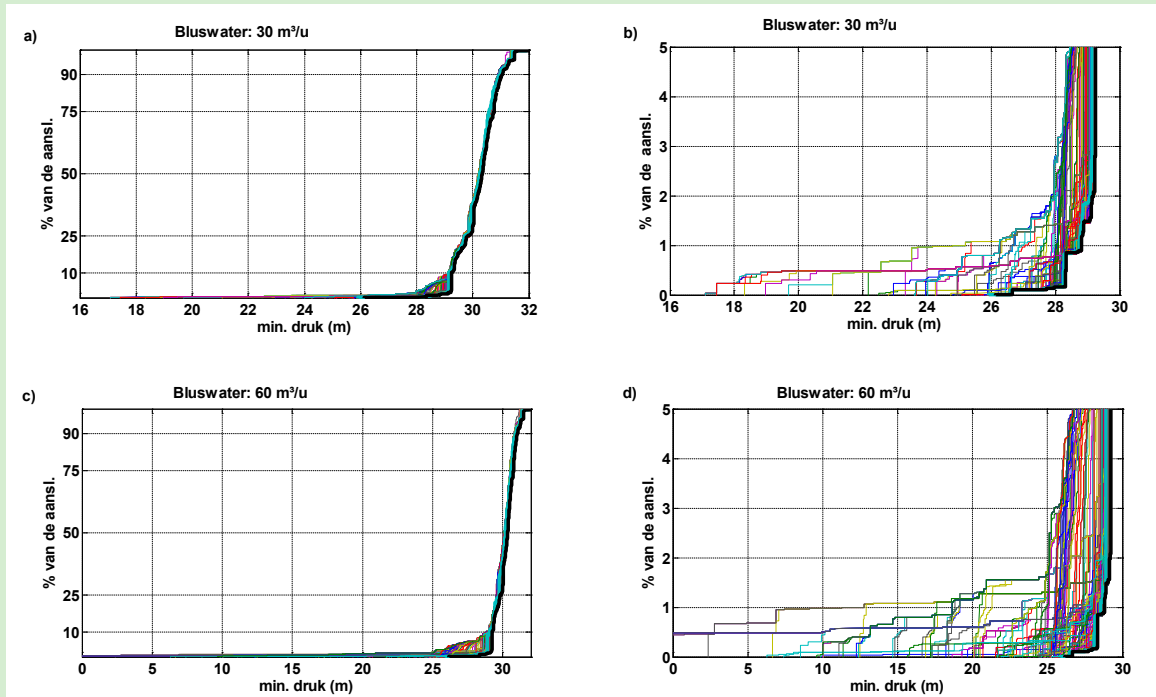
Conclusie

evaluatie van streefstructuren, zouden verschillende afsluiterconfiguraties van netwerken vergeleken moeten worden. Het definiëren van één afsluiterconfiguratie is arbeidsintensief. Momenteel wordt OLM niet direct geoptimaliseerd tijdens het ontwerpen van een streefstructuur, maar door gebruik te maken van een optimale sectiegrootte (gekozen door de ontwerper/het waterbedrijf) tijdens het ontwerp wordt de afsluiterconfiguratie impliciet meegenomen. In de toekomst wordt verwacht dat met tools zoals Gondwana de afsluiterconfiguratie kan worden geoptimaliseerd. Dit wordt momenteel onderzocht in het kader van een DPWE-project.

De afsluiterconfiguratie is een cruciaal aspect voor de prestatie van het net tijdens het ontwerp van de streefstructuur. Door gebruik te maken van de vuistregels voor “optimale sectiegrootte” tijdens het ontwerp wordt de afsluiterconfiguratie impliciet meegenomen. Verder onderzoek moet worden verricht om de optimale afsluiterconfiguratie te bepalen.

4.5.10 Is het zinvol om de bluswatercapaciteit mee te nemen in het ontwerpproces?

Onderzoeksvraag:	Is het nodig om de bluswaterreis expliciet mee te nemen in het ontwerpproces, of komt het vanzelf goed door bepaalde vuistregels of bijzondere verbruikers mee te nemen?
Methode:	Er zijn geen brandkranen aanwezig in het model. Iteraties toevoegen van een additioneel verbruik aan elke knoop met verbruik. Om dit te automatiseren is een "nieuwe" knoop gedefinieerd als brandkraan met een vaste vraag en 522 modellen zijn gegenereerd waarin elke keer een knoop met verbruik werd aangesloten aan de brandkraan met een korte leiding.
Modellen:	Krommenie max-dag
Resultaten	

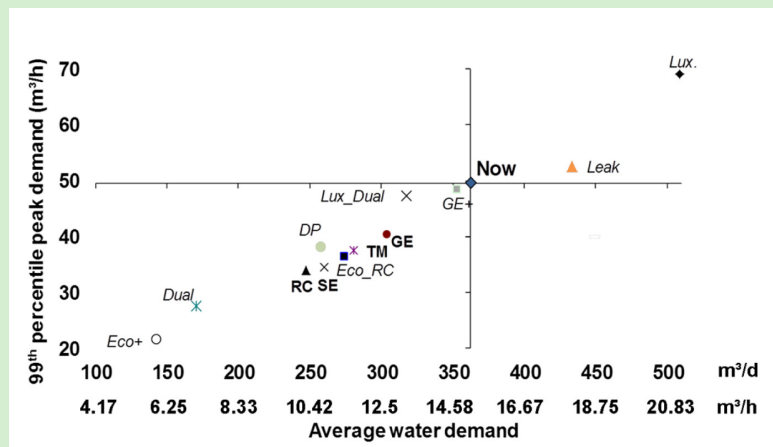


FIGUUR 4-20 BLUSWATERCAPACITEITSANALYSE VOOR KROMMENIE A-B) VOOR 30 M³/U EN C-D) VOOR 60 M³/U. GEKLEURDE LIJNEN GEVEN 522 SCENARIO'S WEER EN ZWARTE LIJN DE NORMALE MAXDAG

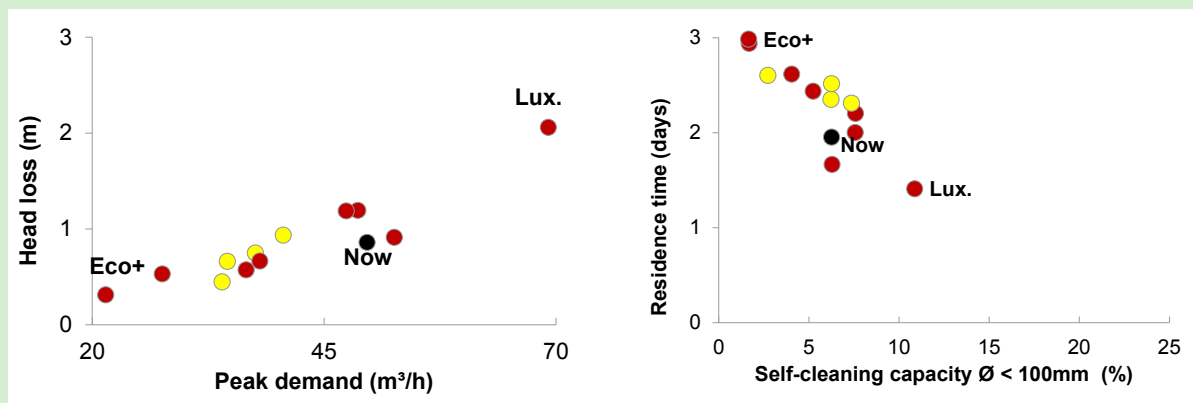
Discussie	Twee manieren zijn geïdentificeerd om de bluswatercapaciteit te testen: i) iteratief toevoegen van een additioneel verbruik aan elke knoop met verbruik of ii) iteraties met een vaste druk (bijv. van 5 mwk + maaiveld) aan elke knoop met verbruik toekennen en daarna controleren welke volumestroom kan worden geleverd. Ondanks dat de tweede methode realistischer is, kunnen de randvoorwaarden van de reservoirs foutieve resultaten opleveren voor modellen die geknipt zijn. De eerste methode is hier toegepast. De bluswatercapaciteitsanalyse voor Krommenie liet zien dat het net 30m³/uur bluswatercapaciteit kan leveren. De gevolgen zijn heel lokaal, in het 'worst case' scenario was de minimale druk 17.1, maar minder dan 0.5% van de aansluitingen zal een druk lager dan 19.5 mwk hebben. Een bluswatercapaciteit van 60m³/uur kan niet altijd geleverd worden. In 10 gevallen (uit 522 d.w.z. 2%) zijn er aansluitingen zonder druk. Dit is heel lokaal, want in het algemeen zitten nooit meer dan 1.2% van de aansluitingen onder de 20 mwk. Om de minimale druk te bepalen, moet rekening worden gehouden met de minimale voordruk die de brandweer nodig heeft en de drukverliezen in de brandkraan. In deze analyse hebben wij geen onderscheid gemaakt in het type aansluiting. In werkelijkheid kunnen sommige klanten gevoeliger zijn voor lagere druk. Met de tweede methode, zoals hierboven genoemd, kan de bluswatercapaciteit per knoop berekend worden.
Conclusie	Het is zinvol om de bluswaterreis expliciet mee te nemen in het ontwerpproces. Met een snelle test kan de bluswatercapaciteit gecontroleerd worden. Dit analysetype geeft inzicht in de 'flexibiliteit' van het net en geeft een beeld van het bereik van de prestatie bij bluswatervraag. Een toets na het ontwerp op 60 m³/h bluswater kan leiden tot aanpassing van het ontwerp.

4.5.11 Wat is de toegevoegde waarde van verschillende scenario's voor de evaluatie van het ontwerp?

Onderzoeksvraag:	Wat is de toegevoegde waarde van verschillende scenario's voor de evaluatie van het ontwerp?
Methode:	Een robuustheidstest kan worden gebruikt als toetsing na de ontwerpfase. In de Stresstest (Agudelo-Vera en Blokker 2014) zijn een aantal watervraagscenario's gedefinieerd en de prestatie van het net is gesimuleerd om de mogelijke variatie in de prestatie te kwantificeren.
Modellen:	Sittard (WML) - (Agudelo-Vera en Blokker 2014). Ondanks dat de stresstest tot nu toe op kleinere netwerken (Wijkniveau secundaire en tertiaire leidingen) getest is, kan deze ook worden toegepast voor het toetsen van streefstructuren.
Resultaten	



FIGUUR 4-21.OVERZICHT VAN DE WATERVRAAGSCENARIO'S VAN HET STRESSTEST.

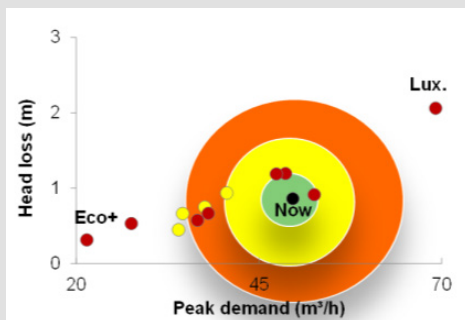


FIGUUR 4-22.OVERZICHT VAN DE MOGELIJKE VARIATIE IN DE PRESTATIE VAN HET NET VAN SITTARD ONDER VERSCHILLENDE WATERVRAAGSCENARIOS. IN GEEL MEDIUM STRESS-SCENARIO'S EN IN ROOD HIGH STRESS SCENARIO'S.

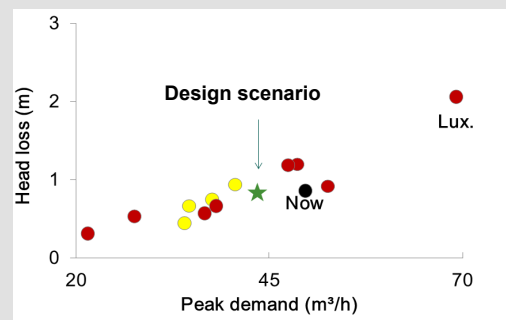
Discussie	Deze aanpak liet de mogelijke variaties in de prestatie van het net zien bij veranderende watervraag. In deze specifieke studie konden beheerders anticiperen en controleren of de variaties zouden kunnen worden gecompenseerd zonder het net aan te passen, bijvoorbeeld door het variëren van de ingangsdruk of door vaker spuien. Dit soort toetsing kan inzicht geven in de robuustheid van het ontwerp. Een goede schatting van de watervraag en de onzekerheden kan het ontwerp ondersteunen, maar een prognose zal nooit precies zijn. Je kunt dan kiezen om te ontwerpen op 'Lux' en dan is drukval in alle scenario's laag genoeg, maar verblijftijd en zelfreinigend vermogen zijn (te) laag. Als er op 'Eco' wordt ontworpen dan is verblijftijd altijd acceptabel en het zelfreinigend vermogen ook, maar is drukval te hoog wanneer een van de overige scenario's werkelijkheid wordt.
------------------	---

Met deze analyse kan men toelaatbare grenswaarden bepalen, bijvoorbeeld de huidige plus komende 5 jaar een bepaalde toelaatbaarheid aan variatie, Figuur 4-23a (groene cirkel). Voor 15-20 jaar is een variatie weergegeven in geel. Als specifieke grenzen zijn bepaald, kan de prestatie van het net worden gemonitord (links-beneden). Of een bedrijf zou kunnen kiezen om voor het gemiddelde van de scenario's te ontwerpen (zie '★' – Figuur 4-23b) en dan ontwerpen op een lagere verwachte watervraag, terwijl de huidige watervraag nog prima geleverd kan worden.

a)



b)



FIGUUR 4-23. A) SCHEMATISCHE REPRESENTATIE VAN VERSCHILLENDE PRESTATIENIVEAUS: GROEN NORMALE PRESTATIE, GEEL: ONDER NORMAAL, ORANJE: NIET GEWENST SCENARIO'S. B): KEUZE VAN ONTWERP SCENARIO

Conclusie

Het is nuttig om het bereik te zien, en de precieze eis (huidige watervraag, of toekomstige vraag) aan te scherpen. Waterbedrijven kunnen dan voorbereid zijn, indien (drastische) veranderingen van de watervraag optreden.

4.6 Discussie en algemene aandachtspunten n.a.v. de kwantitatieve analyse

Uit de kwantitatieve evaluatie bleek dat het lastig was om met een beperkt aantal modellen de vuistregels te toetsen. Uit de analyses blijkt dat men niet kan zeggen welk deel van de verschillen voortkomt uit de specificaties van de gebieden en welk deel uit de verschillende benaderingen voor het opzetten van een streefstructuur, bijv. bedrijfsspecifieke eisen of vuistregels. De methodes zijn wel beschreven en op kleine schaal is een evaluatie uitgevoerd.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Het gebruik van meerdere watervraagscenario's is nuttig om de prestatie onder verschillende werkcondities te garanderen.
- Tijdstep van de vraagpatronen was alleen belangrijk als er individuele SIMDEUMpatronen zijn toegekend. SIMDEUMpatronen lieten lagere druk zien tijdens max-dag.
- Het testen van bluswater tijdens het ontwerpproces is nuttig om de minimale druk te garanderen voor een bepaalde bluswatervraag. Deze test kan worden geautomatiseerd.
- Afsluiterconfiguratie is bepalend voor de prestatie van het net onder faalscenario's. Er wordt aanbevolen om naast OLM ook 'impact'-berekeningen uit te voeren om de optimale afsluiterconfiguratie te bepalen.
- In de toekomst kunnen toetsingsscenario's worden gebruikt als een extra stap om het definitieve ontwerp te toetsen.

Idealiter zouden meerdere gebieden per bedrijf moeten worden vergeleken om harde conclusies te kunnen trekken. Aanbevolen wordt om meerdere modellen van hetzelfde bedrijf, die met dezelfde eisen/doelen en vuistregels ontworpen zijn, te vergelijken. Daarna kunnen meerdere projecten van minstens twee bedrijven worden vergeleken om te controleren welke verschillen optreden o.b.v. specifieke bedrijfseisen.

Het is belangrijk om naar de toekomst en mogelijke automatisering en optimalisatiestappen te kijken, zie hoofdstuk 6. Daarvoor is het ook nodig om het volgende te bepalen:

- Is er een optimale grootte van het gebied om streefstructuren te ontwerpen?
- Welke tijdstep van de verbruikspatronen moet worden gebruikt voor optimalisatie?
- Wanneer is het gebruik van SIMDEUMpatronen gewenst?

In verband met de impliciete kennis van de ontwerper, konden wij dit niet extraheren uit de aangeleverde casussen: omdat er ofwel geen bijzondere omstandigheden waren, ofwel omdat aanpassingen impliciet zijn meegenomen.

5 Selectie van de best practices en aanbeveling voor continue verbetering van het proces

5.1 Inleiding

Samen met de bedrijven werd de definitie van de best practices geselecteerd: Een best practice is een techniek, werkmethode of activiteit die zich als effectiever heeft bewezen dan enige andere techniek, methode etc. De gedachte is dat met de juiste werkmethode een project uitgevoerd kan worden met minder problemen, minder onvoorziene complicaties en betere eindresultaten. Best practices kunnen door benchmarking worden geïdentificeerd. De best practices van een bepaalde organisatie zijn echter niet noodzakelijkerwijs de best practices voor een andere organisatie. Een goed begrip van de context, de randvoorwaarden en de kritieke succesfactoren is essentieel. Om het proces te evalueren zijn de discussiepunten uit hoofdstuk 4 geclusterd in twee SWOT-analyses: Figuur 5-1 focust op het proces van het ontwerp van streefstructuren en Figuur 5-2 focust op project niveau.

Sterktes: "Tested Best Practice"

- Bedrijven hebben ervaring opgedaan.
- Er is een start gemaakt met documenteren en vast leggen van een formele werkprocedure binnen de bedrijven.
- Voorbeeldgebieden zijn ontworpen.
- 'Early adopters' zien al voordelen in de praktijk.
- Binnen de PDCA, zijn de bedrijven bezig met Check.
- Automatisering versnelt het proces.
- Integrale aanpak om mogelijke verbetering van het net in kaart te brengen.
- Er is een duidelijk plan hoe het leidingnet in de toekomst dient te ontwikkelen
- Het maakt mogelijk het aafgestem met saneringsplannen. Er wordt gebruikt bij prioritering van saneringsplannen

Zwaktes: "Aanbevelingen voor betere practices - Intern"

- Ontbrekende info in rapportages
- Vuistregels zijn nog niet gevalideerd en gestandaardiseerd
- Locatiespecifieke factoren nog niet standaard gedefinieerd
- Geen langere termijnstrategie voor onderhoud van ontwerpen en voor transitie.

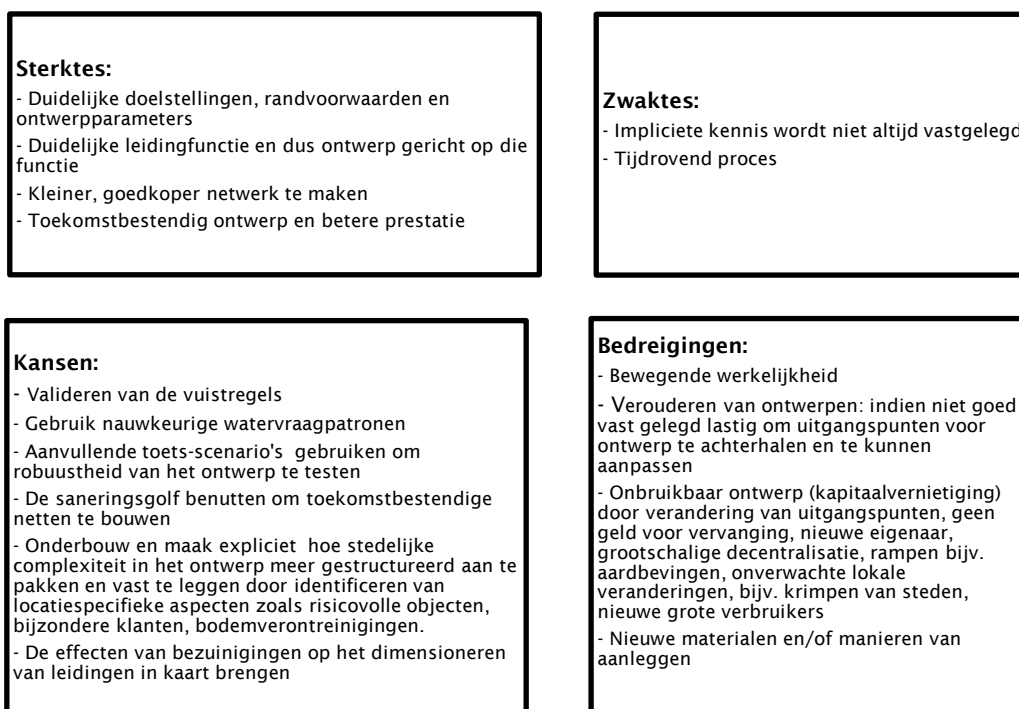
Kansen: "Potential Best Practices"

- Bepalen van de functie van leidingen automatiseren
- Verdere standaardisatie van processen en definities
- Optimalisatie van het ontwerp met gebruik van Gondwana (versnellen)
- Specifieke eisen onderscheiden naar verschillende functie bijv. primair en secundair
- Verschillende faal- of watervraagscenario's tijdens en na ontwerp testen voor een robuust ontwerp
- Verder gaan met de PDCA cyclus naar 'ACT' stap.

Bedreigingen:

- Borgen van ontwerpmethodiek is lastig
- Buiten beschouwing laten van scenario's: bijv. nieuwe normen door een regulator of voor witte vlekken bijv. onvoorziene ontwikkeling watervraag
- Nieuwe eisen, wetten/normen

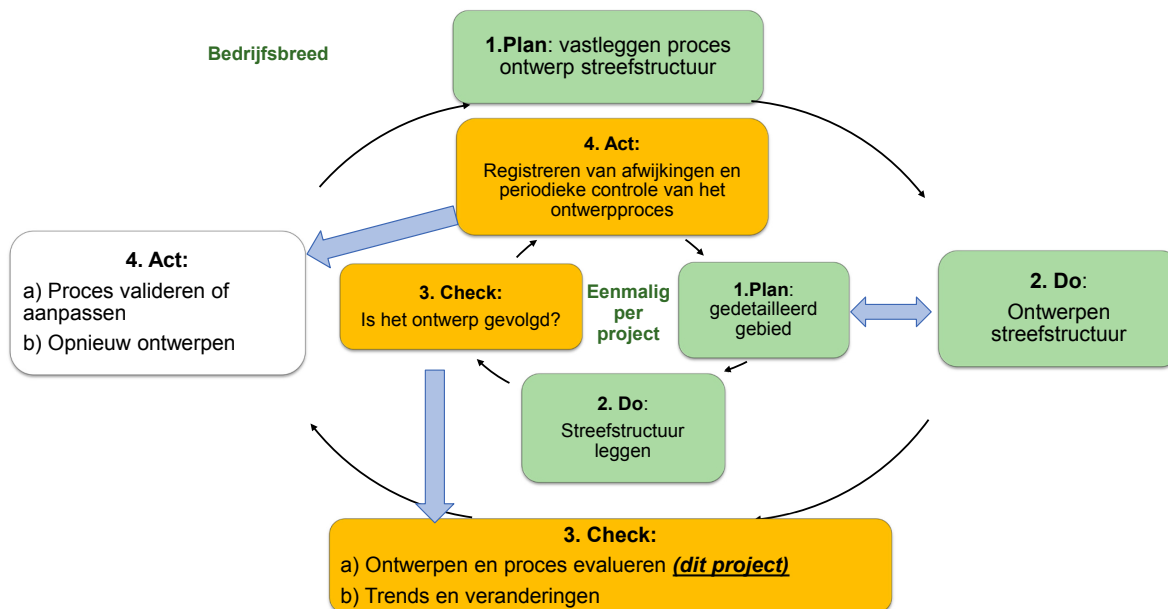
FIGUUR 5-1 STERKTE-ZWAKTE ANALYSE VAN HET PROCES VAN HET ONTWERP VAN STREEFSTRUCTUREN



FIGUUR 5-2 STERKTE-ZWAKTE ANALYSE VAN HET ONTWERP VAN STREEFSTRUCTUREN OP PROJECT NIVEAU

5.2 Implementeren van de PDCA cyclus als 'Best practice'

Ondanks dat elk bedrijf zijn eigen bedrijfsnormen heeft, procesmatig om verbetering te kunnen identificeren, wordt aanbevolen om de PDCA cyclus te implementeren. Figuur 5-3 toont een kwalitatieve evaluatie van de PDCA cyclus voor de drie bedrijven. Groen: alle drie bedrijven doen het; oranje: sommige bedrijven doen het, en witte: nog niet geïmplementeerd/gedaan door de waterbedrijven.



FIGUUR 5-3 KWALITATIEVE EVALUATIE VAN DE PDCA CYCLUS VOOR DE DRIE BEDRIJVEN

5.3 “Lessons learnt” tot nu toe

PWN geeft aangegeven al ‘betere practices’ te hebben geïdentificeerd en toegepast tijdens de loop van het project. Deze worden hieronder nader beschreven.

5.3.1 Bedrijven met particuliere blusinstallaties (PWN)

Bedrijven met particuliere blusinstallaties (sprinklers e/o brandkranen) nam PWN tot voor kort niet mee. Zij zijn nu met de eerste streefstructuur bezig waarin zij die wel meenemen.

“Oude” manier:

1. Plangebied wordt opgedeeld in deelgebieden. M.b.v. GIS en SAP-gegevens wordt per deelgebied bepaald hoeveel administratieve aansluitingen er zich bevinden. Tevens wordt op deze tekening de locatie van de groot kaliber watermeters aangegeven. Dit zijn alle watermeters Qn_3 en groter.
2. Bij ontwerp secundaire leidingnet wordt rekening gehouden met percelen met groot verbruik. Secundaire leiding zo ontwerpen dat deze langs of in de buurt van dit perceel ligt. Voorwaarde is dat hierdoor geen extra lange lengte leiding en geen extra risicovolle constructies ontstaan.
3. Grove indeling maken van huidige leidingen:
 - o Primair
 - o Leidingen met een diameter van 150 mm en groter
 - o Leidingen kleiner dan 150 mm
4. Aangeven welke bestaande leidingen behouden moeten blijven voor het ontwerp van het secundaire net en waar eventueel nieuwe leidingen of doorverbindingen moeten komen. Handmatige actie.

Hierbij wordt uitgegaan van:

- maak zoveel mogelijk gebruik van de bestaande leidingen met een diameter groter dan 150 mm
- maak zoveel mogelijk gebruik van de tracés van het bestaande net
- maak gebruik van de bedrijfsnormen voor minimaal aantal voedingspunten per cluster aansluitingen in de hoofdstructuur, zoals aangegeven in paragraaf 2.1.3
- afstand tussen de secundaire leidingen moeten zo gekozen worden dat binnen het zelfreinigende tertiaire net voldaan kan worden aan de maximaal toegestane drukval van 3mwk.

“nieuwe” manier:

Bij stap 1 worden ook alle locaties met particuliere blusinstallaties in kaart gebracht: locaties en grootte. Bij bepalen van de secundaire leidingen wordt hier, indien mogelijk, ook rekening mee gehouden net als bij de groot kaliber watermeters. In het “stappenplan” heeft PWN het onderstaande hierover opgenomen:

Toetsing particuliere bluswaterinstallaties

In het leidingnet bevinden zich particuliere bluswaterinstallaties. Hier worden sprinklerinstallaties, blusomlopen of brandslanghaspels verstaan.

De vragen van particuliere bluswaterinstallaties zijn verschillend, maar de vraag moet altijd geleverd worden met een minimale druk van 150 kPa.

Een vraag van 30 m³/h en groter moet worden aangesloten op een dubbelzijdig gevoede secundaire leiding. Een lagere vraag kan worden aangesloten op een zelfreinigend vertakt net.

15 m³/h	op PVC110 => dH 0,25m
	op PVC160 => dH 0,05m
≤ 15 m³/h	- kan op tertiaire net worden aangesloten
	- hoeft in streefstructuur niet gecontroleerd te worden
15–30 m³/h	- als niet op secundair aangesloten kan worden dan als aandachtspunt meegeven in rapport
	- hoeft in streefstructuur niet gecontroleerd te worden
> 30 m³/h	- altijd op vermaasd secundair net

Als er geen rekening met deze nieuwe aanpak wordt gehouden dan kun men bij het ontwerpen van het tertiaire net voor verrassingen komen te staan. Bijvoorbeeld als men een perceel moet uitrusten met een sprinklerinstallatie van 90 m³/h. Dan moet men dus extra secundaire leidingen gaan leggen om dat debiet te kunnen leveren of zelfs leidingen gaan verzwaren.

Door er bij de keuze van de secundaire leidingen rekening mee te houden zullen deze voor of in de nabijheid van het betreffende pand komen en hoeft je dus geen leidingen te verzwaren of extra secundaire leidingen te leggen.

5.3.2 Patronenbibliotheek

PWN gebruikt sinds 2015 de patronenbibliotheek (Pieterse-Quirijns en van de Roer 2013). Deze is voor het eerst toegepast in de streefstructuren die vorig jaar zijn gemaakt. Er is geen vergelijking gemaakt, zodat op dit moment niet kan worden vastgesteld in welke mate het gebruik van de patronenbibliotheek tot een beter ontwerp leidt.

5.4 Geldigheid van de ontwerpen

Het ontwerp veroudert of vervalt als één of meer van de elementen van de ontwerpcirkel veranderen en daarom is het volgen van trends en ontwikkelingen cruciaal. Tabel 5-1 toont een overzicht van de vijf mogelijke veranderingen en de bijbehorende check en act stappen.

TABEL 5-1 OVERZICHT VAN MOGELIJKE VERANDERINGEN EN DE CHECK – ACT STAPPEN NODIG

	Termijn (intern of sectorbreed)	Check	Act
1. Watervraag	Op lange termijn (intern en sectorbreed)	Jaarlijks verbruik en prognose controleren. Contextscenario's blijven volgen.	Indien geen drastische verandering, het model elke 10 jaar controleren en waar nodig aanpassen. Drastische verandering: op kortere termijn controleren en waar nodig aanpassen.
2. Ontwikkeling van nieuwe gebieden	Middellange/lang e termijn (intern)	Elke 1-2 jaar plannen en realisatie controleren.	Veranderingen in de plannen bespreken en doorvoeren.
3. Implementatie van de streefstructuur	Korte termijn (intern)	Elk jaar plannen en realisatie controleren.	Controleren dat in een technisch accountants rapport (TAR) of een vergelijkbare rapportage indicatoren over de realisatie van de streefstructuur worden geregistreerd. Kleine aanpassingen: registreren en elke 5 jaar evalueren. Bij grote aanpassingen: het model controleren.
4. Nieuwe normen/eisen/bedrijfsdoelen	Korte t/m lange termijn (sectorbreed)	Continu volgen	Betrokken blijven bij beslissingen over nieuwe normen/eisen Nieuwe kennis gebruiken om normen te valideren? (bijv. Temperatuureis?). Waar nodig geacht de streefstructuur opnieuw evalueren en aanpassen.
5. Nieuwe kennis/tools	Korte termijn (intern en sectorbreed)	Elk jaar blijven controleren	Afhankelijk van de situatie eerst proces aanpassen daarna het ontwerp controleren. Case specifiek per bedrijf.

5.5 Checklist voor best practices

Dit onderzoek onderstreept het belang van een degelijk revisieproces van de streefstructuurontwerpen. Aangeraden wordt om op project- en bedrijfsbreed niveau de PDCA cyclus in te zetten. Hieronder worden drie checklists voorgesteld voor de implementatie van de PDCA cyclus. Tabel 5-2 toont de checklist voor de beheerder van het ontwerpproces om eisen, doelen, vuistregels, scenario's voor ontwerp en randvoorwaarden expliciet te maken. De checklist zou periodiek herzien moeten worden. Tabel 5-3 toont de checklist voor de ontwerper die per project zou moeten ingevuld worden. Tabel 5-4 toont de checklist voor de uitvoerder of projectleider van de afdeling 'uitvoeren' voor het realiseren van streefstructuren. Deze checklists zijn generiek en bieden een kader voor de bedrijven. Aanbevolen wordt dat elk bedrijf die afstemt op de eigen bedrijfsvoering.

De checklists zijn een aanvullend document op de huidige documentatie per bedrijf. Door het invullen van de checklist wordt een overzicht gegeven van de processen en de beschikbare documentatie. Idealiter wordt in de checklist verwezen naar de huidige documentatie via een Link en Referentie (L/R)

TABEL 5-2 CHECKLIST VOOR DE BEHEERDER VAN HET ONTWERP PROCES. L/R: LINK OF REFERENTIE NAAR BESTAANDE DOCUMENTATIE

PLAN: vastleggen procesontwerp streefstructuur			
Procesdocumentatie:			L/R
☐ Scenario's voor ontwerp ☐ Stappenplan ☐ Vuistregels ☐ Richtlijnen voor databeheer en opslag Standaard houdbaarheid van een ontwerp: ____ jaar			
Scenario's voor ontwerp:			
☐ Nominale (huidige) watervraag (Op jaar, dag en uur basis)			L/R
☐ Toekomstige watervraag (Op jaar, dag en uur basis): Tijdshorizon _____ databron _____			L/R
☐ Max-dag factor _____ ☐ Max uur Max-dag factor _____			L/R
☐ Andere watervraagscenario's _____			L/R
☐ Bluswatervraag: ☐ 0 m³/u ☐ 30 m³/u ☐ 60 m³/u ☐ Andere:_____ m³/u			L/R
☐ Leveringszekerheid (aannames en tools)			L/R
☐ Leveringscontinuïteit (aannames en tools)			L/R
☐ Andere:			L/R
Eisen			
☐ P-eis normale levering/begin tertiair net ☐ Sterkte-eis ☐ Temperatuur ☐ Chemische & bacteriologische eisen			L/R
Doelen (H: Harde of Z: zachte doelen)			
☐ P-eis bij LZ (H/Z)	☐ P-eis bij OLM-druk (H/Z)	☐ P-eis bij OLM-levering (H/Z)	☐ Spuibaarheid (H/Z)
☐ Max. drukval (H/Z)	☐ OLM (H/Z)	☐ Sectiegrootte (H/Z)	
☐ Vmax (H/Z)	☐ Verblijftijd (H/Z)	☐ Pendelzones (H/Z)	
☐ Aanlegkosten (H/Z)	☐ Beheerkosten (H/Z)	☐ Kosten werkvoorbereiding (H/Z)	
Vuistregels		Zijn de vuistregels gevalideerd?	Links/waarden
☐ # voedingen		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
☐ Minimale drukhoogte (kPa) op primair – Max-dag		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
☐ Max. drukgradiënt (mwk/km)		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
☐ Max. sectielengte (km/sectie)		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
☐ Max. afstand tussen twee secundaire leidingen		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
☐ Max. snelheid (m/s)		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
☐ Andere:		☐ Ja/ ☐ Nee	L/R
Randvoorwaarden			
☐ Definitie van P-S-T (L/R)		☐ Definitie van aansluitingen, grote verbruikers, etc. (L/R)	
☐ Specifieke drukken per leidingfunctie (L/R)		☐ Hoe werd het gebied gedefinieerd/geselecteerd? (L/R)	
☐ Beschikbare diameters voor ontwerp (L/R)		☐ Locatiespecifieke aspecten, bijv. risicovolle elementen, specifieke klanten (L/R)	
☐ Uitgangspunten voor beschikbaar tracé, bijv. huidige net (L/R)		☐ Typen verbruikers: huishoudelijk, grootverbruikers, flats, etc. (L/R)	
Locatiespecifieke gegevens			
☐ Omgang met locatiespecifieke gegevens			L/R
DO: Ontwerpen streefstructuur			
☐ Is de checklist per project ingevuld? (Tabel 5-3)			L/R
☐ Is alle documentatie aanwezig?: rapport, model, GIS; met datum en versie			L/R
CHECK:			
Ontwerpen proces: ☐ Datum laatste revisie van het proces: _____ Indien langer dan <u>x</u> jaar? Check. Indien er aanpassingen zijn of moeten worden uitgevoerd, rapporteer dat in ACT			L/R
Verandering in trends/aannames: Watervraagvoorspelling: ☐ Ja ☐ Nee Ontwikkelingen: ☐ nieuwe bouw, ☐ nieuwe wegen, ☐ andere. Andere: _____			L/R
Aandachtspunten geïdentificeerd uit implementatie: _____			L/R
Verandering in normen/eisen/bedrijfsdoelen: _____			L/R
Nieuwe kennis/tools: _____			L/R
ACT:			
☐ Proces valideren of aanpassen ☐ Opnieuw ontwerpen			

TABEL 5-3 CHECKLIST PER PROJECT VOOR DE ONTWERPER. PLAN & DO

Gegevens			
Naam gebied			
☐ Procesdocumentatie uit Tabel 5-2 gebruikt.			
Is alle documentatie aanwezig? ☐ Ja / ☐ Nee,			
Links naar alle gerelateerde bestanden: ☐ model, ☐ GIS, ☐ Excelbestanden, ☐ andere_____.			
Locatiespecifieke gegevens			
Uitzonderingen voor het gebied, bijv.			
☐ bodemverontreiniging; ☐ risicovolle elementen; ☐ bijzondere klanten; ☐ andere_____.			
Gegevens modellen: huidige situatie en streefstructuur			
☐ Naam van de hydraulische modellen			
☐ Aantal aansluitingen			
☐ Totale dagelijkse watervraag en vraagpatroon			
☐ Rekentijdstep van het model			
Toetsen:			
Getoetst op: ☐ Bluswater ☐ LZ ☐ LC ☐ andere_____.			
Opmerkingen:			
Doelen/eisen/			
Voldoet het ontwerp aan:			
☐ P-eis normale levering/begin tertiair net ☐ P-eis bij LZ (H/Z) ☐ Andere_____			
vuistregels	PWN	BW	WML
☐ # voedingen (v)	≤ 150 AL: 1 v 150 - 1000 AL: minstens 2 v > 1000 AL: minstens 3 v	≤ 300 wa: 2 v 500-1000 wa: 3 v 1000-1500 wa: 4 v >1500 wa ≥ 4 v	pompstation / drukvermeerderingsinstallatie
☐ Minimale drukhoogte (kPa) – Max-dag	260	300	300
☐ Max Drukgradiënt (mwk/km)	2	4 (sec-lussen)	6
☐ Maximale sectielengte (km/sectie)	1,0	n.v.t	2,0
☐ Sectiegrootte (aansl. /sectie)	n.v.t.	80 binnen bebouwde kom en 50 buiten bebouwde kom	n.v.t.**
☐ maximale afstand tussen twee secundaire leidingen	600 m bij 150-200 aansluitingen	n.v.t	360
☐ Maximale snelheid (m/s)	Max. 1,5	Min. 0,2	Min. 0,3
☐ % net met 1-richtingstroom	n.v.t.	Dmv controle stroombeeld	z.h.m.
☐ Andere_____			
Resultaten ontwerp streefstructuur			
☐ Lengte (km)	☐ Overzicht diameters	☐ Volume (m³)	
☐ Locaties afsluiters	☐ Locaties brandkranen		

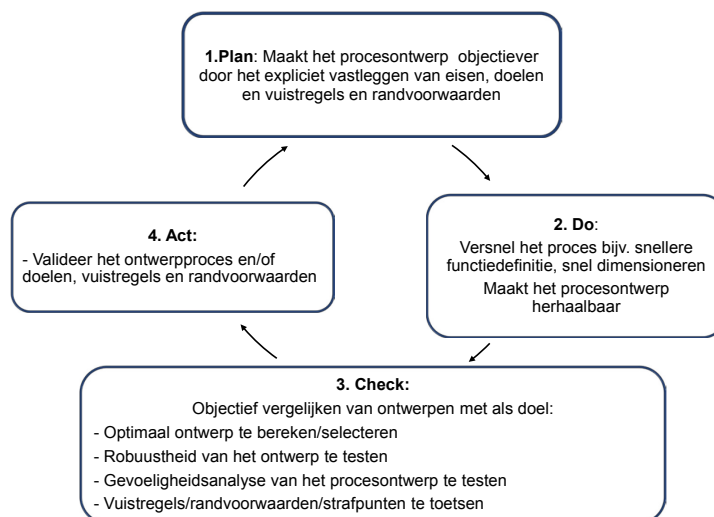
TABEL 5-4 CHECKLIST PER PROJECT VOOR UITVOERDER: DO - CHECK - ACT

DO: Streefstructuur leggen						
☐ Registreer welk gebied gesaneerd/aangelegd wordt: Aantal km_____						
Betreffende functie: ☐ Primair: aantal km_____ ☐ Secundair: aantal km_____ ☐ Tertiair: aantal km_____						
CHECK:						
Is het ontwerp gevolgd? ☐ Ja ☐ Nee						
Indien nee, zijn er grote afwijkingen geweest in:						
	diameter	vorm/tracé	Vermazing opgeheven	Lus geïntroduceerd	Anders	Reden
Primair	☐	☐	☐	☐		
Secundair	☐	☐	☐	☐		
of zijn er kleine afwijkingen geweest in:						
	diameter	vorm/tracé	Vermazing opgeheven	Lus geïntroduceerd	Anders	Reden
Primair	☐	☐	☐	☐		
Secundair	☐	☐	☐	☐		
ACT:						
☐ Registreer afwijkingen indien aanwezig.						
☐ Stem af met beheerder van het ontwerpproces als grote afwijkingen geconstateerd zijn.						
☐ Stem elke X jaar of X km met de beheerder van het ontwerpproces af om het proces te evalueren.						

6 Aanbevelingen voor de automatisering van het ontwerpproces en toekomstig onderzoek

6.1 Mogelijkheden voor automatisering

Op het moment dat een taak volledig kan worden beschreven in het stap voor stap toepassen van logische regels is deze taak in principe geschikt voor automatisering. Automatisering ondersteunt de PDCA cyclus, want het maakt het procesontwerp (PLAN) objectiever en herhaalbaar door het expliciet vastleggen van eisen, doelen, vuistregels en randvoorwaarden. Verder leidt automatiseren tot versnelling van taken (Do-ontwerp fase), zie Figuur 6-1.



FIGUUR 6-1 VOORDELEN VAN AUTOMATISEREN BINNEN DE PDCA CYCLUS

Mogelijkheden voor het versnellen van taken zijn:

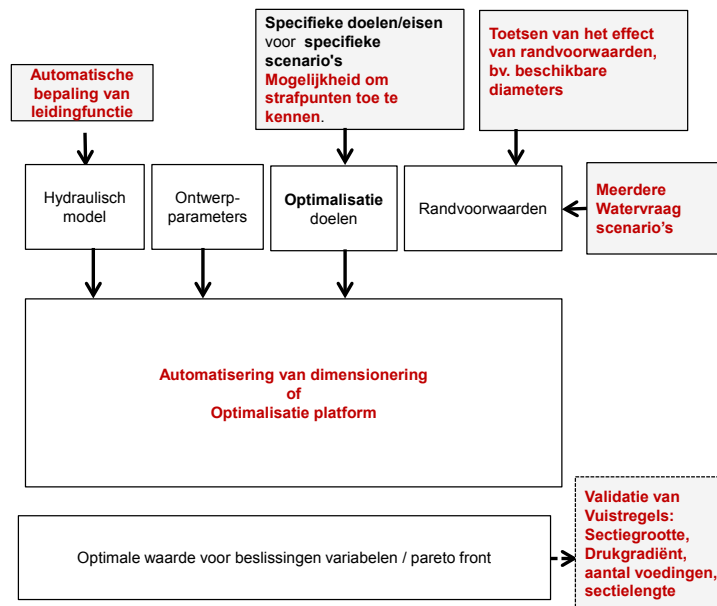
- Voorlopige automatische bepaling van leidingfunctie gebaseerd op de criteria per bedrijf, bijv. diameter en volumestroom en afstand tot risicovolle objecten of bijzondere klanten, zie Bijlage IV.
- Dimensionering op basis van meerdere doelen, scenario's en randvoorwaarden.

Daardoor biedt automatiseren kansen om verschillende aspecten te "checken":

- De robuustheid van een ontwerp te testen:
 - Meerdere waarschijnlijke watervraagscenario's testen, bijv. min. en max. Voorspelling.
 - Toetsen automatiseren bijv. bluswater testen.

- De gevoeligheid van het ontwerpproces te testen:
 - Door automatiseren kan een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd om het effect van randvoorwaarden te analyseren/kwantificeren.
 - Gevoeligheidsanalyse uitvoeren, bijvoorbeeld door de waarde van de vuistregels te veranderen en de veranderingen in het ontwerp te evalueren.

Figuur 6-2 toont de stappen binnen het proces waar er kansen voor automatiseren en/of optimaliseren zijn om het ontwerpproces te verbeteren/versnellen.



FIGUUR 6-2 GEAUTOMATISEERDE BENADERING VOOR HET ONTWERP VAN STREEFSTRUCTUREN. IN ROOD STAPPEN DIE MOGELIJK WORDEN IN EEN GEAUTOMATISEERDE ONTWERPMETHODIEK.

6.2 Testen met Gondwana

Testen met Gondwana zijn uitgevoerd om verbeteringen te identificeren voor toekomstige automatisering/optimalisatie. Naar aanleiding van deze toetsen werd het volgende geconstateerd:

- De optimalisatieresultaten zijn sterk afhankelijk van de beschikbare diameters en het type doelen.
- Indien alle doelen en vuistregels als harde doelen in Gondwana worden gezet, is er niet veel ruimte voor een optimale oplossing t.o.v. het streefstructuurontwerp. Dit heeft te maken met het feit dat tijdens het handmatig ontwerp aannames of concessies worden gemaakt. Voor de automatisering en optimalisering moeten deze concessies worden meegenomen om een objectieve vergelijking van ontwerpen te kunnen maken. Ondanks dat er een mechanisme voor strafpunten in Gondwana beschikbaar is, ontbreekt een aanpak om de waarde van de strafpunten te bepalen.
- De functionaliteit van Gondwana is en wordt nog uitgebreid om beter aan te sluiten op het procesontwerp van streefstructuur. Lopende projecten met netwerken van PWN, WML en Oasen zijn veelbelovend. Daarnaast wordt in het BTO-project "Transitie van huidige netstructuur naar streefstructuur" een methodiek uitgewerkt voor het ontwerp van transitie naar een streefstructuur.

6.3 Aanbevelingen voor automatisering

Om het procesontwerp te verbeteren worden de volgende acties aanbevolen:

1. Voorlopige selectie van leidingfunctie automatiseren. Hierbij is het handig om de GIS-informatie over risicovolle objecten en bijzondere klanten mee te nemen, zie Bijlage IV voor de aanpak per bedrijf:
 - a. Risicovolle elementen identificeren: bijv. leidingen nabij rijkswegen, N-wegen, grotere stedelijke randwegen, winkelgebieden en waterkeringen;
 - b. Bijzondere klanten m.b.t. de watervraag (grootverbruiker) en de functies (zoals gezondheidszorg-, industrie-, kantoor-, logies-, onderwijs-, winkelfunctie) onderscheiden en alle locaties met particuliere blusinstallaties identificeren.
2. Vastleggen doelen/vuistregels voor specifieke ontwerpscenario's, gebruik Tabel 5-2:
 - a. Min-druk voor max uur max-dag;
 - b. Prognose waterverbruik.
3. Vastleggen toetsscenario's en eisen:
 - a. Bijv. voor de toetsing van bluswater (toetsscenario): wat is de minimale druk vereist door de brandweerdienst (indicator).
4. Specifieke optimalisatiedoelen en indicatoren definiëren voor het automatiseringproces. Bijv. het minimaliseren van het volume, rekening houdend met een maximale drukgradiënt van 'x' mw/km en met een minimale drukhoogte van 'y' kPa en maximale snelheid van 'x' tot 'y' m/s, en met zo hoog mogelijke 1-richtingstroom. Additionele eisen voor sectionering zijn: maximale sectielengte in km en # aansluitingen. Zie Tabel 3-1 voor het overzicht van vuistregels per bedrijf.
5. Een aanpak/methode ontwikkelen om strafpunten toe te kennen voor de zachte doelen:
 - a. Strafpunten voor leidingen met te lage of te hoge snelheden.
 - b. Strafpunten voor meer dan 1-richtingstroom of een langere verblijftijd.
 - c. Strafpunten voor langere secties of secties met meerdere afsluiters.
6. De gevoeligheid van het ontwerp toetsen door te onderzoeken wat de invloed is van variaties in bepaalde vuistregels/doelen of strafpunten.
7. Onderzoeken of de kosten, van meer diameters dan nu op voorraad hebben, afdoende worden gecompenseerd door een meer optimale toepassing van verschillende diameters in het net.
8. Vergelijken van verschillende tracés o.b.v. de totale kosten. Kosten van een tracé zijn niet alleen kosten van de aanleg van leidingen en afsluiters, maar ook vergunningen, extra kosten door drukte in de ondergrond en operationele kosten. Besparingen bij saneringsprojecten door betere afstemmingen met derden zullen ook worden gekwantificeerd. Er wordt verwacht dat automatiseren een beter inzicht in het totaalkostenplaatje geeft.
9. De leeftijd van de leidingen meenemen in het automatiseren van het ontwerp. Eén van de uitgangspunten van streefstructuren is dat nog goede leidingen worden hergebruikt. Dit bijvoorbeeld door de leidingen op te delen in: jong, middel en oud en alleen voor oud en middel te ontwerpen, of door gebruik te maken van strafpunten, waarin een strafpunt voor veranderingen van diameters voor redelijk nieuwe leidingen wordt berekend.

6.4 Aanbevelingen voor automatisering met Gondwana

Voor het automatiseren en optimaliseren met Gondwana wordt het invullen van de checklist in Tabel 6-1 aanbevolen.

Een pre-conditie voor het optimaliseren is dat de functie van de leiding is vastgelegd. Aanpak voor het definiëren van de leidingfunctie varieert per bedrijf, zie Bijlage XX.

Als uitgangspunt word het huidige net genomen, alternatieve tracés kunnen ook worden meegenomen, rekening houdend met locatiespecifieke aspecten en LZ- en LC-eisen. Eerst moet de scope van de analyse worden vastgelegd, d.w.z. welke leidingen worden gedimensioneerd (Primaire en/of Secundaire) en of locaties van de afsluiters en brandkranen worden meegenomen. Afhankelijk van de scope worden scenario's bepaald. Als harde eis ('*Enforced constraint*' in Gondwana) wordt de druk-eis aan het begin van het tertiaire net beschouwd. Gondwana biedt de mogelijkheid om een bepaalde waarde als grens-/richtwaarde te beschouwen ('*constraint*'). Als er geen grens-/richtwaarde bekend is, kunnen specifieke indicatoren worden geminimaliseerd of gemaximaliseerd.

Vuistregels kunnen als zachte eisen ('*Penalized constraint*' in Gondwana) behandeld worden met strafpunten, bijv. voor te hoge verblijftijd. Indien er bedrijfsspecifieke eisen zijn die men als harde eisen wil beschouwen, wordt aanbevolen om met een hoog strafpuntsysteem te werken i.p.v. met de '*enforced constraints*'. Op deze manier worden uitzonderingen gemaakt (concessies) op de bedrijfeisen enkel als andere doelengunstiger zijn. Het ontwerpen van streefstructuren vraagt om het optimaliseren van meerdere doelen tegelijkertijd, bijv. minimaliseren van volume, drukval en verblijftijd. Gondwana biedt de mogelijkheid om weegfactoren toe te kennen per doel.

TABEL 6-1 CHECKLIST VOOR HET AUTOMATISEREN EN OPTIMALISEREN MET GONDWANA

Scope van optimalisatie
Dimensionering van ☐ Primair net en/of ☐ secundair net
☐ Locaties afsluiters ☐ Locaties brandkranen
Randvoorwaarden
☐ Definitie van P-S-T (om de selecties te definiëren)
☐ Specifieke drukken per leidingfunctie
☐ Beschikbare diameters voor ontwerp
☐ Uitgangspunten voor beschikbaar tracé, bijv. huidige net
Locatiespecifieke aspecten:
☐ bodemverontreiniging; ☐ risicovolle elementen; ☐ bijzondere klanten; ☐ particuliere blusinstallaties, ☐ andere_____
☐ Typen verbruikers: huishoudelijk, grootverbruikers, flats, etc.
Trends/aannames: Watervraagvoorspelling: ☐ Ja ☐ Nee
Ontwikkelingen: ☐ nieuwbouw, ☐ nieuwe wegen, ☐ andere: _____
Scenario's voor ontwerp:
☐ Huidige watervraag
☐ Toekomstige watervraag (Op jaar, dag en uur basis): Tijdshorizon _____ databron _____
☐ Andere watervraagscenario's _____
☐ Bluswatervraag: ☐ 0 m³/u ☐ 30 m³/u ☐ 60 m³/u ☐ Andere:_____ m³/u
☐ Leveringszekerheid ☐ Leveringscontinuïteit
☐ Andere:
Eisen (<i>Enforced constraint</i>)
☐ P-eis normale levering/begin tertiair net
Optimalisatie doelen (objective) en evt. weegfactoren per doel
☐ Minimaliseren volume
☐ Minimaliseren drukval
☐ Minimaliseren aanleg kosten (incl. Afsluiters)
☐ Minimaliseren verblijftijd
☐ Minimaliseren pendelzones
Zachte doelen met strafpunten (<i>Penalized constraint</i>) zie voorbeeld waarden in Tabel 3-1
☐ Max Drukgradiënt (mwk/km)
☐ Maximale sectielengte (km/sectie)
☐ Sectiegrootte (aansl. /sectie)
☐ Maximale snelheid (m/s) Min en max. grenzen
☐ % net met 1-richtingstroom

7 Referenties

- Agudelo-Vera, C. M. en M. Blokker (2014). How future proof is our drinking water infrastructure?, KWR.
- Agudelo-Vera, C. M., M. Blokker, J. Vreeburg, H. Vogelaar, S. Hillegers en J. P. Van Der Hoek (2016). "Testing the robustness of two water distribution system layouts under changing drinking water demand." Journal of Water Resources Planning en Management.
- Baggelaar, P. K. en E. C. J. van der Meulen (2015). Prognoses drinkwatervraag t/m 2030 in voorzieningsgebied Brabant Water - opgesteld medio 2015, ICASTAT.
- Blokker, E. J., M. Moerman, A. en P. W. M. H. Smeets (2016). QMRA van het distributienet. Nieuwegein, Nieuwegein, KWR.
- Blokker, E. J. M., C. Büscher, L. Palmen en C. Agudelo-Vera (2015). Strategische planning van drinkwaterinfrastructuur: een conceptueel kader en bouwstenen voor drinkwaterbedrijven – Nederlandstalige samenvatting bij BTO 2015.048, Nieuwegein, KWR.BTO 2015.049.
- Blokker, E. J. M. en A. J. Vogelaar (2011). Ontwerpen secundair leidingnet. Nieuwegein, KWR.BTO 2011.025.
- Blokker, M. (2013). Datamining in waterkwaliteitsdata. Nieuwegein, KWR.KWR 2013.067.
- Maier, H. R., J. H. A. Guillaume, H. van Delden, G. A. Riddell, M. Haasnoot en J. H. Kwakkel (2016). "An uncertain future, deep uncertainty, scenarios, robustness en adaptation: How do they fit together?" Environmental Modelling & Software **81**: 154-164.
- Palmen, L. en C. Agudelo-Vera (2015). Palmen, L. en C. Agudelo-Vera (2015). Historical development of four Dutch urban drinking water infrastructures. Nieuwegein, KWR.BTO 2015.050.
- Pieterse-Quirijns, I. en M. van de Roer (2013). Verbruikspatronenbibliotheek.BTO 2013.058
- Trietsch, E. en M. Blokker (2004). Ontwerpconcepten hoofdstructuur.BTO 2003.028
- van Vossen, J. en A. J. Vogelaar (2016). Techniques for reducing planned Customer Minutes Lost. Nieuwegein, KWR.KWR 2016.014. Nieuwegein, KWR.KWR 2016.014.
- Vogelaar, A. en I. Pieterse-Quirijns (2013). Methode voor bepalen optimale Sectiegrootte op basis van ontwerpen van een specifiek net. Nieuwegein, KWR.KWR 2013.048
- Vries, D., C. Agudelo-Vera en J. van Summeren (2015). Assetmanagement in balans - systematiek voor integraal en kwantitatief beheer van de drinkwaterketen.BTO 2014.049

Bijlage I Definities en begrippen

Afhankelijke secties: Als door sectie A te sluiten ook (onbedoeld) sectie B wordt afgesloten, noemen we sectie B een afhankelijke sectie.

Criterium: (beslissend) kenmerk, toets, maatstaf (van Dale). Kenmerk of prestatie van een systeem die wordt getoetst aan een vooraf gekozen waarde om te bepalen of het systeem voldoet.

Doel: mikpunt, goal, datgene wat je wilt bereiken.

Eis: iets dat verlangd wordt krachtens recht of macht; voorwaarde, gesteld voor een tegenprestatie, bijv. normen en wetten.

Vuistregel: is een vereenvoudigde, makkelijk toe te passen procedure voor een complexe berekening of handeling. Vuistregels kunnen bestaan uit kentallen of vereenvoudigde formules.

Ontwerpparameters (beslisvariabelen): kenmerken van een systeem die aangepast kunnen worden om het gestelde doel te bereiken, bijvoorbeeld diameters en materiaal, tracé, lay-out, afsluiterconfiguratie, plaatsing van brandkranen.

Randvoorwaarden: Bijkomstige voorwaarde waaraan voldaan moet zijn (Van Dale).

Scenario's: zijn ontwikkelingen die in de toekomst zouden kunnen optreden. Er zijn verschillende typen scenario's afhankelijk van het doel van de analyse. In de literatuur worden drie soorten onderscheiden: voorspellende (predictive), verkennende (explorative) en normatief (normative).

Streefstructuur: een ontwerp van de hoofdstructuur van een netwerk voor de middellange termijn (30-50 jaar) dat als richtsnoer dient bij renovaties binnen het betreffende gebied.

De streefstructuur biedt een integrale en toekomstbestendige aanpak om proactief in te spelen op renovatie van leidingen en appendages. Het ontwerp van streefstructuur houdt rekening met i) geleidelijke vervanging en sectionering gedurende circa 20 tot 50 jaar, ii) hergebruik van nog goede leidingen en iii) veranderend verbruik in de toekomst. In het algemeen richt het ontwerp van streefstructuren zich op secundaire leidingen, maar als één van de randvoorwaarden de optimalisatie van het primaire net is, dan kan het zowel primaire als secundaire leidingen betreffen. Hierbij is het belangrijk hoe de grens van het gebied gedefinieerd wordt.

Leveringszekerheid: (Eis) volgens het drinkwaterbesluit dient bij uitval van een hoofdelement van het drinkwatersysteem, in zwaartepunten van verbruik, het resterende leveringsvermogen op dagbasis groter te zijn dan 75% van de maximumdag.

Leveringscontinuïteit: (Eis) bij geplande of ongeplande afsluiting (breuk) van één secundaire sectie mag de restdruk in de aangrenzende secundaire secties niet lager zijn dan 100 kPa op het maximum uur van de maximum dag.

OLM: Ondermaatse leveringsminuten, oftewel het aantal minuten dat waterlevering niet aan de wettelijke eisen voldoet gesommeerd over een gebied in de periode van een jaar. Het aantal verwachte ondermaatse leveringsminuten (OLM) per aansluiting wordt beïnvloed door het aantal afsluiters, de leidinglengte, het aantal aansluitingen per sectie en de aanwezigheid van afhankelijke secties. Inschatting van de verwachte OLM is uitdagend en hangt onder andere samen met de storingskans, storingsduur van leidingen en appendages, de invloed van een breuk op de rest van het net voor en tijdens isolatie, de tijdsduur van de aanvang van een storing waarbinnen een sectie geïsoleerd is en blijft, de bereikbaarheid en betrouwbaarheid van afsluiters, het aantal afsluiters per sectie en de sectiegrootte.

OLM- levering betreft het aantal minuten dat een verbruiksadres ofwel A) géén water geleverd krijgt (leveringsonderbreking).

OLM- druk: betreft het aantal minuten dat een verbruiksadres water geleverd krijgt onder onvoldoende (ondermaatse) druk.

Robuustheid: Is de capaciteit van het systeem om functionaliteit te behouden onder verschillende toekomstige condities (Kang en Lansey 2013).

Sanering: Het weer in een goede conditie brengen van een leiding. Dit kan door het vervangen, relinen of repareren van een leiding' (volgens Van Dale: 'gezond maken').

Tracé: links of rechts, onder de stoep, etc. Richtlijnen voor locatie van de leidingen. Bij het ontwerpen en aanleggen van complete leiding tracés draait alles in feite om een simpele vraag: hoe komen we steeds het snelst van punt A naar punt B, rekening houdend met de algemene randvoorwaarden van het ontwerp en de omstandigheden ter plekke.

vervangen: Het verwijderen van een oude leiding en het op dezelfde locatie aanleggen van een nieuwe leiding.

Het leidingnet wordt als volgt onderverdeeld (Blokker en Vogelaar 2011) :

- **Primair leidingnet:** leidingen met een transportfunctie, grote diameters en in principe geen (huis)aansluitingen direct op de leidingen. Leveringszekerheid is hier de belangrijkste pijler voor het ontwerp.
- **Secundair leidingnet:** leidingnet dat primaire en tertiaire netten verbindt met als belangrijkste pijler leveringszekerheid; dit net distribueert water van het primaire net naar tertiaire netten (en hier is ook sprake van individuele aansluitingen op de leidingen).
- **Tertiair leidingnet:** het vertakte leidingnet met daarop aansluitleidingen, geen functie in verder distributie/transport naar andere netten. Het wordt ontworpen op zelfreiniging en daarna wordt gecontroleerd of $P_{\min}$ kan worden gegarandeerd en wordt 30m³/u bluswater ingepast.

Een wijkvoeding: is een secundaire aftakkende leiding naar een afgekaderde stadswijk of stadsdeelgebied.

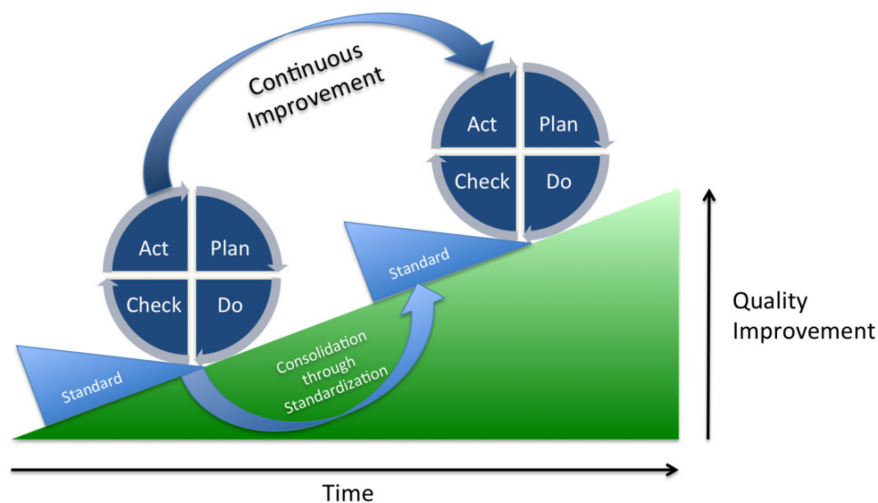
- Een stadswijk of stadsdeelgebied kan afhankelijk van het aantal aansluitingen 2 of meerdere wijkvoedingen bevatten.
- Wijkvoedingen hebben onder reguliere omstandigheden meestal een naar de stadswijk toe gerichte stromingsrichting.

Bijlage II PDCA cyclus

De Plan-Do-Check-Act (PDCA) methode is een aanpak om in vier stappen te komen tot kwaliteitsverbetering. Deze methode wordt ook wel de Deming-cirkel genoemd. Veel verbetermethodieken gebruiken de Deming-cirkel als basis. De cirkel beschrijft vier activiteiten die in principe op alle verbeteringen in organisaties van toepassing zijn. Het cyclische karakter geeft aan dat het proces van kwaliteitsverbetering een continu proces is, zie ook Figuur II-1.

De vier activiteiten in de PDCA methodiek zijn (bron Wikipedia):

- PLAN: Kijk naar huidige werkzaamheden en ontwerp een plan voor de verbetering van deze werkzaamheden. Stel voor deze verbetering doelstellingen vast.
- DO: Voer de geplande verbetering uit
- CHECK: Meet het resultaat van de verbetering en vergelijk deze met de oorspronkelijke situatie en toets deze aan de vastgestelde doelstellingen.
- ACT: Bijstellen aan de hand van de gevonden resultaten bij CHECK.



FIGUUR II-1 SCHEMATISCHE REPRESENTATIE VAN DE KWALITEITSVERBETERING MET DE PDCA METHODIEK (BRON: WIKIPEDIA)

Bijlage III Uitkomsten enquête

Bedrijfsnaam	PWN	WML	Brabant Water
Vertegenwoordigd	Peter Schaap, Wendy Bronkhorst	Anton van Eijden	Tjakko Haaijer
Welke voordelen biedt het hebben van een streefstructuur?	Op voorhand al kijken naar de gewenste structuur, eindplaatje voor operatie leidingen (OL). Minder risico voor het niet leggen van de relatie tussen verschillende verzoeken tot wijzigingen van de netstructuur. Minder aanloop van OL, omdat de structuur er al ligt. Geeft goed voorbeeld voor ander netbeheerders, mn voor communicatie en afstemmen van combiwerkzaamheden. Focus op bewaken van trace.	Het geeft richting aan de ontwikkeling van het toekomstige primaire en secundaire net. Minder ad hoc werk bij saneringen van tertiaire en secundaire net.	Algeheel hydraulische inzicht (stroombeeld/stroomsnelheden/druk/drukval/...) in het functioneren van het distributienet (cq verbruiksgebied) en de onderlinge afhankelijkheid van primaire een secundaire leidingen. Functionaliteit van het distributienet en nagenoeg ieder leidingdeel binnen een streefstructuur is gedefinieerd en uitgedrukt in P-S-T (incl. de daarbij behorende kenmerken). Hiermee is prioritering inzichtelijk te maken voor beheersorganisatie en hun beheersactiviteiten. Snelle besluitvorming mogelijk omtrent te saneren leidingen en distributienetdelen. 5 mogelijkheden.(handhaven/verwijderen/grotere diameter/kleinere diameter/nieuw) Verhoogde beheersbaarheid volumestromen (stroombeeld, verblijftijden, ..) Opmaat tot geautomatiseerde manipulatie van vloeistofstromingen
Welke nadelen biedt het hebben van een streefstructuur?	Is een moment opname, nieuwe inzichten nieuwe structuur. Huidige manier van maken arbeidsintensief. S.s. is "streef", geen absolute waarheid (heeft organisatie wel eens moeite mee om te onderscheiden). Als je een streefstructuur hebt, moet je het ook beheren. (periodiek tegen licht houden).	Erg arbeidsintensief, niet alleen het opstellen maar ook het beheer	Een eenmaal gemaakte streefstructuur heeft beheer nodig op data kwaliteit. Het voortschrijdend inzicht in waterverdeling en waterverbruik vraagt om revisie van eerdere uitkomsten. Hoe sneller deze stuurfactoren veranderen des te sneller revisie van de streefstructuur nodig is. (In de loop der tijd) door de gebruiker (b.v. projectleiders leidingbouw) klakkeloos aannemen dat de getoonde streefstructuur de enige en echte waarheid is.
Zijn er ontwikkelingen bij jouw bedrijf op het gebied van streefstructuur?	Ja, wat wil je? Wij maken per jaar een aantal streefstructuren op gemeente niveau. Discussie over streefstructuur voor totale DN of alleen gemeenten waar gewerkt wordt. Eerste niet stedelijke gebied, uitzoeken of er andere uitgangspunten gelden.	mei 2016 is van het hele voorzieningsgebied van WML een streefstructuur opgesteld.	Ja, bij ieder leidingbouwproject dient door de ontwerper en uitvoerder de vraag gesteld te worden aan de afdeling watervoorziening; 'is er een streefstructuur (primair- secundair) aanwezig'? Als zodanig is/zijn streefstructuren een vast begrip en onderdeel geworden in onze bedrijfsvoering m.b.t. leidingbouwprojecten
Welke best practice wil je graag met de andere bedrijven delen?	Wij maken alleen van de hoofdstructuur (secundaire net) een streefstructuur. Expliciet niet van tertiaire net.		Verbeteren, vereenvoudigen en optimaliseren van huidige processtappen. Vormgeven van het proces; revisie van streefstructuren (wanneer en hoe)
Wanneer wordt een streefstructuur ontworpen?			
Eindelevensduur	nooit		nooit
Grootchalige renovatie	vaak		altijd
Grootstedelijke gebieden	vaak		soms
Hoge storingskans	nooit		nooit
Voor het hele gebied	nooit	regelmatig	nooit

Wanneer wordt een streefstructuur ontworpen? anders:	Ook grootschalige werkzaamheden door derden, combi mogelijkheid	mei 2016 is van het hele voorzieningsgebied van WML een streefstructuur opgesteld.	Het nut van streefstructuren is gaandeweg erkend. Wat versterkend hierin heeft gewerkt is de opschaling van zgn. wijk of gebiedssaneringen (vooral van AC leidingen) Binnen grootschalige wijksaneringsprojecten (projectmatige aanpak) is het nu een vast onderdeel geworden waarmee de nieuwe leidingnetten ontworpen worden. De opschaling die de komende jaren gaat plaatsvinden versterkt de continue vraag om streefstructuren. Momenteel wordt 1 fte ingezet voor de bouw van streefstructuren.
Welke tijdshorizon wordt daarbij gehanteerd?	bevolkingsgroei 2040 richtjaar	< 10 jaar	10 - 25 jaar, BW maat gebruik van groei/krimp getallen per gemeente van Icastat prognose drinkwatervraag t/m 2030
Ervaring met streefstructuur bij jouw bedrijf			
Aantal projecten ontworpen:	Haarlem, heel Velsen, Purmerend, Zaandam, Krommenie/Wormer/ Assendelft, Bloemendaal, Den Burg	25	22 deelgebieden reeds uitgewerkt
Aantal km streefstructuur ontworpen:	? geen analyse, maken alleen een sec. streefstructuur. Dus hoe te bepalen?	8700	5.586 km (ca 31% van het totale netwerk)
Verwachte te ontwerpen aantal km in de komende 10j?	3 gebieden per jaar, toekomst meer (reden van dit project :))	Geen, alleen nog beheer	Resterende 12.563 km
Wat is de minimale omvang van een gebied voor je een streefstructuur maakt? (aantal aansluitingen)	Tot nu toe nog geen minimum, voor het grotere overzicht zijn individuele wijken te klein. Wij pakken volledige gemeenten	gaat niet op aansluitingen maar op drukzone / distributiegebied	Minimale omvang is op Stadsdeel niveau.
Hoe lang is een plan houdbaar? (in jaren)	punt van discussie, in mijn optiek iedere 5 jaar tegen het licht houden	ca. 5 jr	(Nog) Geen uitgangspunten of termijn hiervoor vastgesteld.
In hoeveel jaar verwacht je dat de streefstructuur voor 80% geïmplementeerd is?	oneindig! We leggen leidingnetten voor 80 jaar, diverse materialen -> diverse momenten van vervangen. In die periode gegarandeerd veranderende uitgangspunten.	mei 2016 gereed voor 100%	In huidige tempo 2 tot 3 jaar
Gebruiken jullie de boven geschreven definities?	Ja, wij hebben ook sec. met doorleverfunctie, opvang van uitval primair	Ja	Ja
Hoe onderscheid je secundaire en tertiaire netten?	Niet, tertiaire zit niet in streefstructuur. Verbruik van de tert. zit wel op knoop in sec.	Conform bovenstaande definities. In IW worden leidingen gekenmerkt als primair, secundair hoofd en lus en tertiair streef (lange uitlopers)	Volgens bovenstaande definities. Secundair = vermaasd. Tertiair = vertakt. In de VO fase
Bij het ontwerp van het secundair net zijn (soms) twee type leidingen te onderscheiden: secundaire hoofdleidingen en secundaire lussen.	secundair A (met primaire functie) en secundair B (alleen voeding aan tert. en eigen aansluitingen)	Ja, lussen zorgen voor het transport in de wijken en buitengebieden.	Stuurfactoren zijn: 1: Zwaartepunten van verbruik (waar zitten de aansluitpunten van verbruikers), 2: De maximale (mogelijke) omvang, vorm en reikwijdte van secundaire maas irt voorgaande (met welke maasvorm kan je het binnengebied optimaal ontsluiten middels tertiaire leidingen). 3: De vormgeving van beschikbare openbare ruimte voor leidingaanleg (het straten patroon bepaald mede de vorm) . Indien de hieruit ontworpen secundaire hoofdmaten onvoldoende leveringscontinue zijn of er een extreem hoge water vraag in het centrum aanwezig is dan worden secundaire lussen toegevoegd.
Welke randvoorwaarden worden gehanteerd?	Druk, LC-eisen, Grote klanten, PWN norm, gem dag uitval 1 element (sectie) 100% leveren.	Druk, Bluswatervraag, LC-eisen, Grote klanten, BAG data	Druk, LC-eisen, Grote klanten, Afspraken over sprinklers

Zijn er drukeisen vastgelegd?	Lev.zek op maxdag 200kPa, bedrijfsnorm op gem dag is 240 kPa	Ja, minimaal 300 kPa in secundaire en primaire net	min 300 tot 350 kPa max uur/crit dag. Secundaire hoofdlussen afhankelijk van stedelijk gebied of buitengebied. Minimaal 250 kPa max uur/maxdag alle Sec. lussen waar dan ook.
Hoe wordt de drinkwatervraag bepaald?	Discussie, huidige klantverbruik. Bevolkingsgroei over de jaren (gegevens ministerie PBL). Hoe ontwikkelt hoofdelijke verbruik zich???	gerealiseerde afzet in bepaald gebied en prognose WML,	Huishoudelijk: gem.jaar verbr. x dag-uur factoren. Groot verbr. Automatic metering of gem. jaar verbruik x dag-uur factoren
Minimale bluswatervraag?	Geen, leggen een drinkwaternet	60 m³/h	30 m³/h
Hoe wordt het tracé ontworpen, inclusief plaatsing van afsluiters?	Gebruiken bestaande tracé van de huidige leidingen. Kijk naar de hoofdstructuur, streeft naar behoud van 150 mm en groter, qua ligging (diameter verkleining mogelijk). 2 zijdige voeding 150-1000 aansluitingen, >1000 3 voedingen. Plaatsing afsluiters niet meegenomen, bestaande afsluiters meenemen, indien uit analyse levzek extra plaatsing.	Er wordt gebruik gemaakt van bestaande tracé. Bij sanering kan hier wel van worden afgeweken.	Tracé volgens ArcGIS: topografie GBKN of BGT (daar waar beschikbaar) Afsluiters volgens ontwerprichtlijnen.
Voorwaarden voor het aantal voedingen:	zie boven	?Nee	
Welk materiaal wordt gebruikt?	PVC, PE, SLA, NGIJ	PVC, GIETIJZER	PVC, Streefstructuren worden gedimensioneerd met PVC (k-waarde 0,05) Indien andere materialen gewenst zijn wordt voor dat specifieke geval de diameter omgerekend.
Hoe worden diameters bepaald?	drukgradiënt, max 2m/km, min >0,4m/km. Daarna check met bedrijfsnorm en levzek	druk, drukval en bluscapaciteit.	Secundaire net: 1: Druk-eis in kritische punten: min 300 kPa maxdag/max uur. Crit. dag/max uur >= 300-350 kPa. 2:Druk-val <= 4 mwk/km 3: Stroomsnelheid >= 0,2 m/sec ergens op de dag bereikt. Ad 1 is leidend de overige punten moet in perspectief van het hele gebied geplaatst worden.
Is er een minimale diameter?	nee, ervaring niet kleiner dan 100 mm	Ø 110 / Ø 100	Nominaal 110 mm PVC. Evt secundaire lussen in het midden verjongd naar 63 mm PVC
Is er een maximale diameter? Zo ja, welke?	nee	Nee	Nee. Meestal niet groter dan DN 300 mm
Hoe wordt bluswateris getoetst?	nee	60 m³/h op iedere brandkraan in het P en S net	Nee, wordt niet op het secundaire net gedaan. In principe leveren secundaire mazen van DN 110 m PVC altijd > 30 m³/uur en meer.
Hoe wordt leveringscontinuïteit getoetst?	ja	uitval van een "isolation area"	P secties vlgs Vewin 75% richtlijn. Sec. sectie vlgs. bedrijfsnorm dat bij uitval van een sectie op max uur/maxdag de aangrenzende sec. sectie nog minimaal 250 kPa bedraagt.
Zijn er eisen aan snelheid?	indirect aan gradient	Ja, primair <1 m/s, secundair hoofd > 0,3m/s	Secundair: Streven is om minimaal V >= 0,2 m/secop een dag te halen.
Zijn er eisen aan verblijftijd?	nee	nee	Nee, wordt niet op getoetst. Wel wordt middels netvorm en diameter invloed uitgeoefend op het stroombeeld. Moet uniform en eenduidig zijn.
Zijn er eisen aan OLM?	nee	nee	Nee. Deze komen indirect naar voren in de wijze waarop secties bij het technische ontwerp worden ingedeeld. Eea vlgs de ontwerprichtlijnen.
Zijn er eisen aan pendelzones?	nee	nee	Nee. Wel wordt bij het ontwerp van de T netten (verantwoording van Regio) erop aangestuurd de tert. takken zodanig op de secundaire lussen te koppelen en verdelen dat er een voor het gevoel redelijke verversing optreedt over de sec. maas.
Zijn er andere factoren die meegenomen moeten worden?	Hoe een ontwerp beoordelen?	Leidingnet op industrieterreinen wordt niet gewijzigd ivm levering bluswater.	Inventarisatie van hoe wordt het eindproduct 'S.s.' in de diverse organisaties wordt weggezet, gebruikt, etc. Wat kunnen we hier van elkaar leren en evt verbeteren.

Bijlage IV Identificering van leidingfunctie

Brabant Water:

Bij het ontwerp van de streefstructuur wordt eerst een indeling gemaakt op basis van diameter en functionaliteit. De functie van het primaire net is transport en leveringszekerheid.

1. De contouren van het primaire net (Streefstructuur Helmond) zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria:
 - Leidingen met diameter groter dan 280 mm. Leidingen kleiner dan circa 300 mm op bereikbare plaatsen kunnen volgens de bedrijfsnorm bij Brabant Water binnen 24 uur gerepareerd worden.
 - Volumestroom groter dan 40 m³/h op maxuur-maxdag. Deze volumestroom komt overeen met een piekverbruik van circa 1000 aansluitingen.

De indeling van het secundaire net is geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- Leidingen met diameter groter dan of gelijk aan 150 mm
- én volumestroom groter dan 10 m³/h op maxuur-maxdag. Deze volumestroom komt overeen met een piekverbruik van circa 250 aansluitingen.

Dit is een eerste grove indeling. Voor leveringszekerheid is een ringstructuur van het primaire net nodig om bij uitval van een (transport)leiding de levering voldoende te borgen. Ook voor de secundaire structuur geldt een vermaasde vorm om de leveringscontinuïteit te borgen en de maximale sectiegrootte te beperken tot circa 150 aansluitingen.

2. Het model wordt berekend met de toekomstige watervraag, indien nodig wordt de transportstructuur verzwakt of nieuwe leidingen worden toegevoegd.
3. De selectie van de primaire en secundaire leidingen van de eerste twee stappen vormen het uitgangspunt voor het toekomstige raamwerk voor het leidingnet. De ontwerpstructuur komt tot stand met de volgende acties:
 - Schrappen van overtollige leidingen met diam > 150 mm. Hierbij is de volgende vuistregel aangehouden: een leiding vervalt in het secundaire net indien geen lus nodig is in verband met ontsluiting van het tertiaire net én $Q_{\max} < 10 \text{ m}^3/\text{h}$ op maxuur-maxdag.
 - Bij parallelle leidingen > 150 mm door dezelfde straat blijft de grootste diameter behouden tenzij beide leidingen nodig zijn in verband met leveringszekerheid.
 - Korte verbindingsleidingen toevoegen om netwerk weer logisch te maken.
 - Eventueel 'lussen' met al bestaande leiding toevoegen daar waar te grote secties ontstaan.

- Indeling van leidingen in categorieën primair, secundaire hoofdleidingen en secundaire lussen.
- Per leiding worden bepaalde kenmerken zoals indeling in de categorieën primair en secundair en koppeling of uitbreiding in aparte datavelden vastgelegd.

WML

De streefstructuur gaat uit van vier functies:

- Primair
- Secundair-Hoofdleidingen (lusstructuur, "sec-hoofd")
- Secundair-Lusleidingen (lusstructuur, "sec-lus")
- Tertiair Streefleidingen (vertakt, "ter-streef")

De overige leidingen zijn tertiaire leidingen welke, tijdens bijvoorbeeld een saneringsproject, op basis van de streefstructuur vertakt en zelfreinigend worden ontworpen.

Het primaire leidingnet wordt in hoofdzaak gebaseerd op de bestaande (grote) leidingen. Indien een nieuw tracé noodzakelijk blijkt wordt dit overleg met WML bepaald (o.a. vanwege inbreng gebiedskennis). Belangrijke overwegingen voor de selectie primaire leidingen zijn:

- Diameter ≥ 300 mm (incidenteel kan hiervan worden afgeweken)
- Bestaande functie: Transport
- Bij voorkeur lusstructuur t.b.v. leveringszekerheid. Indicatief: een lus in het primaire leidingnet wordt gesloten indien het aantal aansluitingen groter is dan ca. 4.000.
- Bij minder aansluitingen zijn 2 voedingen vanuit het primaire leidingnet acceptabel (sec-hoofd).
- Om lussen te sluiten mogen ook kleinere diameters worden geselecteerd.
- Koppeling met aangrenzende gebieden i.v.m. leveringszekerheid (zoneafsluiters).

Handvatten bij het benoemen van het secundaire leidingnet

- Bestaande leidingen met een binnendiameter vanaf 100 mm vormen de basis van het secundaire leidingnet.
- Bestaande vermaasde leidingen met een binnendiameter kleiner dan 100 mm vormen in principe geen onderdeel van het secundaire leidingnet.
- Dekking van circa 95% customer points binnen (afstanden gemeten langs de leiding) (zie toelichting einde stap 3).
- 250 180 meter bandbreedte bij dichte bebouwing (bijv. stadskern)
- 300 meter bandbreedte niet-dichte bebouwing (overige)
- Bovenstaande bandbreedtes kunnen ruimer genomen worden in gebieden met een hoge druk.
- Takken met een lengte groter dan 180 m (in het landelijk gebied) zijn tertiaire streefleidingen; deze dienen dus te worden benoemd als "tertiair"/"ter-streef".
- Speciale objecten worden opgenomen in een sec-lus. Indien dit niet mogelijk is dan wordt de voedende leiding benoemd als ter-streef. Speciale objecten zijn:
 - Locaties waar op aangegeven van de gemeente bluscapaciteit gewenst is.
 - Uitbreidingslocatie op aangeven van WML
 - Nabij customer point met kenmerk 'Max Cap. Begrensd' groter dan nul (gebruik thema)
 - Nabij customer point met een verbruik > 10000 liter per dag (gebruik thema)

- Leidingen op industrieterreinen (gebruik BAG/topo kaart)
- Nabij objecten waar veel mensen samenkomen of potentieel veel bluswater noodzakelijk is zoals scholen, sporthallen, congrescentra, o.b.v.:
 - BAG database (laag: '002 BAG verblijfobject groter OPP_999')
 - Kenmerk niet-woningen
 - Oppervlakte > 999 m²
- Het opknippen van bestaande lussen mag in stap 5 niet leiden tot
 - a. een vertakt net langer dan 180 meter of
 - b. een vertakt net met meer dan 100 aansluitingen
 - c. of speciale objecten met een enkele voeding

In de praktijk betekent dit dat bestaande lussen met een lengte groter dan 600 meter tussen twee kruisingen of met meer dan 200 aansluitingen niet worden opgeknipt en dus onderdeel worden van het secundaire leidingnet (indien de lus levert aan speciale objecten wordt de lus niet opgeknipt) (opknippen is maatwerk tijdens planning van uitvoering). Tegelijkertijd is het dus mogelijk om lussen zonder aansluitingen maar langer dan 600 meter te verwijderen.

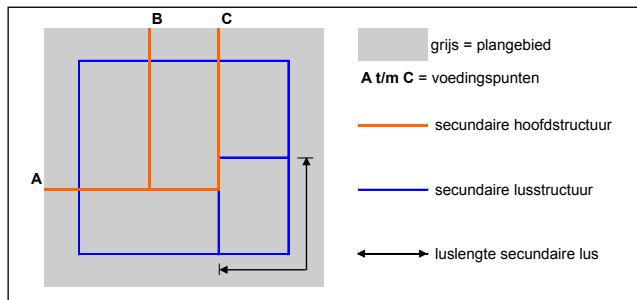
- Voorkeur voor leidingen met de kleinste leeftijd
- Beperk het aantal lussen ter voorkoming van pendelzones
- Bebouwde samenhangende aaneengesloten gebieden met meer dan 4000 aansluitingen ontsluiten met:
 - 2 maal primair
 - 3 maal sec-hoofd
- Bebouwde samenhangende aaneengesloten gebieden met meer dan 750 en minder dan 4000 aansluitingen ontsluiten met sec-hoofd.
- Bebouwde samenhangende aaneengesloten gebieden met minder dan 750 aansluitingen ontsluiten met sec-lus.
- In een stedelijke omgeving kunnen 5000 aansluitingen worden voorzien door twee voedingen (sec-hoofd).
- Hydraulische verliezen van lussen (zie onderstaande tabel)
- Vermijdt parallelle ligging en kruising met
 - rijkswegen,
 - N-wegen,
 - grotere stedelijke randwegen,
 - winkelgebieden en
 - waterkeringen
- Vermijd indien mogelijk tracés uit layer '005 BEEL leidingen'. Deze layer bevat locaties met een verhoogd risico op externe effecten.

Er zijn verschillende layers beschikbaar om de selectie van de secundaire/tertiaire streefstructuur te vergemakkelijken. Deze staan onder "001 LAYER LIST"; meest gebruikt zijn de volgende:

- 001 TOP25 LIMBURG 2014
- 005 BEEL leidingen
- 006 Zone afsluiters (koppelpunten)

- 008A Speciale Objecten obv BAG (>999m²)
- Ter indicatie van zeer grote objecten: 008B Speciale Objecten obv BAG (>1999m²).

De secundaire hoofdstructuur wordt vaak gevormd door het samenhangende net van secundaire hoofdleidingen.²

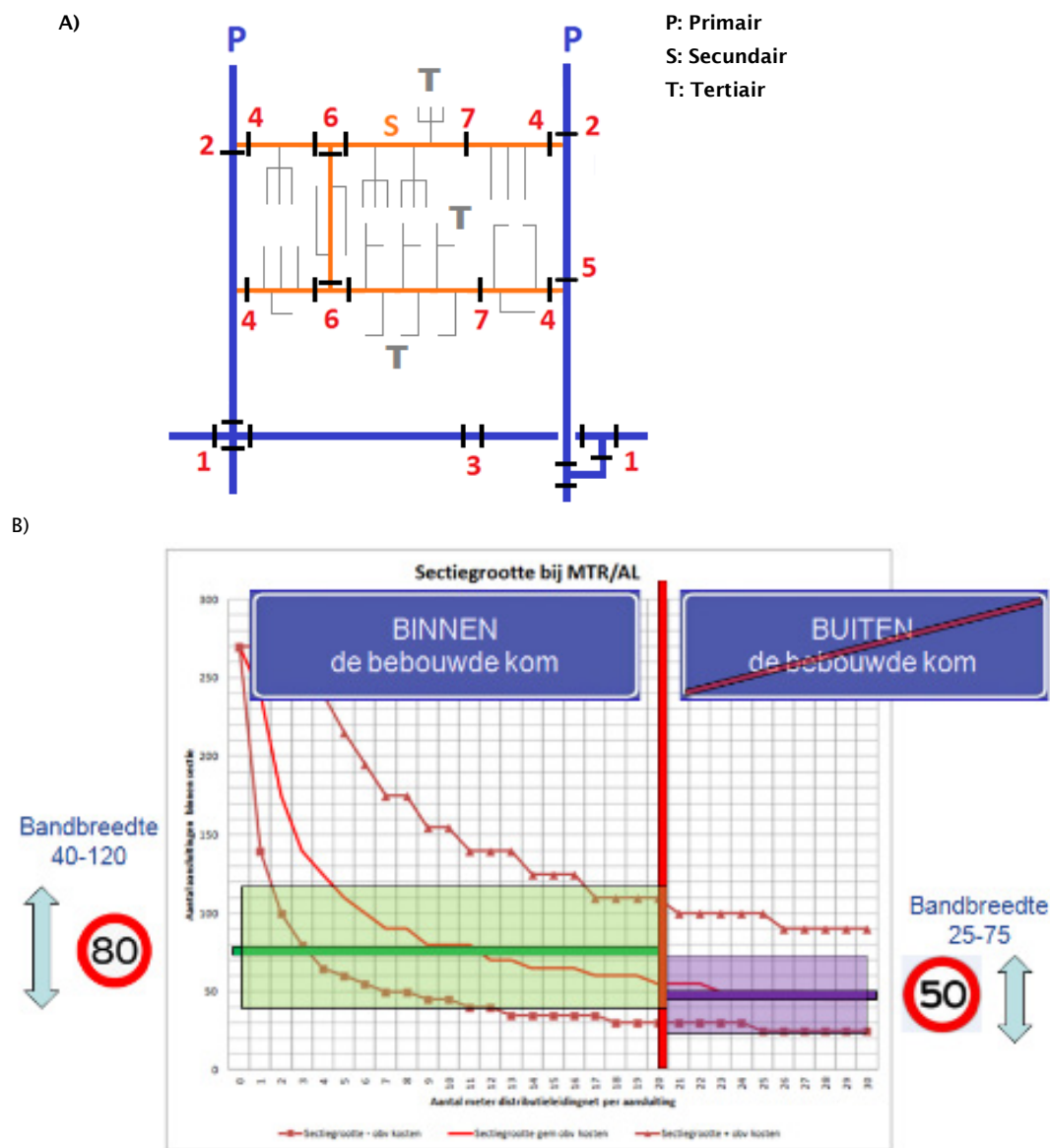


FIGUUR IV-2 VOORBEELD VAN ONTWERP MET SECUNDAIRE HOOFD- EN LUSSTRUCTUUR MET WEERGAVE VAN EEN LUSLENGTE

Indien het plangebied te groot is om de tertiaire leidingen direct op één secundaire leiding aan te sluiten, wordt in het handmatig ontwerpproces aanbevolen onderscheid te maken tussen de secundaire hoofd- en lusstructuur. Het secundaire hoofdnet ontsluit de wijken vanaf de voedingspunten op het primaire net en de secundaire lusstructuur voedt de gesectioneerde tertiaire netwerken (Blokker en Vogelaar 2011).

² Het onderscheid tussen de secundaire hoofdleidingen en secundaire lussen dient om het ontwerpproces te verduidelijken en te stroomlijnen. In de voorgestelde aanpak wordt bij de bepaling van diameters bij de hoofdleidingen gewerkt met iteratieve stappen van grote naar kleinere diameters. Bij de secundaire lussen wordt de diameter juist vergroot totdat de drukgradiënt voldoet.

Bijlage V Sectiegrootte en afsluiter configuratie bij Brabant Water



FIGUUR V-3 ONTWERPRICHTLIJNEN VAN BRABANT WATER I.V.M. A) LOCATIE VAN AFSLUITERS IN PRIMAIR EN SECUNDAIRE LEIDINGEN EN B) TOEGESTANE BANDBREEDTE VOOR AANTAL AANGESLOTEN WONINGADRESSEN IN EEN SECTIE (T.B.V. SECTIEGROOTTE).

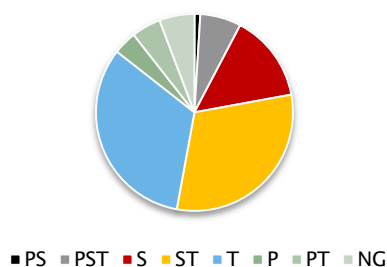
Bijlage VI Evaluatie implementatie streefstructuur bij Brabant Water

Evaluatie methodiek

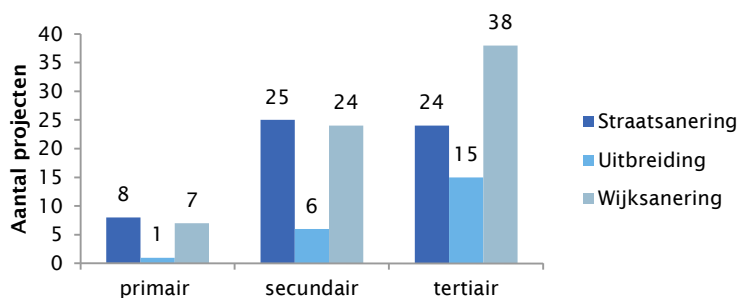
Middels ArcGIS is inzichtelijk gemaakt waar sinds de introductie van de streefstructuur voor Helmond in 2012 tot begin 2016 leidingbouwprojecten zijn uitgevoerd en in hoeverre gedurende de implementaties het streefstructuurontwerp is gevolgd. Voor de 104 leidingbouwprojecten is het volgende geïnventariseerd: de periode dat het project is uitgevoerd (start- en einddatum), het type netwerk (primair, secundair of tertiair), het type wijziging zowel in vorm als diameter aan primaire, secundaire (hoofd) of secundaire (lus) leidingen. Verder is inzichtelijk gemaakt of het tertiaire net geïntroduceerd is en het type project (straatsanering, uitbreiding, wijksanering, n.v.t.). Daarnaast zijn opmerkingsvelden toegevoegd waarin is toegelicht waarom afgeweken is van de streefstructuur.

Resultaten Casus: Helmond

De samenstelling van de 104 leidingbouwprojecten op basis van het type vraagstukken primair (4), secundair (15), tertiair (34), niet geregistreerd (6) of combinaties (45) is weergegeven in Figuur VI-4 en uitgevoerd als Figuur VI-5.

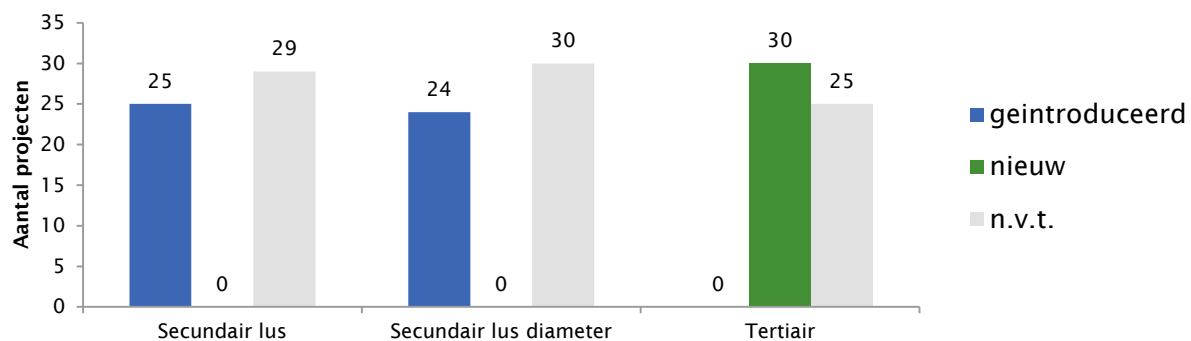


FIGUUR VI-4 OVERZICHT VAN DE SAMENSTELLING OP BASIS VAN HET TYPE VRAAGSTUK (PRIMAIR (P), SECUNDAIR (S), TERTIAIRE (T) EN OF NIET GEREGEREERD (NG)).



FIGUUR VI-5 OVERZICHT VAN DE SAMENSTELLING VAN DE PROJECTEN OP BASIS VAN DE AANPAK.

Figuur VI-6 geeft inzicht in de mate van wijzigingen in de secundaire lussen en het introduceren van tertiaire netten.



FIGUUR VI-6 OVERZICHT VAN WIJZIGINGEN: AAN DE SECUNDAIRE LUS VORM OF DIAMETER EN OF TERTIAIRE NET GEREALISEERD IS VAN 55 PROJECTEN MET SECUNDAIRE LEIDINGEN.

Daarnaast zijn er unieke situaties benoemd zoals een aanpassing waardoor een rivierkruising kon worden voorkomen of een secundaire lus die een straat is opgeschoven.

Bijlage VII Netwerken Sittard

De prestatie van het distributienet wordt bepaald door de eigenschappen van het net. Agudelo-Vera en Blokker (2014) gebruiken vijf indicatoren om de prestatie van het net te beschrijven: 1) drukval (als indicatie voor energie), 2) verblijftijd, 3) maximum snelheid (zelfreinigend vermogen), 4) OLM en 5) Kosten: als surrogaat van kosten werden aantal afsluiters en lengte van de leidingen gebruikt. Veranderingen in deze indicatoren kunnen alleen worden geïnterpreteerd als er een referentiewaarde (norm) beschikbaar is. Om het effect van (nieuwe) concepten zoals zelfreinigende netten te toetsen, maken wij gebruik van een voorbeeldnetwerk. Het net is een reëel net. Het net bevindt zich in Sittard en heeft 1019 huishoudelijke aansluitingen. Het huidige ontwerp is vermaasd en het net is aangelegd tussen 1989 en 1997. Dus vlak vóór de introductie van het zelfreinigende nettenconcept en met een bluswatervraag van $60 \text{ m}^3/\text{h}$, die de diameters bepaalt.

In 2013 werd voor hetzelfde gebied een theoretisch zelfreinigend netwerk (handmatig) ontworpen binnen het SPO project 'Toekomstbestendigheid van de drinkwaterinfrastructuur', door een deskundige (Agudelo-Vera en Blokker 2014). Voor het nieuwe ontwerp zijn: i) zoveel mogelijk een eenduidige stromingsrichting en ii) bluswatervraag van $30 \text{ m}^3/\text{h}$ gehanteerd. Dit leidt tot een afname van het aantal mazen en kleinere diameters t.o.v het huidige ontwerp.

Die twee ontwerpen werden gebruikt als cases voor de stress-test om te bepalen hoe robuust een leidingnet is voor toekomstige veranderingen van de watervraag. Met SIMDEUM zijn patronen met korte tijdstap gesimuleerd voor 12 extreme, maar mogelijke scenario's van toekomstige waterverbruik. Daarbij zijn vijf indicatoren gebruikt om de gevolgen van de scenario's te kwantificeren en te vergelijken: 1) watervraag, 2) piekvraag, 3) drukval, 4) verblijftijd en 5) maximum snelheid (zelfreinigende vermogen). De resultaten zijn gerapporteerd in (Agudelo-Vera en Blokker 2014) en (Agudelo-Vera et al. 2016). In 2014 werden die netwerken gebruikt voor het project 'Systeem in Balans' om het risico te berekenen voor het hele drinkwatersysteem (Vries et al. 2015).

In 2014 werd voor het bestaande netwerk (vermaasde configuratie) een optimalisatieslag gemaakt voor de afsluiterconfiguratie in het kader van het QMRA van het distributienet-project (Blokker et al. 2016). Figuur VII-7 toont de overzicht van de ontwerpen. Omdat ontwerp 1 en 3 zowel verschillen in afsluiterontwerp als layout van netwerk en diameters is ontwerp 2 gemaakt, waarin tussen 1 en 2 alleen afsluiters anders zijn en tussen 2 en 3 alleen de uitgangspunten voor layout en diameters anders zijn (uitgangspunten voor afsluiters zoveel mogelijk gelijk). Het huidige netwerk heeft veel afsluiters. Het doel was om het effect van de configuratie van het netwerk en afsluitersconfiguratie op het infectierisico t.g.v. besmetting van het DWDS te onderzoeken. In dat project werd de afsluitersconfiguratie van het vermaasde netwerk herzien en verbeterd, rekening houdend met de spuikbaarheid van het net. Gebaseerd op de huidige netwerkconfiguratie werd gekeken welke afsluiters kunnen worden verwijderd. De drie volgende criteria werden gebruikt: 1) geen afhankelijke secties, 2) maximale sectiegrootte: 100 afsluitingen en 3) spuikbaarheid van het netwerk. Om de spuikbaarheid van elke sectie te garanderen werd gecontroleerd dat $v > 1.5 \text{ m/s}$ d.w.z. ongeveer een stroom van $30\text{-}60 \text{ m}^3/\text{h}$ afhankelijk van de diameter. Voor dit netwerk is de locatie van de brandkranen niet bekend. Wij hebben aangenomen dat op elk eind van een tak een brandkraan staat. Verder is er één brandkraan elke 80 meter (rekening houdend met het

feit dat de bluswagen een radius van 40 meter met de slang kan bereiken). In sommige gevallen, waar twee einden van de takken vallen binnen een radius van 40 meter, is slechts één brandkraan aangenomen.

In secties (mazen) met parallelle leidingen hebben wij een voorkeur gegeven aan een afsluiter in de leiding met de grootste diameter. Idealiter zou verplaatsing van afsluiters tot een beter ontwerp kunnen leiden.

Hieronder worden de prestaties van de verschillende indicatoren beschreven in het kader van de evaluatie van streefstructuren. Tabel 7-1 laat zien hoe het ontwerp gerelateerd is aan verschillende criteria. Die ontwerpen kunnen worden beschreven met een aantal kenmerken Tabel 7-2.

Om het aantal mazen te bepalen is de volgende methode bedacht (Blokker 2013), waarbij het aantal leidingen incl. alle afsluiters is, en het aantal knopen incl. reservoirs:

$$\text{Aantal mazen} = \text{aantal leiding} - \text{aantal knopen} + 1$$

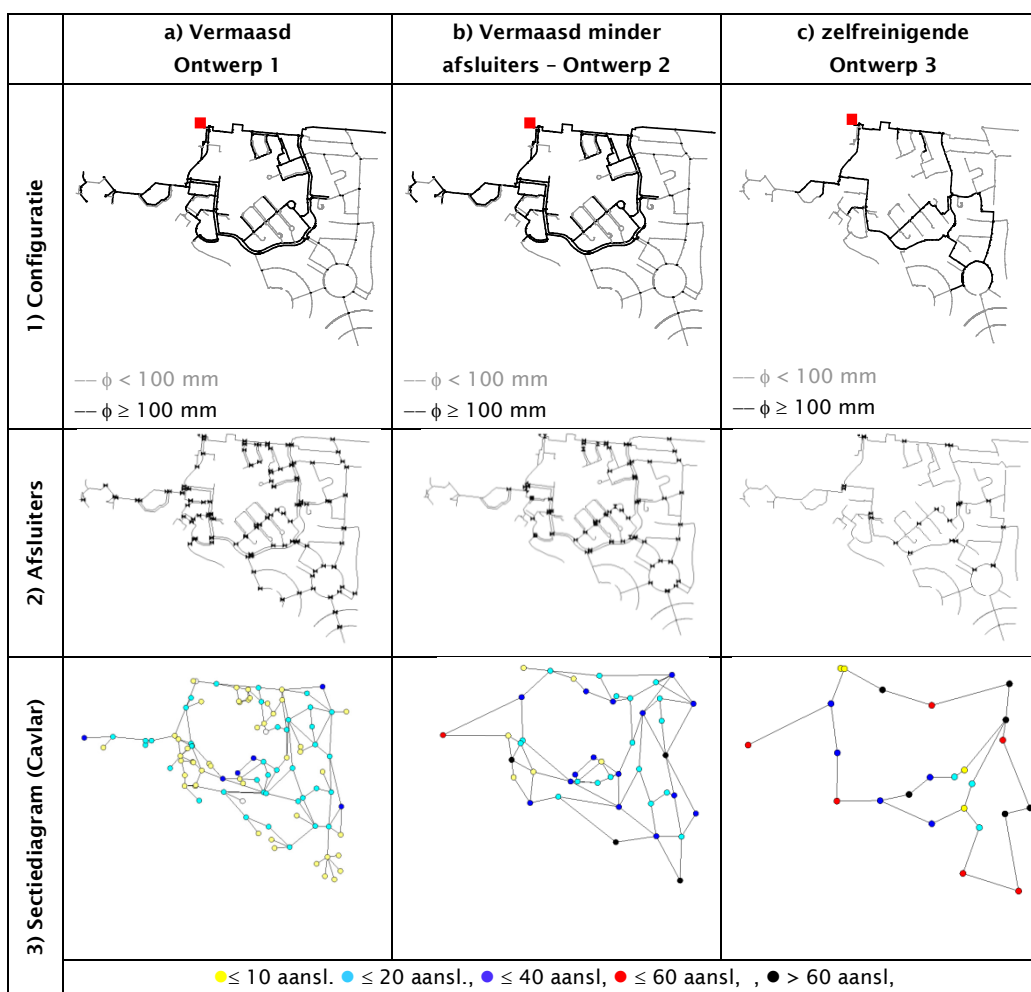
TABEL 7-1 ONTWERP CRITERIA

Criteria	a) Vermaasd	b) Vermaasd minder afsluiters	c) zelfreinigende
Afhankelijke secties	N.b.	Vermijden van afhankelijke secties	Geen afhankelijke secties
maximale sectiegrootte	N.b.	100 aansluitingen	100 aansluitingen
Bluswatervraag	60 m ³ /u (aannee)	60 m ³ /u (niet getest)	30 m ³ /u
Spuikbaarheid	N.b.	Handmatig gecheckt	N.v.t

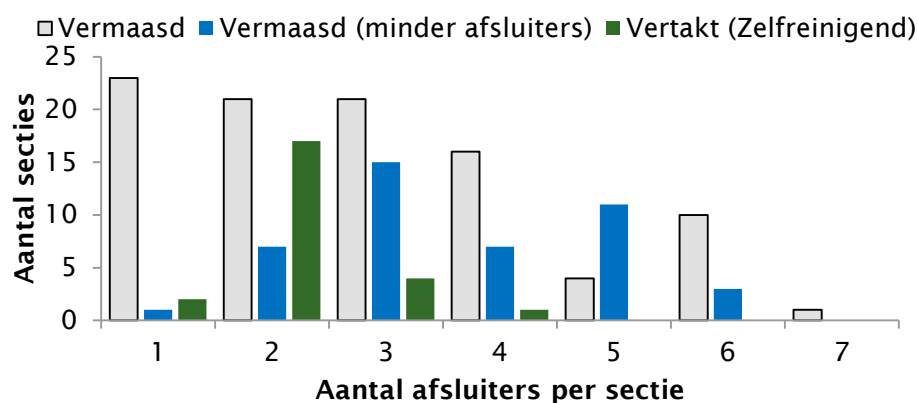
N.b.: Niet bekend

TABEL 7-2 KENMERKEN VAN DE DRIE ONTWERPEN

Netwerk eigenschappen	a) Vermaasd	b) Vermaasd herzien	c) Vertakt
Lengte in km en (% van het totale lengte)	< 100mm 7,2 (51%)	7,2 (51%)	6,8 (63%)
	≥ 100mm 7,0 (49%)	7,0 (49%)	4,0 (37%)
# Aansluitingen/meter	0,072	0,072	0,094
# afsluiters	140	83	26
# secties	96	44	24
Max. sectiegrootte (aansluitingen per sectie)	32	90	94
Gem. sectiegrootte (aansluitingen per sectie)*	11	23	42
Aantal mazen	48	48	3



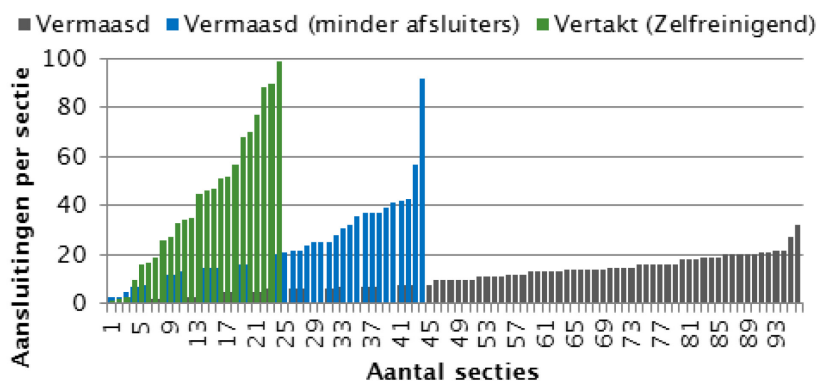
FIGUUR VII-7 OVERZICHT VAN HET 1) LAYOUT, 2) AANTAL AFSLUITERS EN 3) SECTIE DIAGRAM VOOR DE DRIE ONTWERPEN



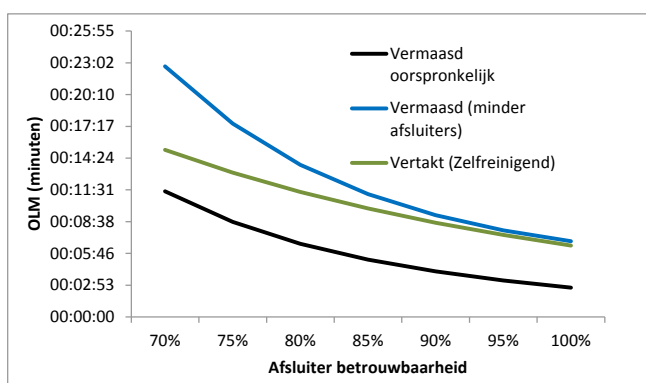
FIGUUR VII-8 OVERZICHT VAN HET AANTAL AANSLUITINGEN PER SECTIE VOOR DE DRIE ONTWERPEN

Om de CAVLAR resultaten te kunnen vergelijken is er een extra afsluiter toegevoegd t.o.v. het QMRA van het distributienet-project (Blokker et al. 2016). Dit werd gedaan om de eerste sectie vergelijkbaar te maken. Het voedingspunt in Cavlar voor de drie netwerken is aangegeven in Figuur VII-7 met een rood vierkant.

- Om de resultaten van de prestatieindicatoren te kunnen interpreteren is het belangrijk om een integraal inzicht te hebben, want er zijn verschillende afwegingen mogelijk. Zo gaat bijvoorbeeld de lagere OLM van vermaasde netwerken ten koste van operationele kosten (onderhoud van een groter aantal afsluiters). Bovendien zijn streefwaarden per indicator ook nodig om een evaluatie te kunnen uitvoeren. Verder zijn onzekerheden van de parameters ook belangrijk. Bijvoorbeeld, onzekerheden in de afsluiterbetrouwbaarheid kunnen een verkeerd beeld van de OLM geven en 5% onzekerheid resulteert in een groter verschil bij 75% dan bij 85% afsluiterbetrouwbaarheid door de niet-lineariteit van de relaties (Figuur VII-10).



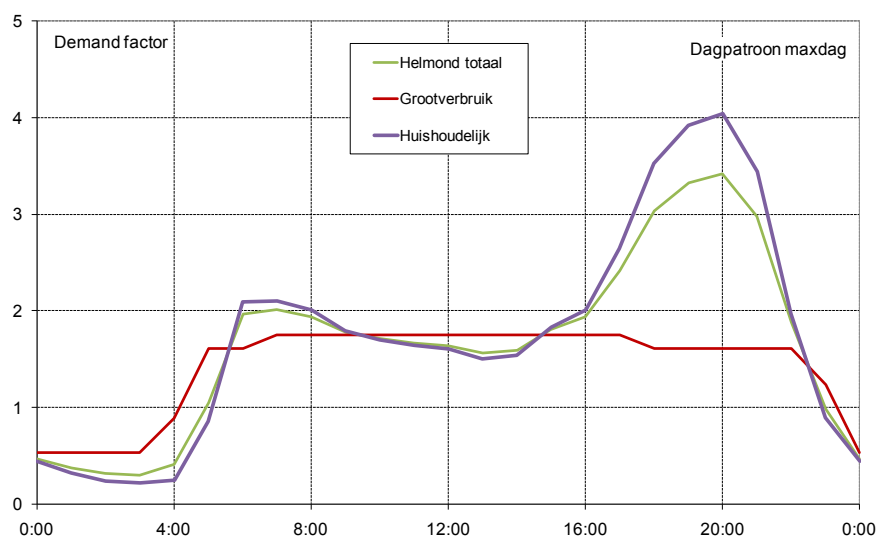
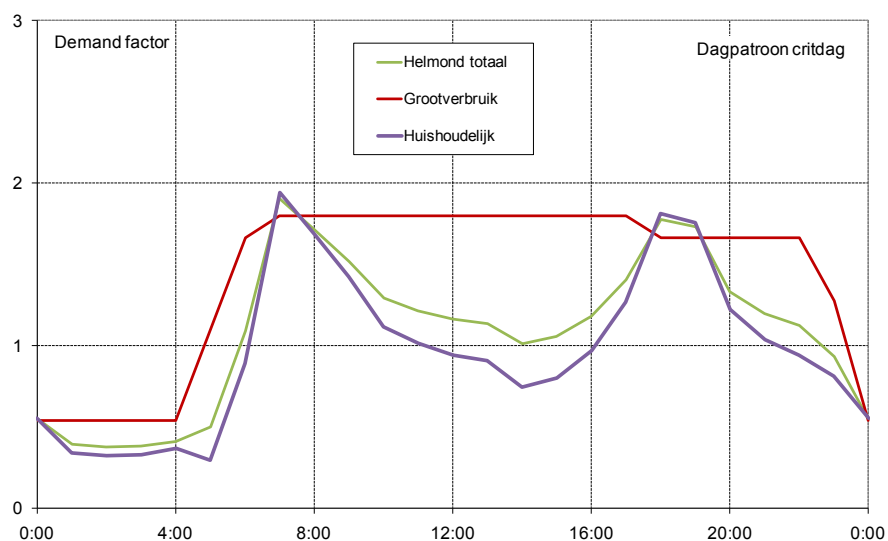
FIGUUR VII-9 OVERZICHT VAN HET AANTAL AFSLUITERS PER SECTIE VOOR DE DRIE ONTWERPEN



FIGUUR VII-10 OVERZICHT VAN DE OLM VOOR VERSCHILLENDE AFSLUITERBETROUWBAARHEID VOOR DE DRIE ONTWERPEN

Bijlage VIII Criteriumdag – Brabant Water

Criteriumdag: is een gemiddelde dag + 10% (1,1 dag) wat in praktijk overeenkomt met 80% van het aantal dagen per jaar dat dit dagverbruik of dagpatroon optreedt en niet wordt overschreden. Deze wordt veelal gebruikt om b.v. te beoordelen of operationele activiteiten zoals het tijdelijk afsluiten van een leidingsectie mogelijk is.



FIGUUR VIII-11 BOVEN: VERBRUIKSPATROON CRITERIUMDAG OP BASIS VAN AFZET 22 MAART 2006 EN ANALYSE GROOTVERBRUIK 2010, BENEDEN: VERBRUIKSPATROON MAXIMUMDAG OP BASIS VAN AFZET 20 JUNI 2005 EN ANALYSE GROOTVERBRUIK 2010