BTO 2018.058 | Januari 2018

BTO rapport

Beheer van afsluiters

Handleiding en achtergronden

KWR Watercycle Research Institute

BTO

Beheer van afsluiters
Handleiding en achtergronden

BTO 2018.058 | Januari 2018

Opdrachtnummer
400554-161

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

Opdrachtgever
BTO - Thematisch onderzoek - Assetmanagement

Kwaliteitsborger(s)
dr. ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)
ir. A. (Andreas) Moerman
dr. J. (Jojanneke) van Vossen
dr. ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera

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

Jaar van publicatie
2018

Meer informatie
ir. A. (Andreas) Moerman
T +31 (0)30 6069 605
E andreas.moerman@kwrwater.nl

Keywords
Afsluiters, beheer, onderhoud, risico-analyse, assetmanagement

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

KWR Watercycle Research Institute

BTO 2018.058 | Januari 2018 © KWR

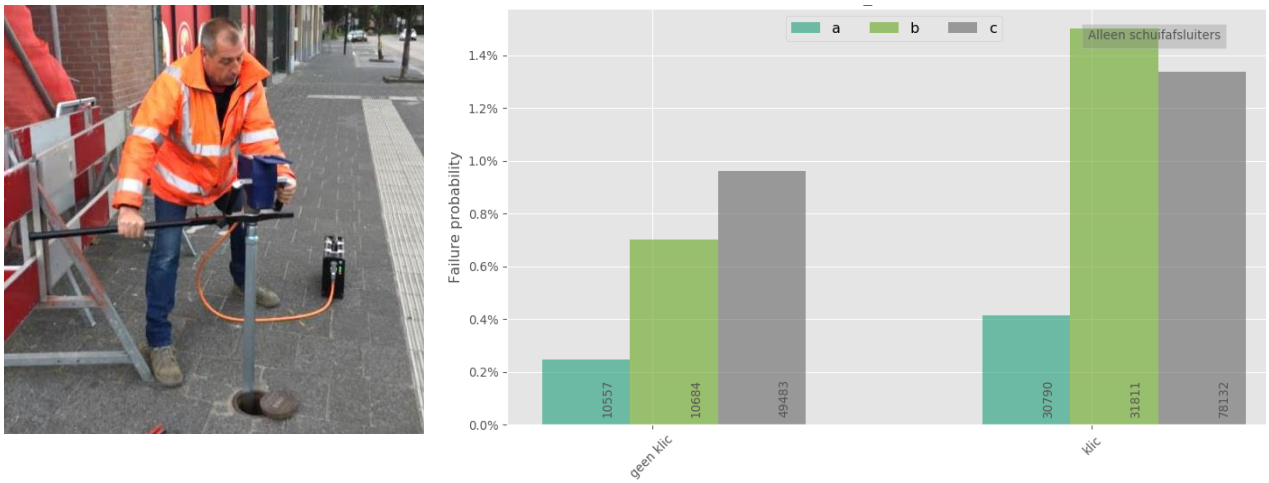
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming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

BTO *Managementsamenvatting*

Efficiënt afsluiterbeheer mogelijk door risicobenadering en effectieve maatregelen

Auteur(s) ir. A. (Andreas) Moerman, dr. J. (Jojanneke) van Vossen, dr. ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera

Met een methodiek, opgesteld in dit rapport, zijn waterbedrijven in staat om hun afsluiterbeheer efficiënt vorm te geven dankzij goede prioritering. Ook zijn mitigerende maatregelen onderzocht voor verlaging van de kans op of het effect (risico) van falende afsluiters. Afsluiters spelen een rol in het leidingnet doordat zij secties kunnen isoleren en waterstromen sturen. Falende afsluiters leiden tot toename van overlast (OLM; Ondermaatse LeveringsMinuten) door een storing of geplande werkzaamheden. Ook kan het falen leiden tot verminderde effectiviteit van spuien van het leidingnet, waterkwaliteitsklachten, foute interpretatie van sensorgegevens en bijkomende imagoschade van een waterbedrijf. Met circa 600.000 afsluiters in het Nederlandse drinkwaternet is hiervoor veel aandacht nodig. Onderhoud en beheer is nodig om het effect van falende afsluiters op de prestatie van het hele leidingnet te beperken. Vanuit de opbrengsten van het project worden praktische aanbevelingen gedaan voor het vastleggen van informatie over afsluiters en de invulling van afsluitercontroles.



Een monteur van Brabant Water voert een meting uit waarbij het aantal slagen en het draaimoment van een afsluiter gemeten wordt (links). Het niet vindbaar of bereikbaar zijn van afsluiters door onderstrating komt bij alle onderzochte bedrijven (a, b en c) aanzienlijk (factor 1,5 – 2) vaker voor in gebieden waar bepaalde graafwerkzaamheden uitgevoerd zijn, zoals het leggen van kabels en leidingen (rechts).

Belang: begrip effect en kans van falen belangrijk voor afsluiteronderhoud

In het leidingnet zorgen afsluiters voor het isoleren van secties en het sturen van waterstromen. Onbruikbare afsluiters leiden tot extra overlast (OLM; Ondermaatse LeveringsMinuten) tijdens een storing of geplande werkzaamheden. Wanneer ze verkeerd staan zorgen afsluiters voor waterkwaliteitsklachten, onbetrouwbare sensorgegevens en leidt het schoonmaken van het leidingnet (‘spuien’) tot minder effectieve

resultaten. Beide vormen van falen zijn ongewenst en hun effecten op de prestatie van het leidingnet moeten worden beperkt. Daarvoor is onderhoud en beheer van afsluiters nodig, wat vraagt om zicht op de prestatie-indicatoren waarmee afsluiterbeheer kan worden gestuurd, met welke maatregelen het falen kan worden tegengegaan en hoe effectief dat is.

Aanpak: onderzoek naar invloed omgeving en onderhoud op afsluiterprestaties

Voor risico-gebaseerd beheer van afsluiters is een stappenplan opgesteld. Daarnaast is aandacht besteed aan drie verschillende onderwerpen die maatregelen voor effectief afsluiterbeheer onderbouwen:

- *Invloed van omgeving op falen afsluiters.* Onderzoek naar o.a. typen graafwerkzaamheden met de grootste invloed op falen van afsluiters.
- *Objectieve meting van draaibaarheid van afsluiters.* Pilot met metingen van het draaimoment en het aantal slagen van 600 afsluiters. Voor de specifieke prestatie-indicator 'draaibaarheid' biedt een combinatie van deze metingen mogelijke conclusies over de invloed van afsluiteronderhoud op falen.
- *Methodieken voor vaststellen effect van falen.* Voor kwantificering van het effect van falende afsluiters is de bestaande CAVLAR®-methode van KWR gebruikt. Voor het bepalen van het effect van verkeerd staande afsluiters zijn aanvullende methodieken ontwikkeld.

Resultaten: risico-gebaseerd afsluiteronderhoud en onderbouwing voor maatregelen

Afsluiterbeheer kan met een risicobenadering worden vormgegeven, rekening houdend met een gekwantificeerde kans en het effect van falen. Hiermee kan een waterbedrijf onderhoud prioriteren. Dit rapport dient ter ondersteuning van deze aanpak. De resultaten van het project laten zien dat er (over het totale leveringsgebied van de verschillende bedrijven) enkele typen graafwerkzaamheden kunnen worden gerelateerd aan het falen van afsluiters wegens het niet vindbaar of bereikbaar zijn door onderstrating. Het gaat dan o.a. om de activiteiten 'kabels en leidingen leggen' en 'huisaansluitingen maken'.

Verder laten de analyses grote verschillen zien tussen de onderzochte bedrijven, meestal zonder duidelijke oorzaak. De uitkomsten van de draaibaarheidsmeting (pilot) laten zien dat afsluiters na eenmaal geheel te zijn dicht- en opengedraaid, doorgaans goed draaibaar blijven, onafhankelijk van het feit of ze kort (< 4 jaar) daarvoor nog gedraaid waren. Het 'schuren' (steeds enkele slagen open- en dichtdraaien) van afsluiters heeft een positief effect op de draaibaarheid. De uitkomsten van de effectanalyse laten zien dat verschillende methoden niet tot dezelfde afsluiterprioritering leiden. Daarom is het nuttig om een effectstudie naar het falen van afsluiters niet alleen te richten op de faalwijze 'niet bruikbaar' maar ook op de faalwijze 'foute stand'.

Implementatie: handvatten voor gebruik van resultaten in de praktijk

Dit rapport geeft op verschillende niveaus aanbevelingen voor verbetering in de praktijk:

- implementatie van het ontwikkelde stappenplan voor beheer en onderhoud van afsluiters;
- vastlegging van gegevens over afsluiters;
- vastlegging van gegevens na een afsluitercontrole;
- praktische invulling van afsluitercontroles.

Op grond van deze aanbevelingen kunnen waterbedrijven – afhankelijk van de positie van afsluiters binnen het totale assetmanagement – hun beheer en onderhoud van alle afsluiters vormgeven. Ook kunnen zij aan de slag met specifieke uitkomsten van het BTO-project, passend bij hun huidige werkwijze.

Gezien de verschillen in huidige werkwijze en (soms onverklaarbaar) grote verschillen tussen de uitkomsten van analyses van verschillende bedrijven geven we in dit rapport aanbevelingen om verdere kennisopbouw en kennisuitwisseling over afsluiters en afsluiterbeheer te stimuleren.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Beheer van afsluiters – Handleiding en achtergronden* (BTO 2017.082).

Meer informatie
ir. A. (Andreas) Moerman
T +31 (0)30 6069 605
E andreas.moerman@kwrwater.nl

KWR
PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

KWR Watercycle Research Institute

Inhoud

Inhoud 2

Inleiding 4
Aanleiding 4
Doel 5
Aanpak 5
Leeswijzer 5

DEEL A – HANDLEIDING

1 Algemeen kader en stappenplan 7
1.1 Status 7
1.2 Normenkader 7
1.3 Uitgangspunten 7
1.4 Stappenplan 8

2 Beheersmaatregelen 10
2.1 Onderhoudstypen 10
2.2 Maatregelen 11
2.3 Monitoring prestatie-indicatoren 13

3 Risicobepaling 14
3.1 Risico faalwijze 1: niet bruikbaar 14
3.2 Risico faalwijze 2: onjuiste stand 18
3.3 Afsluitercategorieën 20
3.4 Interval voor risico-analyse 22

4 Acquisitie en kwaliteitsborging van gegevens 24
4.1 Toelichting en status 24
4.2 Informatiemodel afsluiters 24
4.3 Informatiemodel afsluitercontrole 26
4.4 Kwaliteitsborging van afsluitergegevens 29

5 Overwegingen 32

6 Implementatie en aanbevelingen 33
6.1 Afsluiterbeheer 33
6.2 Afsluitergegevens 33
6.3 Afsluitercontroles 33
6.4 Kennisopbouw 34
6.5 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek 35

DEEL B – ACHTERGRONDEN

1	**Toelichting**	**37**
1.1	Onderdelen Deel B	37
1.2	Focus onderzoek	37
2	**Huidige situatie afsluiterbeheer**	**38**
2.1	Uitkomsten enquête en gesprekken	38
2.2	Uitkomsten workshop	39
3	**Faalkans onder invloed van omgeving**	**40**
3.1	Inleiding	40
3.2	Invloed type afsluitercontrole	42
3.3	Invloed interne factoren	43
3.4	Invloed externe factoren	50
3.5	Conclusies	57
4	**Meting draaibaarheid**	**58**
4.1	Achtergrond werking schuifafsluiter	58
4.2	Aanleiding meting draaimoment	59
4.3	Uitvoering pilot	59
4.4	Interpretatie resultaten	60
4.5	Effect meerdere ‘dicht-open’-cycli	63
4.6	Effect schuren op eindstand	65
4.7	Relatie draaibaarheid en gebruiksinterval	66
4.8	Discussie	67
4.9	Conclusies	67
5	**Bepaling effect afsluiter in afwijkende stand**	**69**
5.1	Inleiding	69
5.2	Effecten onbedoeld dicht staande afsluiters	69
5.3	Indicatoren	74
5.4	Resultaten analyse vermaasd netwerk	77
5.5	Resultaten analyse vertakt netwerk	82
5.6	Discussie	87
5.7	Methode kwantificeren effect	89
Literatuur		**90**
Bijlage I	**Overzicht relevante aspecten NEN-ISO 55000, 55001 en 55002**	**92**
Bijlage II	**Rekenmethode CAVLAR 3**	**96**
Bijlage III	**Samenvatting workshop Afsluiterbeheer**	**101**
Bijlage IV	**Enquête voorjaar 2016**	**106**

Inleiding

Aanleiding

Afsluiters spelen een rol in het leidingnet voor het isoleren van secties en het sturen van waterstromen. Afsluiters kunnen ook falen, en om het effect van falende afsluiters op de prestatie van het leidingnet te beperken is onderhoud en beheer van afsluiters nodig. Optimaal afsluiterbeheer kan middels een risicobenadering worden vormgegeven, waarbij rekening gehouden wordt met kans en effect van falen. Hiermee kan een drinkwaterbedrijf onderhoud prioriteren en het effect van onderhoud relateren aan de belangrijkste faalmechanismen. Dit rapport ondersteunt hierin.

De twee faalwijzen kennen verschillende kansen op falen, doordat er verschillende faaloorzaken, en onderliggende faalmechanismen, aan ten grondslag liggen:

1. Faaloorzaken bij faalwijze “niet bruikbaar” (en voorbeelden van faalmechanismen):
    i. Niet vindbaar (informatie in GIS klopt niet);
    ii. Niet identificeerbaar (bordjes weggemaaid, onjuiste informatie in GIS);
    iii. Niet bereikbaar (onderstraat, onder een auto of rijplaten, op privéterrein, etc.);
    iv. Niet draaibaar (zand in schutbuis, roest, sleutel past niet, doldraaien, etc.);
    v. Niet afsluitbaar (slijtage).
2. Faaloorzaken bij faalwijze “onjuiste stand” (en voorbeelden van faalmechanismen):
    vi. Vergeten te openen na werkzaamheden (werkinstructie niet goed uitgevoerd);
    vii. Registratie onjuist (wijziging niet goed ingevoerd).

Deze faalwijzen worden in de tekst van dit rapport consequent aangeduid als respectievelijk ‘faalwijze 1’ en ‘faalwijze 2’. Faalwijze 1 is met name van belang bij het isoleren van secties (geplande en ongeplande werkzaamheden) en het effect van falen is dat de OLM toeneemt. Faalwijze 2 is met name van belang bij het sturen van waterstromen (bijvoorbeeld tijdens spuien) of bij de interpretatie van sensordata in het net (druk, volumestroom, waterkwaliteit). Maar ook faalwijze 2 kan effect hebben bij sectie-isolatie en faalwijze 1 kan ook effect hebben op het sturen van waterstromen. De twee faalwijzen kennen grofweg de volgende effecten van falen:

1. Effect “niet afsluiten” bij sectie-isolatie:
    i. De OLM neemt toe, doordat de aangrenzende sectie ook in de afsluiting betrokken wordt.
    ii. Afgeleide effecten zoals kosten en druk op de organisatie (meer tijd nodig voor sectie-isolatie) en imagoschade.
2. Effect “onjuiste stand” bij sturen waterstromen:
    i. Er is een OLM (die niet gepland was) doordat in het sturen van waterstromen per ongeluk een sectie wordt geïsoleerd (hierna aangeduid als ‘potentiële OLM’).
    ii. Risico op waterkwaliteitsproblemen (geur, kleur, smaak) wanneer stilstaand water (door het openzetten van de fout staande afsluiter) in het leidingnet terecht komt.
    iii. De interpretatie van sensoren is onjuist waardoor sturing op de sensorinformatie niet goed gaat.

iv. Afgeleide effecten zoals kosten en druk op de organisatie (meer tijd nodig voor sectie-isolatie) en imagoschade.

De kans op falen van een afsluiter kan met afsluitercontroles worden vastgesteld, en een aantal waterbedrijven doet dit ook systematisch. De afsluitbaarheid wordt echter niet tijdens inspecties getest en niet altijd geregistreerd bij gebruik. Ook is nog onduidelijk in hoeverre inspectie en onderhoud de faalkans structureel beïnvloeden. Voor faalwijze 2 is noch de kans, noch het effect van falen kwantitatief onderzocht. Door meer inzicht te geven in de differentiatie van de kans op falen van afsluiters kan een beeld geschetst worden van de verhouding tussen kans en gevolg (risicomatrix) voor de faalwijzen 'niet afsluitbaar' en 'onjuiste stand'.

Doel

Doel van dit project is dat waterbedrijven een stappenplan beschikbaar hebben om afsluiterbeheer vorm te geven. Dit bestaat uit (1) een registratieprotocol voor bevindingen tijdens inspectie en gebruik van afsluiters (voor de twee genoemde faalwijzen); (2) het vaststellen van de correlatie tussen inspectiefrequentie en effect daarvan op de faalkans; (3) het vaststellen van inspectiefrequentie op basis van kans op falen (en bijbehorend faalmechanisme) en effect van falen.

Aanpak

Het bovengenoemde stappenplan is opgesteld met op basis van (1) informatie over huidige werkwijzen van bedrijven (beschikbaar uit enquêtes en individuele gesprekken met medewerkers van bedrijven), (2) uitkomsten van de workshop 'Afsluiterbeheer', gehouden op 4 december 2017, (3) de NEN-ISO 55000 serie en (4) ervaringen uit het project. Om een aantal specifieke punten uit het stappenplan kwantitatief (of in meer detail) te kunnen onderbouwen is nader onderzoek gedaan naar een drietal aspecten die van belang zijn voor de invulling van risicogestuurd afsluiterbeheer. De beschrijving van de hiervoor benodigde analyses zijn in een apart deel (B) van dit rapport opgenomen. Dit betreft:

- Samenhang tussen (omgevings)factoren en het falen van afsluiters door verschillende oorzaken (zoals hierboven genoemd).
- Een praktijkproef waarbij voor 600 afsluiters bij twee drinkwaterbedrijven het draaimoment gemeten is tijdens (minimaal) twee gehele 'dicht-open-cycli'.
- Een onderzoek naar de samenhang en verhouding tussen verschillende prestatie-indicatoren voor het effect van falen van afsluiters, zowel voor faalwijze 1 als faalwijze 2.

Leeswijzer

Ter bevordering van de leesbaarheid is dit rapport opgedeeld in twee delen:

A. Handleiding: dit onderdeel is beknopt en geeft handvatten voor beheer van afsluiters in de praktijk op basis van eerder onderzoek en uitkomsten van het BTO-project 'Optimaal Afsluiterbeheer'.
B. Achtergronden: dit onderdeel beschrijft in meer detail de uitkomsten van analyses die binnen het BTO-project 'Optimaal Afsluiterbeheer' uitgevoerd zijn.

De methodieken die in dit rapport aan de orde komen zijn toepasbaar op alle afsluiters (deel A). De focus van dit rapport is vooral gericht op het distributienet. In de analyses (deel B) is alleen gebruik gemaakt van gegevens van schuifafsluiters.

DEEL A: HANDLEIDING

1 Algemeen kader en stappenplan

1.1 Status

Het doel van deze handleiding is beheerders van afsluiters praktische handvatten te gegeven bij het beheer van afsluiters. Voor achtergronden wordt in deze handleiding verwezen naar uitkomsten dit onderzoek (Deel B van dit rapport) en andere literatuur.

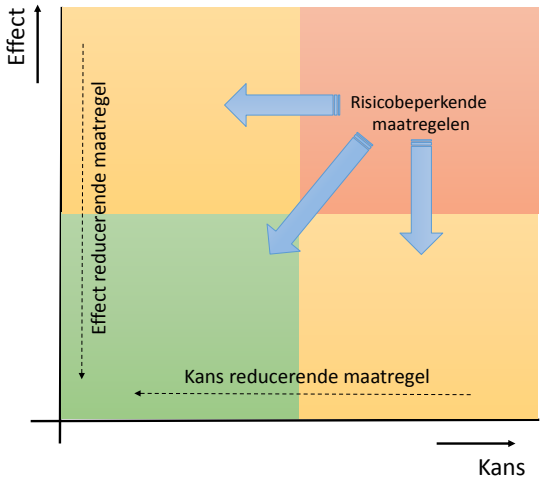
De uitkomsten van het onderzoek (deel B, hoofdstuk 2, 3) laten zien dat er veel verschil is tussen de (i) werkwijzen voor afsluiterbeheer en (ii) de mate afsluiterfalen bij de drinkwaterbedrijven. Hierdoor zijn uitkomsten van analyses in veel gevallen niet eenduidig. Deel A van dit rapport kan gezien worden als een opstap naar een PCD (Praktijkcode Drinkwater) voor afsluiterbeheer.

1.2 Normenkader

Bij het opstellen van het stappenplan voor afsluiterbeheer is aangesloten bij de NEN-ISO 55000, 55001 en 55002 (NEN, 2014a, b, c), zie voor een samenvatting van de meest relevante aspecten voor afsluiterbeheer Bijlage I.

1.3 Uitgangspunten

Uitgangspunt voor stappenplan is afsluiterbeheer gebaseerd op een risico-afweging. Risico is het totaalproduct van kans en effect: de kans op falen van een afsluiter kan laag of hoog zijn en de effecten van de gebeurtenis kunnen groot of klein zijn. Op deze manier kunnen vier risicokwadranten beschreven worden Afhankelijk van het risico is een bepaald type beheer gewenst (de Kater *et al.*, 2010; Moerman *et al.*, 2016). Afsluiters die in het hoge risicoprofiel zitten, kunnen in een lager risicoprofiel komen door kans- of effect verlagende maatregelen te nemen. In dit hoofdstuk worden methoden beschreven voor de risicoanalyse van afsluiters.



FIGUUR 1-1 RISICOMATRIX MET KWADRANTEN ALS ONDERDEEL VAN AFSLUITERBEHEER, GEBASEERD OP (DE KATER *ET AL.*, 2010).

1.4 Stappenplan

1.4.1 Stappen

Uit volgt het volgende stappenplan voor afsluiterbeheer (Tabel 1-1). In dit stappenplan is steeds gerefereerd aan de inhoud van de ISO-NEN 55000 serie (Bijlage I), de relevante hoofdstukken uit dit rapport en de elementen uit de PDCA-cirkel van Deming. In deze hoofdstukken wordt de betreffende stap verder praktisch ingevuld (deel A dit rapport) of wordt achtergrondinformatie gegeven.

TABEL 1-1 STAPPENPLAN AFSLUITERBEHEER OP HOOFDLIJNEN.

Stap	Actie	Gerelateerd onderdeel uit ISO-NEN serie 55000 (zie Bijlage I)	Relevante passages dit BTO rapport
1 PLAN	Vaststellen van het areaal a. Welke afsluiters zijn er? b. Wat is hun functie? c. Wat zijn de metagegevens? (positie, diameter, etc.) d. Wat is de historie (functioneren, onderhoud)?	**Onderdeel 10:** eisen aan informatie **Onderdeel 11:** monitoren, meten, analyse en evalueren	**Deel A:** Hoofdstuk 4
2 PLAN	Bepalen van de plaats van afsluiters in het totale assetmanagement van een drinkwaterbedrijf: a. Risico-inventarisatie i. Vertaling van de risico's naar prestatie-indicatoren, zoals OLM en kosten ii. Situering van de risico's op het gebied van afsluiters in de bedrijfsrisicomatrix, zodat de waarde van afsluiters binnen het totale assetmanagement duidelijk is. b. Indeling van de afsluiters in risicocategorieën c. Vastleggen prestatie-eisen per risico-categorie	**Onderdeel 1:** eisen, verwachtingen en criteria **Onderdeel 3:** beleid **Onderdeel 6:** Doelstellingen **Onderdeel 7:** Passende tijdshorizon	**Deel A:** Hoofdstuk 3 **Deel B:** Hoofdstuk 3, 5
3 DO	Vaststellen van beheertype op basis van kader en risico-inventarisatie: a. Storingsafhankelijk onderhoud b. Gebruiksduurafhankelijk onderhoud c. Toestandsafhankelijk onderhoud d. Situationeel onderhoud (ad-hoc)	**Onderdeel 2:** mensen en middelen **Onderdeel 7:** Passende tijdshorizon	**Deel A:** Hoofdstuk 2, 3 **Deel B:** Hoofdstuk 3, 4

Stap	Actie	Gerelateerd onderdeel uit ISO-NEN serie 55000 (zie Bijlage I)	Relevante passages dit BTO rapport
4 DO	Invulling beheer met maatregelen en interval: a. Besluit welke maatregelen: b. Besluit welk interval.	**Onderdeel 5:** behalen doelstellingen **Onderdeel 7:** Passende tijdshorizon **Onderdeel 8:** Scholing medewerkers **Onderdeel 9:** Communicatie en toegankelijkheid van informatie	**Deel A:** Hoofdstuk 2
5 CHECK	Monitoring effect maatregelen op prestatie-indicatoren: a. Vertaling van te monitoren parameters naar prestatie-indicatoren. b. Opbouwen historische database met monitoringsgegevens en effect op prestatie-indicatoren. c. Monitoringsfrequentie vastleggen.	**Onderdeel 5:** doelstellingen behalen **Onderdeel 6:** meetbare, te monitoren doelstellingen **Onderdeel 9:** Communicatie, toegankelijkheid van informatie **Onderdeel 10:** eisen aan informatie **Onderdeel 11:** Monitoren, meten, analyse en evalueren	
6 ACT	Herziening maatregelen en interval op basis van monitoring of wijzigingen in netwerk of kader.	**Onderdeel 12:** verbeterpunten doorvoeren	

2 Beheersmaatregelen

2.1 Onderhoudstypen

Het beheer van afsluiters bestaat uit het zorgdragen dat het effect van falende afsluiters beperkt blijft, door de kans op falen of het effect van falen te beperken van de belangrijkste afsluiters. Er zijn vier vormen van onderhoud denkbaar:

- **SAO (storingsafhankelijk onderhoud).** Wanneer het effect van falen beperkt is, kan worden besloten dat oplossen van falen bij storing (dus bij of na gebruik) goed genoeg is. Er is dan geen onderhoudsplan, geen inspectie. Wel is het van belang tijdig en adequaat in te spelen op storingen.
- **GAO (gebruiksduurafhankelijk onderhoud).** GAO is alleen zinvol wanneer het falen tijdsafhankelijk is en wanneer bekend is dat het vervangen van (een onderdeel van) een asset (na een bepaalde gebruiksduur) falen voorkomt. Dit zal niet voor alle faalmechanismen gelden, of niet in gelijke mate voor alle faalmechanismen.
- **TAO (toestandsafhankelijk onderhoud).** TAO is zinvol wanneer er faalmechanismen zijn die middels inspectie gemonitord kunnen worden en waarbij er onderhoud kan worden gepleegd voordat de afsluiter daadwerkelijk faalt. Bij dit “falen” zijn zowel het aspect kans op gebruik (degradatie leidingnet) en kans op falen (degradatie afsluiter) betrokken. TAO kan dan ook betekenen dat er wordt geïnspecteerd en indien nodig onderhouden voordat de afsluiter wordt gebruikt. De meest uitgebreide vorm van TAO is online Condition Monitoring met Early Warning System.
- **Ad-hoc (situationeel onderhoud).** Wanneer het effect van falen beperkt is, maar wel dermate dat enig onderhoud gewenst is kan gekozen worden voor de vierde variant: ad-hoc onderhoud. Dit wil zeggen dat onderhoud uitgevoerd wordt wanneer een monteur in de buurt is en tijd heeft om de betreffende afsluiter te controleren/onderhouden. Feitelijk is dit een bijzondere vorm van TAO of GAO waarbij het moment van onderhoud afhankelijk gemaakt wordt van andere werkzaamheden.

De mate waarin een specifiek onderhoudstype van toepassing is hangt af van (1) het effect van falen én (2) de kans van falen, waarbij het van belang is dat deze kans gedifferentieerd wordt naar verschillende faaloorzaken (Figuur 3-3). Dit is uitgedrukt in Tabel 2-1.

TABEL 2-1 ONDERHOUDSTYPEN IN RELATIE TOT EFFECT EN KANS VAN FALEN.

Onderhoudstype	Effect falen	Kans falen
GAO	Geschikt onderhoudstype wanneer effect van falen hoog is: onafhankelijk van eventuele bekende degradatie is een specifiek controle-interval gewenst.	Geschikt onderhoudstype wanneer sprake is van een sterk tijdsafhankelijk degradatiemechanisme. Vooralsnog is hier geen duidelijke aanleiding voor (zie deel B, hoofdstuk 4).
TAO	Minder relevant	Van toepassing bij verhoogde kans op een incident (leidingbreuk) of verhoogde kans op falen door bijvoorbeeld externe activiteiten waarvan bekend is dat deze vaker tot falen leiden dan anderen, bijvoorbeeld het leggen van kabels en leidingen

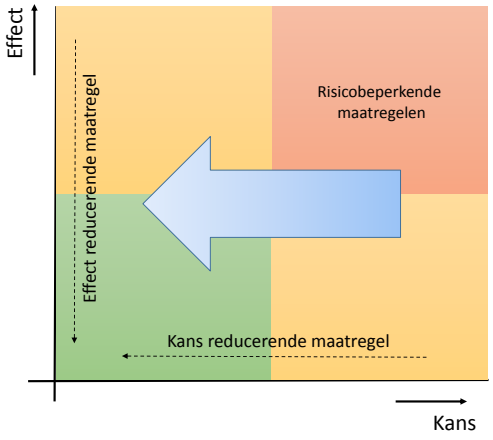
		(§3.4.4. deel B).
SAO	Van toepassing bij een klein effect van falen.	Niet relevant
Ad-hoc	Geschikt wanneer effect van falen dermate is dat enig onderhoud gewenst is, maar er geen middelen beschikbaar zijn om een specifiek onderhoudsprogramma op te zetten.	Niet relevant

N.B. wanneer uit de risico-analyse (hoofdstuk 3, deel A) volgt dat een afsluiter een hoog risico vormt en de onderhoudstypen uit Tabel 2-1 niet afdoende zijn om het risico te beheersen dienen effect-reducerende maatregelen genomen te worden. Dit wordt ook wel 'modificatie' genoemd. Op effect-reducerende maatregelen wordt verder ingegaan in de volgende paragrafen.

2.2 Maatregelen

Er zijn verschillende mogelijkheden voor maatregelen in het kader van afsluiteronderhoud. De meest gangbare methode is momenteel controle op vindbaarheid, bereikbaarheid, identificeerbaarheid, draaibaarheid en soms afsluitbaarheid. Er zijn echter meer mogelijkheden.

Kans reducerende maatregelen:
Dit type maatregelen verschuift het risico langs de kans-as naar een lager risicokwadrant,



FIGUUR 2-1 RISICOKWADRANTEN MET EFFECT OP RISICO VAN KANS REDUCERENDE MAATREGELEN.

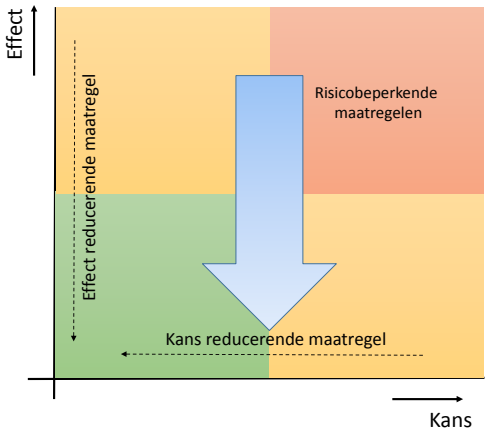
Mogelijke kans-reducerende maatregelen zijn:

- Afsluiteronderhoud uitvoeren met controle op vindbaarheid, bereikbaarheid, identificeerbaarheid, draaibaarheid, afsluitbaarheid.
- Periodieke (automatische) controle naar activiteiten in de omgeving van afsluiters (in het bijzonder naar graafwerkzaamheden waarvan bekend is dat deze vaker tot afsluiterfalen leiden dan andere; §3.4.4. deel B) en (als reactie hierop) desgewenst preventieve afsluitercontrole.

- Proefsluitingen uitvoeren voordat werkzaamheden uitgevoerd worden. Uit dit onderzoek blijkt dat het geheel dicht- en opendraaien bij de meeste afsluiters tot een veel betere draaibaarheid leidt, zeker wanneer hierbij ook geschuurd wordt (hoofdstuk 4, deel B).
- Combinatie van afsluiteronderhoud met meting afsluiterstand bijvoorbeeld d.m.v. geluidsmeting of het meten van het aantal slagen (en vergelijking met afsluiterspecificaties).
- Controle van afsluiterstanden:
    - Opnemen afsluiters in controleprogramma, structureel of incidenteel voorafgaand aan werkzaamheden of spuiprogramma's.
    - Na werkzaamheden, bijvoorbeeld door een geautomatiseerde tool (bv. project pas kunnen afsluiten na check opgegeven afsluiters rond sectie).
    - Na waterkwaliteitsklachten.
    - Controle van oorzaken afwijkende volumestromen na afloop van spuiprogramma's.
    - Vanuit de workshop (4-12-2017) is als aandachtspunt gekomen dat de kans op foutieve standen sterk beïnvloedt wordt door de inrichting van de werkprocessen, tijd die mensen hebben voor de uitvoering van werkzaamheden en motivatie van de uitvoerenden. Als uitvoerenden het belang zien van een juiste afsluiterstand én een juiste registratie in combinatie met een werkbare, gemakkelijke werkprocedure om de standen te registreren wordt de kans op onjuiste standen naar verwachting kleiner.

- Slimme afsluiters ontwikkelen: bv. push-signaal bij specifieke stand of geluidsensor om stand open of dicht te verifiëren.
- Gemakkelijke, toegankelijke en snelle werkprocedures met scholing van monteurs, zodat ze niet alleen met de werkprocedures kunnen werken, maar ook het belang zien van een goede registratie van afsluiterstanden en juiste afsluiterstanden in het netwerk.

Effect-reducerende maatregelen:
Dit zijn maatregelen die het risico verschuiven naar een lager risicokwadrant langs de effect-as (Figuur 2-2).



FIGUUR 2-2 RISICOKWADRANTEN MET EFFECT OP RISICO VAN KANS REDUCERENDE MAATREGELEN.

Mogelijke effect-reducerende maatregelen zijn:
- Netwerkontwerp: optimaliseren sectiegrootte, aantal afsluiters per sectie en locatie afsluiters.
- Verlagen kans op ongeplande werkzaamheden door assetmanagement van leidingen.

- Verlagen kwetsbaarheid omgeving door maatregelen op het gebied van ruimtelijke ordening:
    - Locaties versterken met potentieel groot effect van lekkages, zoals BEEL, ziekenhuizen, monumenten etc. (bv. kering lokaal versterken, paden aanleggen naar afsluiters, drempels aanleggen zodat kwetsbare locaties geen wateroverlast krijgen).
    - Locaties met kwetsbare afnemers op het gebied van waterkwaliteit voorzien van extra monitoring of lokale zuivering, protocol voor snelle levering tijdelijke watervoorziening (bv. tankwagens of flessenwater).
- Tijd verkorten dat probleem zich voordoet:
    - Early warning systemen: sensoren plaatsen die waterkwaliteit meten.
    - Digitaal informatie over locatie afsluiters in de omgeving meegeven aan monteurs.
    - Protocollen instellen om problemen op het gebied van OLM en waterkwaliteit zo snel mogelijk op te lossen met training en opleiding.
- Automatische of op afstand bestuurbare afsluiters toepassen.
- Werkzaamheden uitvoeren zonder gebruik te maken van afsluiters (van Vossen en Vogelaar, 2016).

2.3 Monitoring prestatie-indicatoren

Om de effectiviteit van maatregelen te kunnen toetsen en het juiste interval voor onderhoud en beheer te kunnen bepalen is het belangrijk om de resultaten van het beheer te monitoren. Effectieve maatregelen hebben invloed op de gekozen prestatie-indicatoren.

Belangrijk elementen van monitoring zijn:

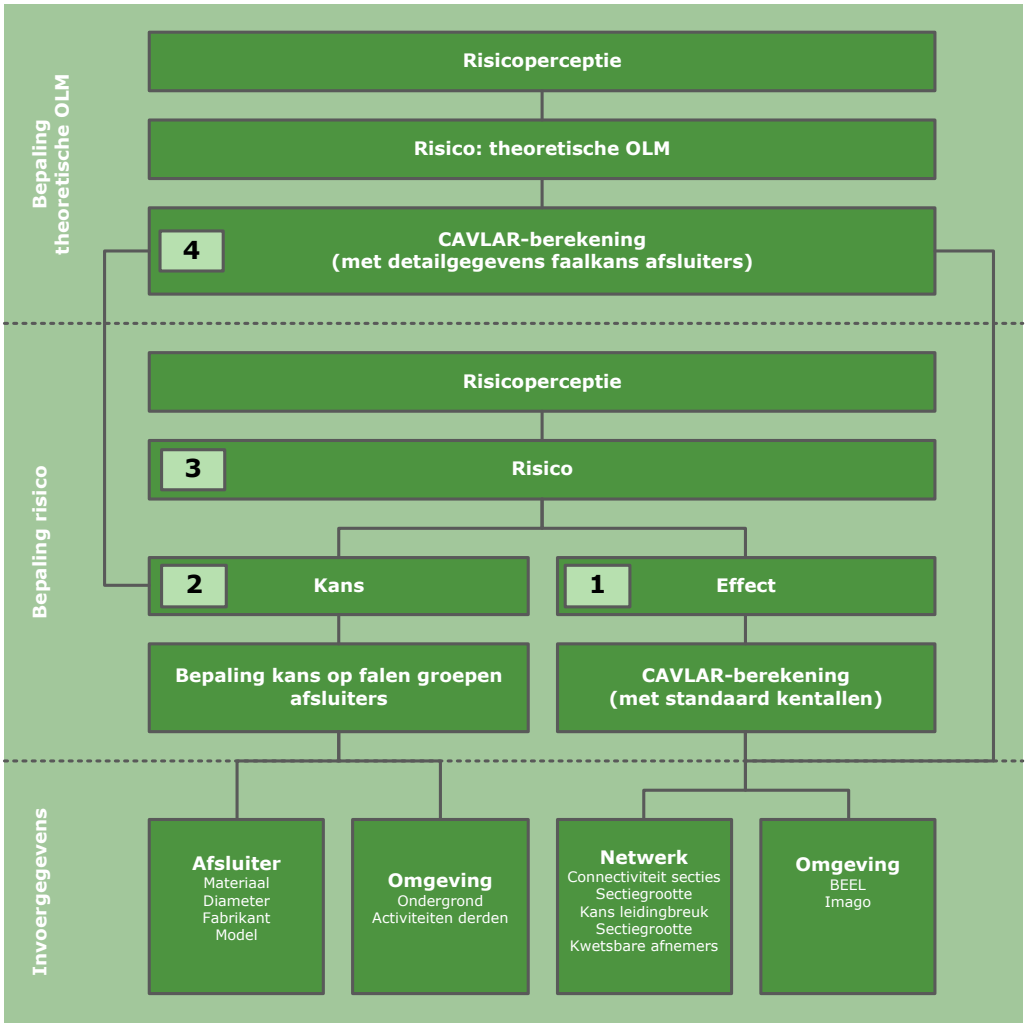
- Het monitoringsinstrument: dit moet voldoende nauwkeurigheid en precisie hebben om de verschillen in prestatie te kunnen meten.
- De monitoringsfrequentie: deze moet aansluiten bij de oorzaken van mogelijk afnemende prestatie en te relateren zijn aan het beheerinterval. Als een afsluiter eens in de 10 jaar wordt onderhouden, is het meestal niet nodig om iedere seconde een online meting te doen om de corrosie te monitoren. Maar iedere 1 of 2 jaar is dan wel een mogelijkheid, zodat kan worden vastgesteld of en hoe de prestatie gedurende het 10 jaar onderhoudsinterval afneemt, of de maatregel de prestatie weer herstelt en of het interval van 10 jaar afdoende is. De monitoringsfrequentie kan vergelijkbaar met het onderhoudsinterval iteratief worden aangepast.
- Lange adem: het kost met het tempo van de belangrijkste degradatiemechanismen tijd voordat een onderhoudshistorie is opgebouwd die ook te gebruiken is voor analyses van effectiviteit van maatregelen en onderhoudsintervallen. Als er monitoring op meerdere afsluiters van verschillende ouderdom en met andere momenten in het onderhoudsinterval wordt gemeten, dan kunnen deze meting wel worden gecombineerd, waardoor analyses eerder mogelijk zijn (vergelijkbaar met de analyses van storingsregistraties in USTORE).

3 Risicobepaling

3.1 Risico faalwijze 1: niet bruikbaar

3.1.1 Risico-analyse

Het falen van een afsluiters in de zin dat deze niet bruikbaar is heeft tot gevolg dat meer afsluiters gesloten moeten worden voordat de sectie waarin (on)geplande werkzaamheden plaats moeten vinden geïsoleerd kan worden. Hierdoor neemt de OLM toe. In gebieden met zeer beperkte sectiegroottes maakt dit doorgaans niet heel veel uit. In andere gevallen kan de OLM toename wel degelijk onwenselijk zijn, of worden door het falen van afsluiters kwetsbare afnemers getroffen. Daarnaast zorgt het falen van afsluiters ervoor dat een sectie-isolatie meer tijd kost, wat meer druk op de organisatie legt en kan leiden tot imagoschade.



FIGUUR 3-1 RISICOBEPALING TYPE 1 'NIET BRUIKBAAR' ALS ONDERDEEL VAN KANS EN EFFECT EN BEPALING THEORETISCHE OLM. DE CIJFERS 1 T/M 4 DUIDEN OP VIER REKENSTAPPEN.

Het vaststellen van het risico van het falen van afsluiters (faalwijze 1: niet bruikbaar) is afhankelijk van veel factoren aan zowel de kans-, als de effectkant (Figuur 2.2). Om een zo

bondig mogelijke werkwijze te creëren is ervoor gekozen om te beginnen met de effectbepaling.

In de indeling van dit hoofdstuk staat de bepaling van het effect van falen voorop. De keuze hiervoor heeft twee redenen. Ten eerste beschikken alle drinkwaterbedrijven over de benodigde informatie om een effectanalyse uit te voeren. Voor een kansbepaling is dit niet altijd het geval, of verschilt de kwaliteit van de beschikbare gegevens sterk. Daarnaast maakt het resultaat van een effectbepaling direct inzichtelijk wat het belang van een afsluiter in het drinkwaternetwerk is.

Figuur 2.2 bevat naast invoergegevens en uitkomsten vier analyses:

1. Effectbepaling; hierover meer in §3.1.2. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat hiervoor de rekenmethodiek van CAVLAR gebruikt wordt voor het bepalen van het effect van falen van afsluiters[1]. Voor een CAVLAR berekening zijn ook faalkansen van afsluiters nodig (de rekenmethodiek van CAVLAR is in meer detail beschreven in Bijlage II). Door deze kans voor alle afsluiters gelijk te stellen (bijvoorbeeld '0.05') is de uitkomst van de CAVLAR-analyse een zuivere maat voor het effect van falen. Grofweg zijn hier drie groepen te onderscheiden (verderop in dit hoofdstuk wordt dit verder uitgewerkt):
    a. Groot effect bij falen: bijvoorbeeld op transportleidingen en daarvan aftakkende secundaire leidingen, falen nabij kwetsbare/belangrijke klanten of objecten (BEEL);
    b. Klein effect bij falen: afsluiters waarvan het falen nauwelijks tot extra OLM leidt, bijvoorbeeld afsluiters op (van secundaire leidingen) aftakkende tertiaire leidingen.
    c. Gemiddeld effect bij falen: afsluiters die zich, wat betreft effect van falen tussen groep a en groep b bevinden. Dit zullen doorgaans afsluiters in het secundaire net zijn.
2. Kansbepaling; (zie §3.1.3 voor werkwijze). Ten aanzien van de hierboven genoemde groepen afsluiters geldt dat:
    a. Kansbepaling minder relevant: wanneer falen van deze afsluiters tot veel extra OLM leidt zijn deze afsluiters sowieso onderhevig aan een intensief onderhoudsregime (bij de meeste bedrijven met een interval van eens per jaar).
    b. Kansbepaling niet relevant: falen van deze afsluiters leidt niet of nauwelijks tot extra OLM.
    c. Kansbepaling *wel* relevant: deze afsluiters bevinden zich (wat effect betreft) in het midden, waardoor de kans van falen de uitslag naar een hoger of lager risicokwadrant bepaalt (Figuur 2-1).
3. Risicobepaling. Op basis van het effect (uitkomst stap 1) en de kans (stap 2) kan het risico bepaald worden. Deze stappen (1 t/m 3) zijn de meest beknopte basisberekening voor het risico van falen. Dit risico is uitgedrukt in een prestatie-indicator, in dit geval de OLM. Omdat deze OLM met CAVLAR bepaald is op basis van het effect bij een standaardwaarde voor het falen van afsluiters (zie stap 1) heeft dit risico alleen een **relatieve** waarde; men kan afsluiters onderling vergelijken, rangschikken en indelen in groepen. Om tot een **absolute** waarde van het risico (theoretisch te verwachten ongeplande OLM) te komen is een aanvullende analyse nodig (stap 4).
4. Bepaling theoretische te verwachten ongeplande OLM. Op basis van nauwkeurige gegevens over de faalkansen van groepen afsluiters en storingsfrequenties van het leidingnet kan de te verwachten ongeplande OLM bepaald worden.

[1] Voor zover bekend is alleen de software van RASMARIANT in staat om een met CAVLAR vergelijkbare analyse uit te voeren (zuivere kwantificering van falen van afsluiters). Andere software kunnen mogelijk wel gebruikt worden voor de bepaling van de kans dat een afsluiter gebruikt wordt (storingskans afsluitersectie), maar niet voor de kwantificering van het effect van falen van de afsluiter zelf.

Tevens kan onderscheid gemaakt worden tussen
a. de verwachte OLM door leidingfalen en;
b. de verwachte additionele OLM door het falen van afsluiter.

Hiermee kan het belang van afsluiterbeheer voor een bepaalde regio of locatie afgewogen worden.

N.B.1 Stap 4 kan desgewenst ook direct uitgevoerd worden, waarmee de stappen 1 en 3 overgeslagen kunnen worden. Dit vraagt echter wel meer voorbereiding van gegevens voor alle afsluiters in het leidingnet.
N.B.2 Door stap 4 te herhalen kunnen (met inachtneming van voorspelde storingsfrequenties van leidingcohorten, zie van Vossen en van Laarhoven (2017) scenariostudies uitgevoerd worden naar de theoretische OLM zich naar verwachting in de toekomst zal ontwikkelen.

3.1.2 Effect faalwijze 1: niet bruikbaar

In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat de rekenmethodiek van CAVLAR gebruikt wordt voor het bepalen van het effect van falen van afsluiters. De rekenmethodiek CAVLAR heeft hiervoor tenminste de volgende gegevens nodig:

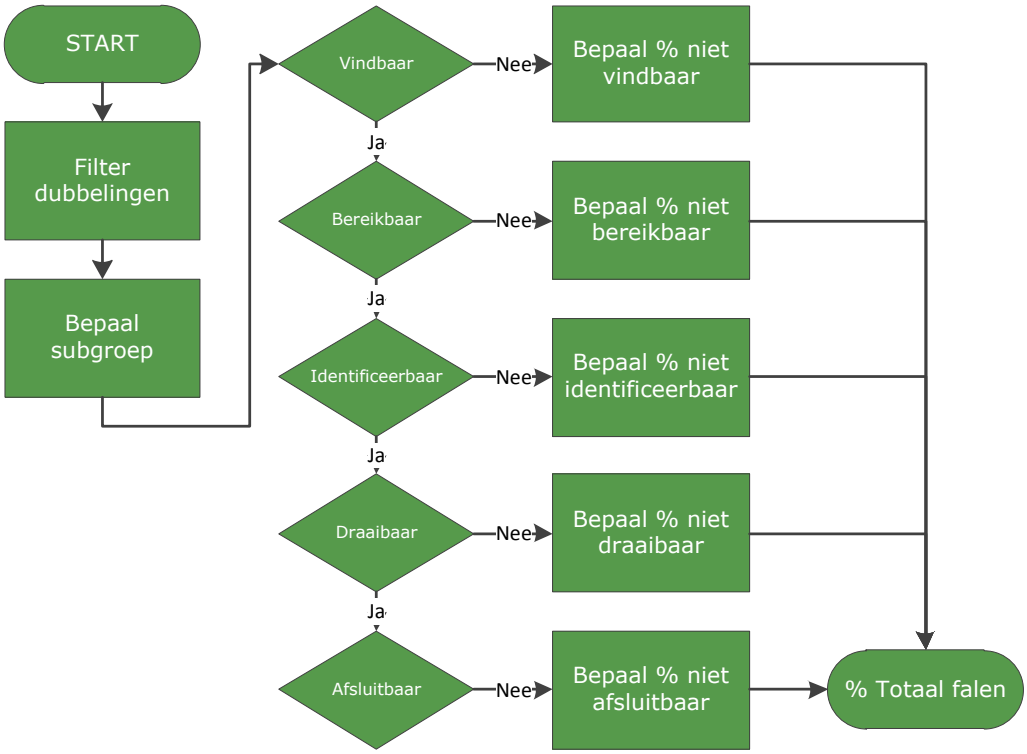
- Connectiviteit van afsluitersecties (af te leiden uit een hydraulisch model).
- Kans op een leidingbreuk (per sectie).
- De grootte van een sectie (aantal aansluitingen, type aansluiting).

De rekenwijze van CAVLAR is in meer detail beschreven in Bijlage II. CAVLAR berekent het effect (toename van OLM) door gebruik te maken van een sectie-diagram. Daarbij zijn (1) de kans op gebruik van een afsluiter (die bepaald wordt door de kans op onderbreking van een sectie voor (on)geplande, werkzaamheden) en (2) de faalkans van een afsluiter benodigd. Afhankelijk van het feit of een gedifferentieerde waarde voor de faalkans van afsluiters ingevoerd is zal het resultaat van CAVLAR een effect zijn of een risico.

In 2015 is een programma van eisen opgesteld voor verdere verbeteringen, bijvoorbeeld door ook andere effectcategorieën (dan OLM) te gebruiken, zoals de aanwezigheid van kwetsbare afnemers of BEEL-objecten (Pieterse-Quirijns en Agudelo-Vera, 2015).

3.1.3 Kans faalwijze 1: niet bruikbaar

De kans op het falen van een groep afsluiters (in de zin dat deze niet bruikbaar zijn) is afhankelijk van verschillende faaloorzaken (zie inleiding, pag. 4). De totale kans op het niet bruikbaar zijn bestaat uit de som van de verschillende faalkansen. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat faalkansen onderling afhankelijk zijn: een afsluiter kan bijvoorbeeld niet op draaibaarheid gecontroleerd worden wanneer deze niet vindbaar was. Middels het schema in Figuur 3-2 kan, rekening houdend met bovengenoemde afhankelijkheid, voor elke subgroep afsluiters een faalkans bepaald worden op basis van gegevens van afsluitercontroles (zie Deel A, hoofdstuk 4). Het is van belang dat afsluitercontroles uitgevoerd worden volgens het SMART-principe (Vloerbergh en van Thienen, 2010). Voorbeelden van subgroepen zijn: ‘alle afsluiters met een diameter < 300 mm’, ‘alle afsluiters in stedelijk gebied’, ‘alle afsluiters met een effectgetal x groter dan y’.



FIGUUR 3-2 SCHEMA VOOR BEPALEN TOTALE SOM KANS FAALWIJZE 1 'NIET BRUIKBAAR'.

Uit de resultaten van het onderzoek (Deel B) blijkt dat het nuttig is om bij de definitie van subgroepen *tenminste* rekening te houden met de volgende onderscheidende factoren:

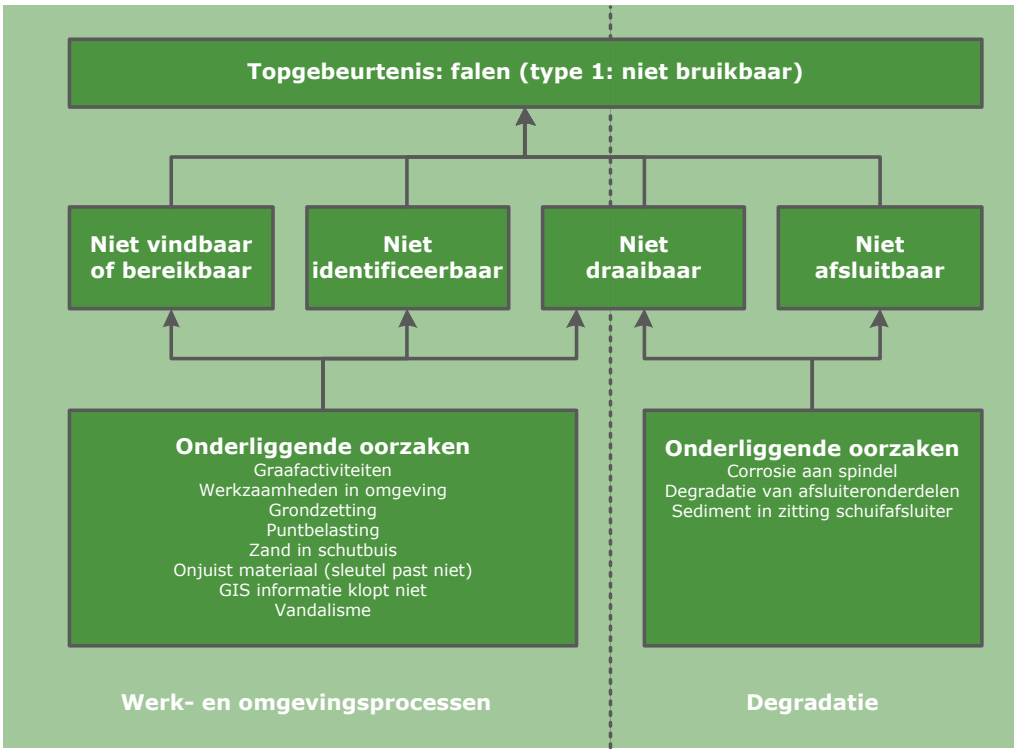
A. Diameterklasse;
B. Materiaal afsluiter;
C. Graafgebieden waarvoor geldt:
   a. Dat er gegraven is in de periode tussen vorige afsluitercontrole (waarbij geen falen geconstateerd is);
   b. Dat er sprake is van de graafwerkzaamheden 'leggen van kabels en leidingen', 'maken van huisaansluitingen' of 'proefsleuven graven'[2].

De faaloorzaken die weergegeven zijn in Figuur 3-2 bestaan uit meerdere onderdelen (bijvoorbeeld niet vindbaar/bereikbaar vanwege onderstrating of de aanwezigheid van rijplaten). Voor deze onderliggende oorzaken (Figuur 3-3, volgende pagina) zijn in te delen in twee klassen:

- Oorzaken die te maken hebben met processen in de omgeving en werkprocessen van de bedrijven zelf;
- Oorzaken die mogelijk te herleiden zijn tot een proces van fysieke degradatie in de tijd.

Voor uitvoeren van beheersmaatregelen is het van belang om deze scheiding in beschouwing te nemen. Hierover meer in de hoofdstukken 2 en 6 van deel A van dit rapport.

[2] Overigens is het per bedrijf (en daarom wellicht ook per regio) verschillend welke graafactiviteiten meer of minder samenhang vertonen met het falen van afsluiters op het niet vindbaar/bereikbaar zijn. Hier zijn de graafactiviteiten gekozen die bij minimaal twee van de drie onderzochte bedrijven aanzienlijk van meer belang waren dan andere graafactiviteiten. Zie deel B, hoofdstuk 3.

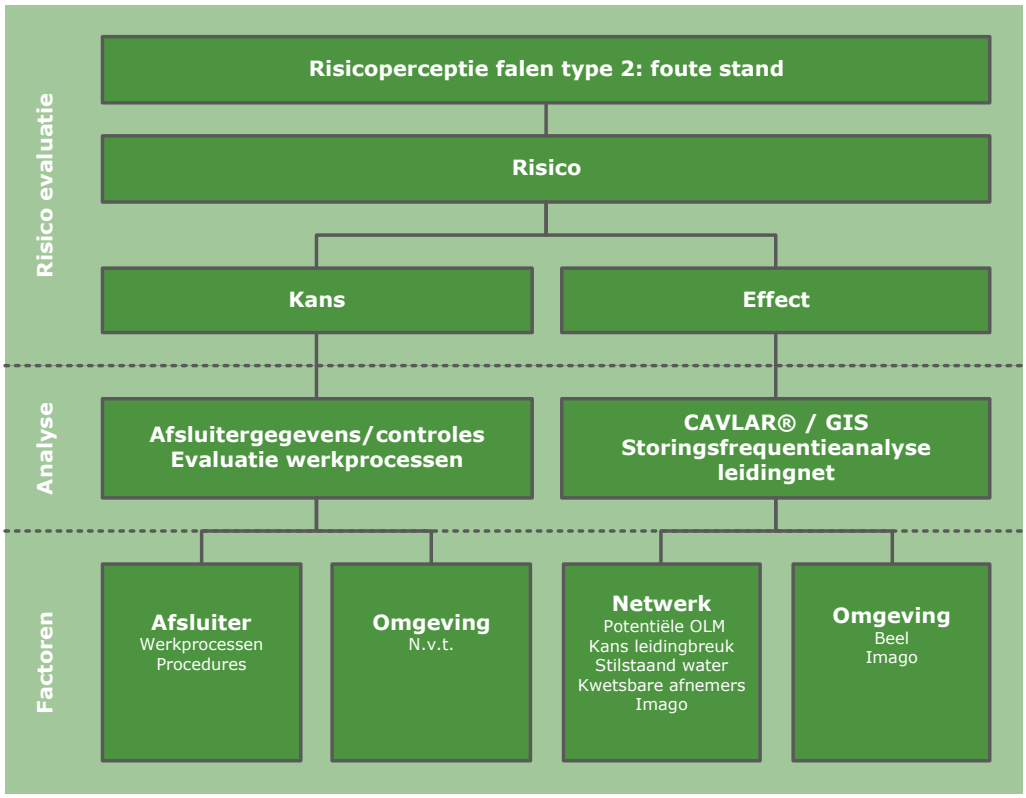


FIGUUR 3-3 FAALBOOM TYPE 1: AFSLUITER NIET BRUIKBAAR.

3.2 Risico faalwijze 2: onjuiste stand

3.2.1 Inleiding

Het risico op het voorkomen van een onjuiste stand van een afsluiter bestaat uit de kans dat een afsluiter gedurende een langere periode ongemerkt in een andere stand dan gewenst staat. Dit kan administratief zijn (de afsluiter is na werkzaamheden wel geopend, maar dit is niet geregistreerd), maar dit ook fysiek zijn (een afsluiter staat dicht, terwijl deze geopend moet zijn bij normaal operationeel functioneren). Dit heeft verschillende directe effecten, waarvan de belangrijkste op het gebied van waterkwaliteit is, namelijk het optreden van stilstaand water in het distributienet. Bij openen van de afsluiter komt zonder maatregelen dit stilstaande water vrij. Daarnaast kunnen er cascade-effecten optreden, wanneer van een andere afsluiter de stand wordt aangepast, waarvan onverwachte OLM de belangrijkste is. Verder hebben onjuiste afsluiterstanden effect op de te verwachten prestatie van sensornetwerken en spuiprogramma's. In dit project zijn vooral de effecten van een onjuiste afsluiterstand gekwantificeerd, de kans op een onjuiste stand is kwalitatief beschouwd.



FIGUUR 3-4 SAMENVATTING: RISICO TYPE 2 'FOUTE STAND' ALS ONDERDEEL VAN KANS EN EFFECT, BEIDE TE BEPALEN MET ONDERLIGGENDE METHODEN WAARIN VERSCHILLENDE FACTOREN EEN ROL SPELEN.

3.2.2 Effect faalwijze 2: onjuiste stand

Het effect van een onjuiste stand kan op verschillende aspecten gekwantificeerd worden:

A. **Waterkwaliteit**: volume stilstaand water, bepaald met behulp van de locatie van de aansluitingen in combinatie met de afstand tot de afsluiter met onjuiste stand en diameter van de leiding. Uit informatie van de drinkwaterbedrijven (workshop, zie Bijlage III) blijkt op deze parameter geen risicoperceptie mogelijk is omdat geen enkele maat (volume) van stilstaand water geaccepteerd is. Deze parameter wordt daarom verder niet meegenomen in deze handleiding.

B. **Potentiële OLM**: CAVLAR analyse waarbij elke afsluiter in een netwerk wordt verwijderd (onterecht dichtstaan), waarna met behulp van de kritische afsluiterberekening het effect op de OLM van het systeem wordt bepaald. Deze methode is ook vergeleken met alleen de kritische afsluiterberekening, dus zonder het verwijderen van afsluiters.

C. **Effect op hydraulica**: effect op volumestromen en drukken door het ten onrechte dicht- of openstaan van een afsluiter. Dit effect kan bepaald worden door gebruik te maken van een hydraulisch model zoals InfoWorks, Synergi of EPANET.

De methoden A en B zijn doorgerekend voor twee modellen, een traditioneel vermaasd netwerk en een vertakt netwerk met veel minder afsluiters. Hieruit is gebleken dat het meenemen van connectiviteit, zoals gebeurt in de CAVLAR berekening een substantieel ander resultaat geeft dan het meenemen van alleen lokale indicatoren. Het voordeel is ook dat effect direct is uitgedrukt in een prestatie-indicator die gebruikt kan worden om het effect van een onjuiste afsluiterstand te vergelijken met andere risico-aspecten, zoals het effect van leidingfalen (ongeplande OLM) en het effect van falende afsluiterstanden. Dit is belangrijk, uit de voorbeeldberekeningen bleek al dat de omvang van het effect van onjuiste

afsluiterstanden t.o.v. falende afsluiters sterk kan verschillen per netwerk en dit is essentieel om het belang van beheer van afsluiters goed te kunnen bepalen. Lokale indicatoren kunnen wel worden gebruikt om de CAVLAR benadering te optimaliseren (bijvoorbeeld door het beperken van het aantal door te rekenen connecties).

Het effect op prestatie van sensornetwerken is substantieel (Summeren *et al.*, 2017), maar is in deze rapportage niet meegenomen. Hier is nog geen methodiek voor beschikbaar. Het effect op spuiprogramma's is moeilijk te kwantificeren, maar wordt als substantieel gerapporteerd vanuit de bedrijven. Niet alleen is er verminderde effectiviteit, maar ook de kans op ongeplande OLM. De verminderde effectiviteit kan wel worden gebruikt voor een analyse op onjuiste standen door vanuit de spuivolumes de aanvoerroutes terug te traceren.

3.2.3 Kans faalwijze 2: onjuiste stand

De kans op een onjuiste stand is in dit project niet expliciet onderzocht. Dit kan wel door de registraties van onjuiste standen van de drinkwaterbedrijven te analyseren. Wel is vanuit de pilots een overzicht te geven:

- Kans uit literatuur (Mesman, 2016): gemiddeld ongeveer 1% (lokaal kan dit hoger zijn)
- Kans uit pilot dit project: ongeveer 1%.

Voor een zuivere bepaling van de faalkans voor foute stand dient dit aspect consequent gerapporteerd te worden (§4.3, deel A). De kans op een onjuiste stand hangt samen met zowel geplande als ongeplande werkzaamheden.

3.3 Afsluitercategorieën

Tabel 3-1 beschrijft een mogelijke indeling in risico-categorieën op basis van locatie van afsluiters in het leiding net in combinatie met de uitkomsten vanuit de risicoanalyse met indeling in één van de vier risicokwadranten in Figuur 2-1. Dit geeft een indeling in zeven categorieën, waarbij het huidige beleid van de meeste drinkwaterbedrijven zich voornamelijk op de rangen 1 en 2 richt. Het effect van falen type 1 (theoretische OLM) is mede afhankelijk van de kans op een leidingbreuk. Deze kans is verdisconteerd in de OLM bepaling met CAVLAR en maakt dus onderdeel uit van de risicobepaling.

TABEL 3-1 RISICOGROEPEN AFSLUITERS GERANGSCHIKT OP EFFECT EN KANS VAN FALEN (ROOD, GEEL GROEN).

Rang	Beschrijving	Effect falen	Kans falen	Acties
1	Afsluiters van strategisch belang, bijv. transportafsluiters, belangrijke afsluiters in het secundaire net of afsluiters nabij BEEL-objecten	• Zeer grote OLM (toename) *En/of* • BEEL objecten in de buurt *En/of* • Secties in de buurt met kwetsbare of belangrijke afnemers	Minder relevant vanwege hoog effect	Effect -en kans-reducerende maatregelen **Indicatie beheertype:** **TAO**
2	Afsluiters voor sturen van stromen in secundair netwerk	**Type 1: niet bruikbaar** • Aanzienlijke OLM (toename) *En/of* • Secties in de buurt met kwetsbare	**Type 1: niet bruikbaar** • Hogere faalkans door ligging in gebied met graafactiviteiten	Effect- en kans-reducerende maatregelen **Indicatie beheertype:** **TAO / ad-hoc**

Rang	Beschrijving	Effect falen	Kans falen	Acties
		afnemers *En/of* **Type 2: foute stand** • Aanzienlijke potentiële OLM	*En/of* **Type 2: foute stand** • Hogere faalkans door recent uitgevoerde werkzaamheden aan het drinkwaternet	
3	Afsluiters voor sturen van stromen in secundair netwerk	**Type 1: niet bruikbaar** • Aanzienlijke OLM (toename) *En/of* • Secties in de buurt met kwetsbare afnemers *En/of* **Type 2: foute stand** • Aanzienlijke potentiële OLM	**Type 1: niet bruikbaar** • Geen factoren voor aanleiding hogere faalkans *En* **Type 2: foute stand** • Geen factoren voor hogere faalkans van toepassing	Effect-reducerende maatregelen indien noodzakelijk **Indicatie beheertype:** **TAO / ad-hoc**
4	Afsluiters voor sturen van stromen in secundair netwerk	**Type 1: niet bruikbaar** • Effect OLM beperkt • Geen secties in de buurt met kwetsbare afnemers *En* **Type 2: foute stand** • Beperkt stilstaand watervolume • Beperkte potentiële OLM	**Type 1: niet bruikbaar** • Hogere faalkans door ligging in gebied met graafactiviteiten *En/of* **Type 2: foute stand** • Hogere faalkans door recent uitgevoerde werkzaamheden aan het drinkwaternet	Kans-reducerende maatregelen indien noodzakelijk **Beheertype:** **TAO / ad-hoc**
5	Afsluiters voor sturen van stromen in secundair netwerk	**Type 1: niet bruikbaar** • Effect OLM beperkt • Geen secties in de buurt met kwetsbare afnemers *En* **Type 2: foute stand** • Beperkte potentiële	Niet relevant wegens laag effect	Geen of beperkte maatregelen **Beheertype:** **SAO / ad-hoc**

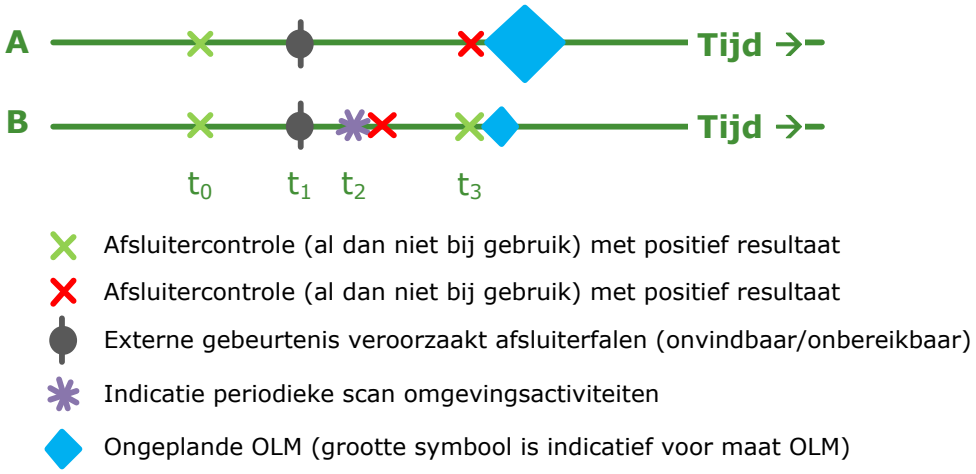
Rang	Beschrijving	Effect falen	Kans falen	Acties
		OLM		
6	'Comfortafsluiters': afsluiters op aftakkende tertiaire leidingdelen: geen functie in sturen van stromen	Verwaarloosbaar	Niet relevant wegens laag effect	Geen of beperkte maatregelen **Beheertype:** **SAO**
7	Afsluiters alleen gebruikt tijdens aanleg van het leidingnet, geen functie voor sturen waterstromen af afsluiting aftakkingen	Verwaarloosbaar	Niet relevant wegens laag effect	Geen maatregelen **Beheertype:** -

N.B. wanneer afsluiters geïdentificeerd worden waarvoor geldt dat zowel effect als kans op falen hoog is en waarvan geldt dat het beheertype TAO niet afdoende is om de kans op falen te reduceren wordt geadviseerd om een modificatie toe te passen (effect-reducerende maatregel; §2.1).

3.4 Interval voor risico-analyse

Voor een aantal stappen uit de analyses die beschreven zijn in hoofdstuk 2 geldt dat de uitkomsten van deze analyses langere tijd 'houdbaar' zijn. Dit betreft met name de effectbepaling (van beide faalwijzen 1 'niet bruikbaar' en 2 'foute stand'). Met andere woorden: zolang de connectiviteit tussen secties niet wijzigt zal de uitkomst van deze analyse ook niet veranderen. Het benodigde analyse-interval van deze analyses is dan ook redelijk lang; alleen in een situatie waarin het leidingnet veranderd is (bijvoorbeeld door het (deels) realiseren van een streefstructuur) of het effect van een specifieke streefstructuur op de OLM bepaald moet worden is het relevant om deze analyse te herhalen.

In tegenstelling tot de effectbepaling geldt voor de kansbepaling dat het nuttig is om deze met enige regelmaat te herhalen. Uitkomsten van analyses (deel B, hoofdstuk 3) laten zien dat er een consistente samenhang is tussen bijvoorbeeld graafwerkzaamheden en het al dan niet vindbaar/bereikbaar zijn van afsluiters. Omdat dergelijke externe actoren continu aanwezig zijn in het leveringsgebied van drinkwaterbedrijven betekent dit ook dat de kans op falen een half jaar na bepaling anders uit kan vallen; afhankelijk van het feit wat er intussen in de publieke ruimte heeft plaatsgevonden. Door de kansbepaling bijvoorbeeld te automatiseren wordt het eenvoudiger om deze periodiek uit te voeren. Op deze manier kan steeds bepaald worden voor welke afsluitercategorieën een afsluitercontrole nuttig kan zijn (met andere woorden: welke afsluiters in Tabel 3-1in de categorieën 2 en 4 vallen). Het nut van een periodieke controle en de dynamische aard van de risicocategorieën 2 t/m 4 uit Tabel 3-1 is hieronder schematisch uitgedrukt (Figuur 3-5).



FIGUUR 3-5 SCHEMATISCHE WEERGAVE NUT PERIODIEKE CONTROLE VOOR AFSLUITERBEHEER.

Het voorbeeld in Figuur 3-5 laat twee tijdlijnen zien voor een afsluiter uit de risicocategorie 3 (Tabel 3-1): 'A' en 'B'. In beide tijdlijnen is bekend dat van een zeker tijdstip t_0 bekend is dat de betreffende afsluiter functioneerde. Op tijdstip t_1 vind een externe gebeurtenis plaats waardoord de afsluiter niet meer bereikbaar is. Op tijdstip t_3 ontstaat er in de aanliggende sectie een leidingbreuk, waardoor de afsluiter nodig is voor isolatie. Nu blijkt dat de afsluiter niet bereikbaar is, wat leidt tot een sterke verhoging van de OLM.

In tijdlijn B wordt op tijdstip t_2 een periodieke scan uitgevoerd waaruit blijkt dat er in de omgeving activiteiten zijn geweest waarvan bekend is dat deze een relatief sterke samenhang hebben met het falen van afsluiters op bereikbaarheid (bijv. het leggen van kabels en leidingen, zie deel B, hoofdstuk 3). De afsluiter verschuift hierdoor van risicocategorie 3 naar categorie 2. Vervolgens wordt een preventieve afsluitercontrole uitgevoerd, waaruit blijkt dat de afsluiter niet bereikbaar is door onderstrating. Het probleem wordt verholpen. Wanneer op t_3 een leidingbreuk plaatsvindt blijft de OLM beperkt omdat de afsluiter werkt.

4 Acquisitie en kwaliteitsborging van gegevens

4.1 Toelichting en status

Voor het beheer van afsluiters in de toekomst is vastlegging van digitale gegevens van groot belang. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van gegevens die nuttig zijn om vast te leggen als het gaat om: (1) afsluiters en (2) afsluitercontrole. De tabellen in dit hoofdstuk moeten gezien worden als een aanzet voor discussie bij een verdere uitwerking in de vorm van bijvoorbeeld een Praktijkcode Drinkwater (PCD).

Verder worden aanbevelingen gedaan voor het verbeteren van de kwaliteit van gegevens op basis van de Praktijkcode Drinkwater (PCD) 9 'Uniforme Storingsregistratie'.

4.2 Informatiemodel afsluiters

Ten aanzien van afsluiters wordt aanbevolen om *tenminste* de volgende gegevens (attributen) per afsluiter vast te leggen. Voor attributen met een * wordt geadviseerd om deze te laten verifiëren tijdens afsluitercontroles.

TABEL 4-1 INFORMATIEMODEL AFSLUITERS.

ATTRIBUUT	BESCHRIJVING	
1. ALGEMENE GEGEVENS		
1a. Locatie*	X en Y coördinaten van locatie van de afsluiter. • numeriek in meters - eventueel komma's indien vanuit LIS in cm nauwkeurig (projectie: RD stelsel)	
1b. ID-nummer	Uniek identificatienummer afsluiter • numeriek	
2. KENMERKEN AFSLUITER		
2a. Materiaal afsluiter*	Selectie uit de meest voorkomende materialen • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	MAT_GG	Grijs gietijzer
	MAT_NG	Nodulair gietijzer
	MAT_ST	Staal
	MAT_PVC	Polyvinylchloride (PVC)
2b. Diameter*	Diameter van afsluiter • numeriek, in mm	

ATTRIBUUT	BESCHRIJVING	
2c. Aanlegjaar	Aanlegjaar van afsluiter • numeriek	
2d. Leidingnettype	Leidingnet waar afsluiter onderdeel van uitmaakt. • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	AANSLUITLEIDING	Onderdeel van aansluitleiding (bijv. dienstkraan)
	TERTIAIR	Tertair net (afsluiting aftakking van secundair net)
	SECUNDAIR	Secundair net (sturen van stromen)
	PRIMAIR	Transportnet (sturen van stromen, afsluiting aftakkingen)
2e. Leidingnet materiaal	Leidingnet waar afsluiter onderdeel van uitmaakt. • selectie • te bepalen voor beide zijden van de afsluiter	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	MAT_GG	Grijs gietijzer
	MAT_NG	Nodulair gietijzer
	MAT_AC	Asbest-cement
	MAT_ST	Staal
	MAT_PVC	Polyvinylchloride (PVC)
	MAT_PVCV	Verstrekt PVC
	MAT_PE80	Polyetheen, MRS10-waarde 80
	MAT_PE100	Polyetheen, MRS10-waarde 100
	MAT_PE100RC	Polyetheen, MRS10-waarde 100 (crack resistant)
	MAT_PE_AND	Polyetheen, MRS10-waarde <80 of onbekend
	MAT_BET	Beton
	MAT_GVK	Glasvezel versterkt kunststof
	MAT_AND	Anders, nl…
2f. Producent	Naam van producent van de afsluiter • tekst	
2g. Batch	Batchnummer van productiebatch waartoe afsluiter behoort • tekst	
3. BELANG AFSLUITER		
3a. Kans faalwijze 1	• numeriek, waarde tussen 0 en 1.	
3b. Effect faalwijze 1	Toename OLM bij falen afsluiter • numeriek	
3c. Effect faalwijze 2	Potentiële OLM bij gesloten situatie • numeriek	

ATTRIBUUT	BESCHRIJVING	
3d. Belang	Belang van afsluiter • numeriek • afhankelijk van beoordeling faalrisico door individueel bedrijf • hiervoor kan ook de eerder genoemde klasse-indeling (rangnummer) uit Tabel 3-1 gebruikt worden	
3e. Inspectiefrequentie	Inspectie interval: aantal jaren tussen afsluiterinspecties • numeriek • zie Deel A: Hoofdstuk 6 voor aanbevelingen t.a.v. de inspectiefrequentie	
4. STAND AFSLUITER		
4a. Stand normaal	Uitgangspositie (stand) waarin afsluiter hoort te staan wanneer de afsluiter niet in gebruik is (d.w.z. er geen werkzaamheden zijn). • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	OPEN	Afsluiter staat open
	HALF	Afsluiter staat half open
	DICHT	Afsluiter staat dicht
4b. Stand actueel	Actuele stand (kan afwijken van uitgangspositie vanwege bijv. spuiwerkzaamheden) • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	OPEN	Afsluiter staat open
	HALF	Afsluiter staat half open
	DICHT	Afsluiter staat dicht
4c. Stand laatste wijziging	Datum en tijd waarop afsluitercontrole uitgevoerd is • YYYY-MM-DD HH:MM:SS	

4.3 Informatiemodel afsluitercontrole

Ten aanzien van afsluitecontroles wordt aanbevolen om *tenminste* de volgende gegevens (attributen) per afsluiter vast te leggen (Tabel 4-2). Deze tabel is gebaseerd op Vloerbergh en van Thienen (2010) en bestaande controleprotocollen van verschillende drinkwaterbedrijven. Uitgangspunten hierbij zijn:

- Focus op het stellen van objectieve vragen aan de monteur en eenduidige antwoordopties.
- Er worden geen attributen geregistreerd die in praktijk slecht scoren op reproduceerbaarheid/herhaalbaarheid en/of waarvoor geldt dat deze ook (evt. achteraf) te koppelen zijn op basis van externe gegevensbronnen.
- Vastlegging van acties: Voor het beheer van afsluiters is voor de beheerder van belang te weten welk actie uitgevoerd is. Daarom dient de monteur, bij geconstateerd falen, bevraagd te worden of deze een actie uitgevoerd heeft. Wanneer dit het geval is kan achter het geconstateerde falen de opmerking '(opgelost)' geplaatst worden, waarmee de attribuutwaarde zowel het constateerde falen als de uitgevoerde actie representeert.
- Afhankelijkheid van faaloorzaken: Wanneer geconstateerd is dat de afsluiter onvindbaar is dient het onmogelijk te zijn dat de rest van de registratie verder ingevuld wordt.

- Het is van belang dat afsluitercontroles uitgevoerd worden volgens het SMART-principe (Vloerbergh en van Thienen, 2010).

TABEL 4-2 INFORMATIEMODEL AFSLUITERCONTROLES.

ATTRIBUUT	BESCHRIJVING	
1. ALGEMENE GEGEVENS		
1a. ID-nummer	Uniek identificatienummer afsluiter • numeriek	
1b. Datum en tijd	Datum en tijd waarop afsluitercontrole uitgevoerd is • YYYY-MM-DD HH:MM:SS	
1c. Locatie	X en Y coördinaten van locatie van de afsluiter zoals bepaald door monteur (ter controle afsluiterbestand) • numeriek	
1d. Type werk	Context waarbinnen afsluitercontrole plaats vindt • selectie	
	INSPECTIE	Inspectie: afsluitbaarheid kan niet gecontroleerd worden.
	SPUIEN	Tijdens spuiwerkzaamheden
	ONGEPLAND WERK	Bij ongeplande reparaties (t.g.v. lekkage waterleiding)
	GEPLAND WERK	(proef)sluiting voor gepland werk: reconstructie, sanering
2. FUNCTIONEREN AFSLUITER		
2a. Vindbaar en bereikbaar	Is de afsluiter vindbaar en bereikbaar? • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	JA	Afsluiter is vindbaar en bereikbaar
	ONVINDBAAR	Afsluiter in het geheel niet vindbaar
	ONDER BEGROEIING	Afsluiter niet bereikbaar wegens begroeiiing
	ACHTER HEK	Afsluiter niet bereikbaar door gesloten hek
	ONDER AUTO	Afsluiter niet bereikbaar door geparkeerde auto
	ONDER RIJPLATEN	Afsluiter niet bereikbaar wegens rijplaten
	ONDER VERHARDING	Afsluiter niet bereikbaar door onderstrating
2b. Identificeerbaar	Is de afsluiter te identificeren? (kloppen digitale gegevens) • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	JA	Afsluiter is identificeerbaar
	ONTBREEKT	Geen identificatiemiddel aanwezig
	ONLEESBAAR	Identificatiemiddel onleesbaar
	NR NIET CONFORM GIS	Afsluiternummer niet conform GIS
	GIS POSITIE ONJUIST	Ligging afsluiter niet conform GIS (niet binnen straal 1 meter)

ATTRIBUUT	BESCHRIJVING	
2c. Straatpot	Is de straatpot in goede staat? • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	JA	De straatpot is in goede staat en is te openen
	NIET TE OPENEN	Staatpot is niet te openen
	VUIL	De straatpot is geblokkeerd met vuil of bodemmateriaal
	SCHEEF	De straatpot is scheef (t.o.v. de spindel)
	KAPOT	De straatpot is kapot
2d. Spindel	Staat van de spindel en draaibaarheid van de afsluiter • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	JA	Afsluiter is draaibaar
	DRAAIT NIET	Afsluiter draait niet
	DRAAIT ZWAAR	Afsluiter draait zwaar
	DRAAIT DOL	Afsluiter draait dol
	SPINDEL LOS	Spindel los
	SPINDEL KROM	Spindel is krom
	SPINDEL TE KORT	Spindel is te kort
	SPINDEL TE LANG	Spindel is te lang
2e. Pakking	Is de pakking in orde? • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	JA	Pakking is in orde
	LEKT	Pakking lekt
	ONBEKEND	Staat van pakking is niet bekend/gecontroleerd
2f. Afsluitbaar	Is de afsluiter te identificeren? • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	JA	Afsluiter is afsluitbaar
	NEE	De afsluiter is (onvoldoende) afsluitbaar (resterend debiet niet te verwerken door pomp monteur)
	ONBEKEND	Afsluitbaarheid is niet getoetst
3. STAND		
4a. Stand actueel	Actuele stand zoals aangetroffen door monteur • selectie	
	Attribuutwaarden	**Verklaring**
	OPEN	Afsluiter staat open
	HALF	Afsluiter staat half open
	DICHT	Afsluiter staat dicht
	ONBEKEND	Stand niet te achterhalen
4. ACTIES		

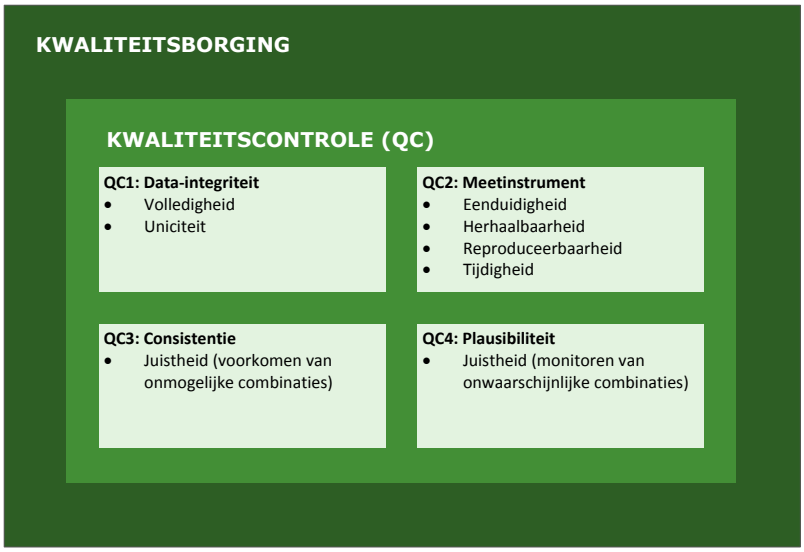
ATTRIBUUT	BESCHRIJVING	
4a. Uitgevoerde actie	Door monteur uitgevoerde actie op locatie • selectie	
	Attribuutwaarden *GEEN* *REPARATIE*	**Verklaring** Geen uitgevoerde actie, afsluiter in orde Gerapporteerd falen is verholpen: toevoeging '(OPGELOST)' door systeem aan gerapporteerde attribuutwaarde(n) bij onderdeel 2.
4b. Vervolgactie	Benodigde vervolgactie na vertrek monteur bij locatie • selectie	
	Attribuutwaarden *REPARATIE* *VERVANGING*	**Verklaring** (vervolg)reparatie noodzakelijk Vervanging van afsluiter noodzakelijk

4.4 Kwaliteitsborging van afsluitergegevens

De ervaringen uit het project (o.a. weergegeven in Deel B, Hoofdstuk 2) blijkt dat er, wat betreft de gegevensacquisitie over afsluiters (afsluitercontroles) veel parallellen zijn met de registratie van storingen. Over het proces van storingsregistratie zijn binnen het project *Naar een uniforme kwaliteit van USTORE* afspraken en methoden vastgelegd in de Praktijkcode Drinkwater (PCD) 9 'Uniforme Storingsregistratie' (Beuken en Moerman, 2017). Het in de PCD 9 beschreven kader voor kwaliteit van storingsgegevens (PCD 9: Hoofdstuk 7) is bruikbaar voor de gegevensacquisitie voor het beheer van afsluiters.

Parameters voor het meten van gegevenskwaliteit zijn (a) volledigheid, (b) uniciteit, (c) eenduidigheid, (d) herhaalbaar/reproduceerbaarheid en (e) tijdigheid. Voor een nadere uitwerking van deze termen wordt verwezen naar de PCD 9.

De kwaliteit van gegevens kan gemeten c.q. ingeschat worden door het uitvoeren van kwaliteitscontroles (quality control: QC). In navolging van reeds bestaande kaders voor de uitvoering van datakwaliteitscontrole worden vier QC's onderscheiden waarin de verschillende kwaliteitsparameters terug te vinden zijn (Figuur 4-1). Deze QC's kennen een oplopend niveau van controle.



FIGUUR 4-1 ASPECTEN VAN KWALITEITSCONTROLE VAN DIGITALE GEGEVENS (BEUKEN EN MOERMAN, 2017)

- **Data-integriteit**: Dit betreft de integriteit van de gegevens zelf: zijn de afsluitergegevens volledig? Zijn registraties van afsluitercontroles uniek?
  Praktijkvoorbeeld 1: uit het onderzoek (deel B) is gebleken dat bij sommige bedrijven eigenschappen van afsluiters (zoals aanlegjaar) zeer beperkt beschikbaar zijn. Dit maakt de data onvolledig.
  Praktijkvoorbeeld 2: huidige afsluiterregistraties laten zien dat niet alle registraties uniek zijn, zo is ongeveer 3-6% (varieert per bedrijf) van alle registraties niet uniek.

- **Meetinstrument**: In dit aspect wordt gecontroleerd of de meting 'an sich' voldoet aan de gestelde normen. In het geval van de registratie van storingen is het meetinstrument in feite de monteur of de analist die data toevoegt of controleert. De controle betreft hier de kwaliteit van de registratie door de monteur en de wijze van correctie. De onderdelen herhaalbaarheid, reproduceerbaarheid en tijdigheid spelen hier een rol.
  Praktijkvoorbeeld 1: registraties van afsluitergegevens laten zien dat het verschil tussen 'vindbaarheid' en 'bereikbaarheid' voor monteurs niet altijd duidelijk is (niet eenduidig). Dit leidt tot een verminderde herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van resultaten.
  Praktijkvoorbeeld 2: uit gesprekken tijdens de workshop bleek dat onjuiste systeeminformatie betreffende de stand van de afsluiter (in praktijk goed, in assetdatabase fout) veroorzaakt wordt omdat registraties niet altijd direct uitgevoerd worden (tijdigheid).

- **Consistentie**: Consistentie betekent dat er geen sprake is van fysische onmogelijkheden of gegevens die onderling in tegenspraak zijn. In het geval van afsluiterregistraties betreft dit vooral onmogelijke combinaties van gegevens.
  Praktijkvoorbeeld 1: Afsluiter met een diameter die afwijkt van de diameter van het leidingnet waar de afsluiter geplaatst is.
  Praktijkvoorbeeld 2: afsluiterregistratie waarin gerapporteerd wordt dat een afsluiter afsluitbaar is terwijl dit tijdens de betreffende controle helemaal niet gecontroleerd is omdat dit bijvoorbeeld een inspectie betrof en geen daadwerkelijke proefsluiting.

- **Plausibiliteit**: Bij het controleren op plausibiliteit wordt nagegaan hoe waarschijnlijk een waargenomen waarde is. De waarschijnlijkheid is te toetsen door deze waarde te vergelijken met andere gegevens of expertkennis. Het nadeel van deze QC is in tegenstelling tot QC3, dat de uitkomst niet absoluut is. Het constateren van een uitzonderlijk gegeven (‘outlier’) betekent niet per se dat deze waarde onjuist is. Het is echter wel nuttig om deze outliers te detecteren, deze extra te controleren en na te gaan of deze in bepaalde gegevenssets vaker voorkomen.

Op basis van uitkomsten van kwaliteitscontroles kunnen gegevens gelabeld worden om zo betrouwbaardere gegevens te kunnen onderscheiden scheiden van gegevens die minder betrouwbaar zijn.

Voor een verder uitwerking van de kwaliteitscontrole van gegevens wordt verwezen naar de PCD 9.

5 Overwegingen

Levenscyclus
Een beheerplan dat aansluit bij NEN-ISO serie 55000 beslaat de hele levenscyclus van een asset, dat wil zeggen van realisatie tot en met einde levensduur. Dit betekent dat onderhoud maar één aspect is. In totaal beslaat het beheerplan afwegingen over:

- De inkoop van afsluiters: Wat zijn de prestatie-eisen? Denk hierbij aan levensduur, functioneren, slijtage e.d. Dit was ook een opmerking tijdens de workshop van 4 december 2017. De vraag is dan: welke eisen kan de drinkwatersector stellen aan afsluiters en hoe kunnen leveranciers deze functie-eisen garanderen? Op dit moment zijn hier geen criteria voor, waardoor het lastig is om te bepalen in hoeverre duurdere afsluiters daadwerkelijk beter zijn. In de praktijk leidt dit ertoe dat er door inkoopafdelingen vrijwel alleen op kosten gestuurd wordt.
- De locatie van afsluiters in het netwerk: door deze te optimaliseren, kan het aantal afsluiters worden geminimaliseerd, waardoor minder beheer noodzakelijk is en er meer budget is voor betere afsluiters.
- Onderhoud van de aanwezige afsluiters volgens de indeling in risicocategorieën.
- Ontmanteling van afsluiters aan het einde van de levensduur of anderszins afgekeurd door beheerkosten t.o.v. de gerepresenteerde waarde. Het kan een keuze zijn om afgekeurde afsluiters actief te verwijderen of als onderdeel van de sanering van andere assets (bv. leidingen).

Relatie tussen inspectiefrequentie en falen
In de doelstelling is aandacht besteed aan de relatie tussen inspectiefrequentie en de kans op falen van afsluiters. In de praktijk is deze relatie niet zuiver vast te stellen. Dit komt doordat inspectiefrequenties bij verschillende bedrijven (recentelijk) gewijzigd zijn. Er is dus geen consistent beleid over de lange termijn (10-20 jaar) waarop resultaten gebaseerd kunnen worden.

Omdat er op basis van de onderzochte afsluiters geen duidelijke relatie is tussen de tijd en de afname van draaibaarheid lijkt het (tot het tegendeel blijkt) niet zinvol om afsluiters regelmatig (dat wil zeggen, bijvoorbeeld iedere 5 jaar) te draaien. Hierbij moet wel bedacht worden dat de kans op falen door externe effecten (waardoor een afsluiter bijvoorbeeld niet meer bereikbaar is) toeneemt met de tijd. Om deze reden kan het zinvol blijven om relevante afsluiters vaker te controleren. Zeker wanneer er sprake is van graafwerkzaamheden waarvan blijkt dat deze vaker falen op vindbaar-bereikbaarheid veroorzaken, zoals het leggen van kabels en leidingen (§3.4.4, deel B).

Afsluiters voor gebiedsscheiding (DMA's)
De voorgestelde methodiek ten aanzien van faalwijze 2 'foute stand' heeft als focus afsluiters met een onbedoeld dichte stand. Er is momenteel een trend richting de inrichting van het leidingnet met (meer) DMA's (District Metered Areas). Dit zou kunnen betekenen dat in de toekomst ook steeds meer afsluiters onbedoeld open kunnen staan. Het meest directe effect hiervan is dat de volumestroommeters in een DMA geen sluitende waterbalans geven. Door deze waterbalans te monitoren komen kunnen dergelijke afsluiters geïdentificeerd worden (van Thienen, 2013; van Thienen en Agudelo-Vera, 2014).

6 Implementatie en aanbevelingen

6.1 Afsluiterbeheer

Er is een stappenplan opgesteld op basis van (1) de huidige praktijk, (2) behoefte aan informatie over afsluiter(prestatie), (3) eerder onderzoek en (4) de uitkomsten van dit onderzoek. Het ontwikkelde stappenplan is een eerste stap naar een volledig op risico gebaseerd beheer van afsluiters en is onderdeel van een PDCA-cylus voor beheer van afsluiters. Er wordt aanbevolen deze methodiek te implementeren en op een later tijdstip (na één gehele PCDA cyclus) te evalueren en gezamenlijk verbeteringen aan te brengen en deze vast te leggen in een Praktijkcode Drinkwater (PCD) Afsluiterbeheer (zie verder in §6.4).

Het stappenplan, zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, is generiek. Er zijn echter wel aspecten die tot verschillende implementaties van het bovengenoemde stappenplan kunnen leiden voor bijvoorbeeld een bedrijf of een specifieke regio binnen een bedrijf:

1. Saneringsprioritering: in een gebied dat op de lijst staat om gesaneerd te worden zullen andere accenten in beheer liggen dan in andere gebieden:
    a. Sanering biedt kansen voor een integrale aanpak, zie punt 1. Door afsluiters expliciet mee te nemen als onderdeel van de sanering, kan het netwerk worden geoptimaliseerd en het beheer in het vernieuwde netwerk worden verbeterd.
    b. In gebieden waar gesaneerd is zullen wellicht vaker storingen van leidingen (lekkages) voorkomen met een groter risico op extra OLM door niet werkende afsluiters of afsluiters in afwijkende stand.
    c. Er zijn meer werkzaamheden, dus is men vaker in de buurt van afsluiters (waarbij storingsgericht en/of situationeel onderhoud meer voor de hand ligt).
    d. Het inzetten van alternatieve methoden voor het afsluiten, bijvoorbeeld een blaas.
2. Hoog risico omgeving: als afsluiters in een omgeving liggen die vanuit bijvoorbeeld een BEEL-analyse al als hoog risico is benoemd, dan is het niet nodig om een complete risicoanalyse te maken op deze afsluiters. Het effect op de hoog risico omgeving is dan dusdanig dat aangenomen mag worden dat ze in het hoogste risicokwadrant zullen vallen (bijvoorbeeld afsluiters van BEEL-leidingen).

6.2 Afsluitergegevens

Ten aanzien van de beschikbare gegevens voor afsluiters wordt de individuele bedrijven aanbevolen om, zoals voorgesteld in §4.4, te onderzoeken hoe gegevens van afsluiters verbeterd en betrouwbaarder gemaakt kunnen worden. Dit is noodzakelijk om tot een betrouwbare risico-analyse te komen. Zo bevatten afsluiters bij sommige bedrijven nog veel onbekende waarden op bijvoorbeeld aanlegjaar; een attribuut waarvoor, op basis van andere informatiebronnen zoals de BAG of het leidinginformatiesysteem (LIS) betere gegevens beschikbaar zijn of schattingen gemaakt kunnen worden. Ook blijkt dat gegevens uit afsluitercontrolesoftware relatief veel dubbelingen bevatten (3-6%). Technisch (softwarematig) gezien is het eenvoudig om dubbelingen te voorkomen of achteraf te corrigeren.

6.3 Afsluitercontroles

Wat betreft afsluitercontroles worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Controle welke gegevens op dit moment door bedrijfsspecifieke software vastgelegd worden, en of dit voldoende is om te komen tot een verbeterd afsluiterbeheer (zie hoofdstuk 4, deel A).
- Heroverweging van bestaande inspectie-intervallen en werkprocedures:
    - De uitkomsten van het onderzoek geven geen aanleiding tot de conclusie dat de draaibaarheid van afsluiters eenduidig (bijv. lineair of exponentieel) afneemt in een periode van 5 – 10 jaar. Verder blijkt dat afsluiters na éénmaal geheel dicht- en opengedraaid te zijn in bijna alle gevallen weer geheel gangbaar zijn, onafhankelijk van het moment wanneer dit gedaan wordt (na 2 jaar, na 8 jaar, etc.). Daarom wordt aanbevolen om het inspectie-interval niet zozeer te baseren op de verminderde draaibaarheid, maar op de kans op falen wegens niet vindbaar-bereikbaarheid door activiteiten van derden (afhankelijk van het faalrisico van de afsluiter). Omdat bedrijven aangeven dat een proefsluiting tijdens inspectie (wanneer dus geen sprake is van werkzaamheden) niet gewenst is wordt aanbevolen om deze afsluitercontroles alleen droog uit te voeren, dus zonder controle van draaibaarheid en afsluitbaarheid.
    - Omdat het aanvangsmoment niet per definitie representatief is voor het geheel afsluitbaar zijn van de afsluiter wordt aanbevolen om de draaibaarheid alleen te controleren door het *geheel* sluiten en openen van de afsluiter. Het wordt aanbevolen om dergelijke 'natte' controle uit te voeren bij alle werkzaamheden waarbij de afsluiter geheel gesloten wordt (gepland, ongepland, spuien).
- Monitoring van effecten van graafwerkzaamheden op prestatie afsluiters: treden er verbeteringen op door verdergaande implementatie van wet WION? (beschrijving situatie in dit rapport (Deel B: Hoofdstuk 3 biedt momentopname).

6.4 Kennisopbouw

6.4.1 Werkgroep afsluiterbeheer / aanstellen specialisten

Afsluiters zijn voor alle drinkwaterbedrijven van belang. Gezamenlijke kennisopbouw over dit onderwerp is dan ook waardevol. Uit dit onderzoek is gebleken dat de beleidskeuzen voor afsluiterbeheer per bedrijf sterk verschillen (Deel B, Hoofdstuk 2). Uitkomsten laten zien dat bedrijven van elkaar kunnen leren op dit vlak. Uitwisseling van kennis rond dit onderwerp is dus nuttig. Er wordt daarom aanbevolen om het onderwerp afsluiterbeheer op te pakken in een werkgroep onder regie van het Platform Bedrijfsvoering. De opzet van een dergelijke werkgroep is ook van belang voor:

- De implementatie van dit onderzoek. De beoogde werkgroep kan (bijvoorbeeld door de ontwikkeling van een Praktijkcode Afsluiterbeheer) verder werken aan de praktische inzet van het in Deel A van dit rapport voorgestelde stappenplan voor afsuiterbeheer in de praktijk.
- Borging van (praktijk)kennis over afsluiters. Afsluiters zijn belangrijk voor het functioneren van het leidingnet. Uitkomsten van de workshop (Bijlage III) laten zien dat kennis over afsluiters bij een relatief kleine groep mensen berust en dat kennis van afsluiters een zeer specifieke kennisdiscipline binnen de bedrijven is. Er zijn binnen de gehele watersector daarom weinig personen die het gehele kennisveld van afsluiters (praktisch/technische kennis en beheerkennis) overzien. Een bedrijfsoverstijgende werkgroep van specialisten (waarin niet noodzakelijk elk bedrijf vertegenwoordigd is) kan helpen om de kennis van afsluiters binnen de gehele watersector te borgen voor de toekomst en eventueel als vraagbaak te dienen voor inhoudelijke vragen over afsluiters/afsluiterbeheer.

- Ingaan op praktische afwegingen bij de implementatie van dit onderzoek. Het gaat dan om vragen als: 'hoe weeg ik het belang van afsluiters in het gehele assetmanagement van het leidingnet?' en 'welk risico is acceptabel'?
- Beter grip krijgen op de grote verschillen tussen de uitkomsten van sommige analyses. Op het onderzoek was meestal niet te achterhalen hoe sommige grote verschillen tussen bedrijven inzake afsluiterfalen verklaard kunnen worden.

6.4.2 Uniformering werkwijze/registratie

Een verdere uniformering van de registratie van afsluitergegevens en afsluitercontroles is een basis voor een betere kennisopbouw van falen van afsluiters. Vanuit het USTORE programma (workshop Uniforme Storingsregistratie d.d. 31 oktober 2017) blijkt er interesse voor het uniform[3] registreren van afsluitercontroles door de Nederlandse drinkwaterbedrijven.

6.4.3 Monitoring afsluitercohorten

Vanwege het feit dat – op basis van dit onderzoek – een tijdsafhankelijkheid van de draaibaarheid bevestigd noch ontkend kan worden wordt aanbevolen om verschillende groepen afsluiters te monitoren voor verdere kennisopbouw over een zinvol inspectie-interval. Een dergelijke monitoring is mogelijk met afsluitersleutels die het moment kunnen meten. Naar verwachting komen er op relatief korte termijn ook afsluitersleutels op de markt die zowel het draaimoment kunnen meten alsook een geluidsmeting uit kunnen voeren om de afsluitbaarheid te toetsen (zonder daarbij het leidingnet open te hoeven breken).

6.5 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De volgende aanbevelingen worden gedaan voor vervolgonderzoek:

- In dit onderzoek is ingegaan op mogelijke effecten van graafwerkzaamheden op het falen van afsluiters. Naast graafwerkzaamheden zijn er ook andere activiteiten in de omgeving die kunnen leiden tot afsluiterfalen, zoals het falen op identificeerbaarheid onderhoud aan groenvoorziening. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken of
- Onderzoek naar de samenhang tussen waargenomen meetreeksen (draaimoment) en specifieke faalmechanismen zoals een kromme spindel, vuil in de zitting/geleiding of corrosie op de draadspil. Een dergelijk onderzoek gaat de komende tijd lopen in Duitsland. Het wordt aanbevolen om de uitkomsten hiervan te achterhalen en te onderzoeken in hoeverre deze bruikbaar zijn voor de Nederlandse situatie.
- Voor kennisopbouw over kwaliteit van afsluiters wordt aanbevolen om in een meer praktische studie – met een groep van experts van drinkwaterbedrijven – vast te leggen op welke manier een afsluiter van een bepaalde fabrikant c.q. batch beoordeeld kan worden op uiterlijk en binnenwerk. Een dergelijk onderzoek levert argumenten voor het – al dan niet – aanschaffen van afsluiters die mogelijk duurder zijn, maar ook een meetbaar betere kwaliteit hebben op basis van visuele beoordeling.

[3] Dit wil nog niet zeggen dat gegevens ook *centraal* geregistreerd worden, zoals dit nu gebruikelijk is in USTORE voor storingen van waterleidingen.

DEEL B – ACHTERGRONDEN

1 Toelichting

1.1 Onderdelen Deel B

In Deel A van dit rapport zijn de bevindingen van het BTO-onderzoek 'Optimaal Afsluiterbeheer' en eerder uitgevoerd onderzoek samengevat in een handleiding voor informatievoorziening en beleid voor afsluiterbeheer. Deel B beschrijft de technische aspecten die onderzocht zijn om een onderbouwing te geven aan de methodiek die beschreven is in deel A. Tijdens dit onderzoek is gefocust op de volgende onderdelen, in aanvulling op reeds bestaande methoden:

- **Hoofdstuk 2: Huidige situatie afsluiterbeheer**
  Op basis van een enquête die in het voorjaar van 2016 door vrijwel alle bedrijven ingevuld is wordt een beeld geschetste van het huidige afsluiterbeheer bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven.

- **Hoofdstuk 3: Faalkans en invloed omgeving**
  Drie bedrijven hebben gegevens van afsluiters en afsluitercontroles en KLIC-gegevens aangeleverd voor dit onderzoek. Met deze gegevens zijn verschillende relaties onderzocht, waaronder de mogelijke invloed van graafwerkzaamheden van derden op het niet vindbaar/bereikbaar zijn van afsluiters.

- **Hoofdstuk 4: Meting draaibaarheid**
  De draaibaarheid van afsluiters is een belangrijke argument voor de bepaling van een specifiek interval voor afsluitercontrole. Om de draaibaarheid van afsluiters objectief vast te leggen is gebruik gemaakt van een afsluitersleutel die het draaimoment kan meten. De uitkomsten van dit onderzoek vergroten de kennis van de draaibaarheid c.q. het gangbaar maken van afsluiters en helpen zo bij de keuze voor een controle-interval.

- **Hoofdstuk 5: Bepaling effect afsluiter in foute stand**
  In eerder onderzoek is de basis gelegd voor de CAVLAR-methodiek: het kwantificeren van de OLM toename door het falen van afsluiters (Trietsch en Schaap, 2006). Het effect van een afsluiter die verkeerd staat is tot op heden niet onderzocht. In dit hoofdstuk worden verschillende prestatie-indicatoren beschreven om dit effect te kwantificeren.

1.2 Focus onderzoek

Gezien de uitgangspunten in het projectplan van het BTO-onderzoek 'Optimaal Afsluitebeheer' ligt de focus van dit onderzoek op de afsluiters in het distributienet. Hier ligt de grootste onderzoeksbehoefte als het gaat om prioritering van afsluiters en afsluiterbeheer. Ter bevordering van de eenduidigheid van de uitkomsten van analyses zijn voor hierna beschreven analyses alleen schuifafsluiters in beschouwing genomen.

2 Huidige situatie afsluiterbeheer

2.1 Uitkomsten enquête en gesprekken

In het voorjaar van 2016 is naar alle BTO-participanten een enquête gestuurd met als doel een beeld te krijgen van het huidige afsluiterbeheer bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven (zie Bijlage IV voor de enquête). Deze enquête is door acht bedrijven ingevuld. Naast deze enquête zijn met medewerkers van vrijwel alle bedrijven individuele gesprekken gevoerd over het afsluiterbeleid. Afsluiters worden in vier situaties gecontroleerd:

A. Preventief (inspectie);
B. Bij spuiwerkzaamheden;
C. Voorafgaand of tijdens geplande werkzaamheden: proefsluiting (renovatie en sanering);
D. Tijdens ongeplande werkzaamheden (reparaties).

De activiteiten A t/m D zijn afsluiter*handelingen*: dit zijn alle situaties waarin gebruik gemaakt wordt van een afsluiter. Wanneer sprake is van een afsluiter*controle* wordt, naast het uitvoeren van de werkzaamheden zelf, gerapporteerd of de afsluiter aan de functie-eisen (vindbaar/bereikbaar, draaibaar, etc.) voldoet. Hieronder is puntsgewijs een beeld weergegeven van de belangrijkste uitkomsten van de enquête en de gevoerde gesprekken.

- Alle drinkwaterbedrijven voeren afsluitercontroles uit. De mate waarin dit gebeurt verschilt sterk per bedrijf. Slechts enkele bedrijven (2 van de 8) registreren op dit moment alle handelingen aan afsluiters. Grofweg kunnen in de huidige situatie de volgende vormen van beleid rondom afsluitercontroles onderscheiden worden:
    - Alleen afsluitercontroles ter voorbereiding van geplande werkzaamheden (type C).
    - Alleen reguliere afsluitercontroles tijdens uitvoering van geplande en ongeplande werkzaamheden (typen C en D).
    - Alleen preventieve controle (type A).
    - Alleen preventieve controle (type A) waarna gegevens opgeslagen worden. Ook controle voor werkzaamheden (typen C en D), maar in dat geval geen vastlegging van gegevens.
    - Registratie van alle handelingen die aan afsluiters uitgevoerd worden (typen A t/m D).

- Tijdens een uitvoering van een afsluitercontrole wordt door de meeste bedrijven niet vastgelegd voor welk type activiteit de afsluiter gebruikt is.
- De meeste bedrijven hanteren een scheiding tussen twee groepen afsluiters:
    i. Strategische afsluiters (afsluiters op transportleidingen en nabij BEEL-objecten) en eventueel afsluiters in het secundaire met een groot OLM-effect.
    ii. Alle andere afsluiters in het secundaire en primaire leidingnet.

  Voor de eerste groep (i) hanteren de meeste bedrijven een inspectie-interval van eens per jaar. Sommige bedrijven hanteren voor deze groep een inspectie-interval van eens per twee jaar. Voor de andere groep (ii) worden verschillende inspectie-intervallen gehanteerd variërend van eens per 3 jaar tot geen controle. Uit individuele gesprekken met bedrijven blijkt dat er tot op heden geen duidelijk onderbouwing is voor een zeker

inspectie-interval. Dit is een belangrijk aspect van afsluiterbeheer omdat het direct gerelateerd is aan de werkdruk voor de organisatie.

- Bij de uitvoering van handelingen aan afsluiters is het (bij tenminste één bedrijf) zo dat er verschillende groepen medewerkers zijn voor het uitvoeren van werkzaamheden (typen C en D) en preventieve inspectie (type A).
- Bij het controleren van de draaibaarheid wordt (in geval van een inspectie) de afsluiter doorgaans enkele slagen dicht- en opengedraaid, in plaats van deze geheel dicht en open te draaien. Dit om het risico op bruinwaterklachten te minimaliseren.
- Door enkele bedrijven wordt de afsluitbaarheid van afsluiters getoetst (én vastgelegd) tijdens werkzaamheden (type C en D). Het vastleggen van de afsluitbaarheid tijdens spui-werkzaamheden wordt bij 2 van de 8 bedrijven gedaan.
- Ter voorbereiding van renovaties van woonwijken worden door sommige bedrijven preventieve controles (inspectie: type A) en/of proefsluitingen (type C) uitgevoerd. Andere bedrijven voeren in dergelijke gevallen geen onderhoud uit de benodigde afsluiters.

Bovenstaande informatie laat zien dat het beleid ten aanzien van de verschillende aspecten van afsluiterbeheer per bedrijf sterk kan verschillen.

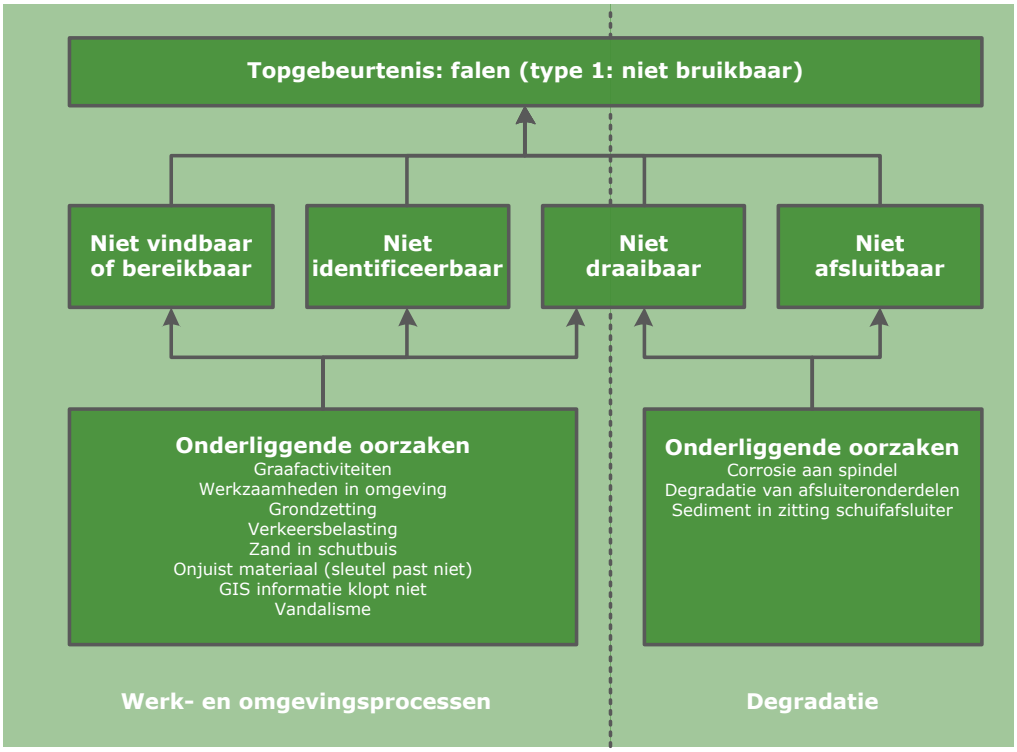
2.2 Uitkomsten workshop

Op maandag 4 december vond de workshop ‘beheer van afsluiters’ plaats bij KWR. Het doel van deze workshop bestond uit (1) het informeren van deelnemers over uitkomsten van het BTO project ‘Optimaal Afsluiterbeheer’, (2) kennis opdoen over de huidige praktijk bij de drinkwaterbedrijven en (3) samen nadenken hoe een verbeterd afsluiterbeheer in praktijk gebracht kan worden en wat daarvoor nodig is. Voor een detailoverzicht van de uitkomsten van de workshop wordt verwezen naar Bijlage III.

3 Faalkans onder invloed van omgeving

3.1 Inleiding

De kans op falen (type 1: bruikbaarheid) van een afsluiter kan onderverdeeld worden in verschillende oorzaken die op abstract niveau aangeduid worden als ‘vindbaarheid’, ‘bereikbaarheid’, ‘identificeerbaarheid’, ‘draaibaarheid’ en ‘afsluitbaarheid’. De faaloorzaak wordt vastgesteld bij een afsluitercontrole. Bij een afsluitercontrole wordt in het algemeen wanneer er sprake is van falen dit falen meteen opgelost. Daarmee is de inspectie direct gekoppeld aan onderhoud. Een belangrijke vraag voor afsluiterbeheer betreft de relatie tussen inspectie- of onderhoudsfrequentie en de faalkans van een afsluiter; hiermee wordt bedoeld of door het frequenter plegen van onderhoud de faalkans af- of toeneemt. Deze correlatie zal afhangen van het faalmechanisme. Het faalmechanisme is als volgt op hoofdlijnen te scheiden in externe en interne oorzaken (Figuur 3-1).



FIGUUR 3-1 FAALBOOM TYPE 1: AFSLUITER NIET BRUIKBAAR. OP BASIS VAN REGISTRATIEPROTOCOLLEN BEDRIJVEN EN LITERATUUR (VLOERBERGH EN VAN THIENEN, 2010; VREEBURG, 2012).

Hoewel combinaties van faaloorzaken kunnen leiden tot de topgebeurtenis ‘falen type 1’ is te concluderen dat het niet vindbaar, bereikbaar of identificeerbaar zijn van afsluiters voornamelijk te wijten is aan werk- en omgevingsprocessen die voor het overgrote deel buiten de invloedssfeer van de drinkwaterbedrijven liggen. Dit is een belangrijke conclusie voor het beheer van afsluiters en het bijbehorende onderhoudsregime (Deel A: Hoofdstuk 2). Faaloorzaken ten gevolge van externe actoren hebben geen (lineaire) relatie met de tijd (in

de zin dat er degradatie optreedt). Wel wordt de kans op een externe gebeurtenis groter naarmate de tijd verstrijkt (wegen worden bijvoorbeeld eens in de x jaar vervangen).

Degradatie in de tijd (als fysisch proces) is vrijwel alleen te relateren aan de faaloorzaken 'niet draaibaar' en 'niet afsluitbaar'.

3.1.1 Gebruikte gegevens

Voor het onderzoek naar faalkansen van verschillende faaloorzaken en de relatie van afsluiterfalen met eigenschappen van de afsluiter en afsluiteromgeving is gebruik gemaakt van gegevens van drie drinkwaterbedrijven. Deze drinkwaterbedrijven hebben de volgende gegevens geleverd:

- Afsluitergegevens (positie, nummer, jaar van aanleg, diameter, etc.);
- Gegevens van afsluiterinspecties (datum, nummer, functioneren, etc.);
- Gegevens van het leidingnet (positie, diameter, aanlegjaar, materiaal, etc.);
- KLIC-meldingen in het gehele voorzieningsgebied gedurende de periode 2012 – 2017 (locatie (graafpolygoon), type graafactiviteit, datum aanvang, datum einde werkzaamheden, etc.).

In totaal zijn er door de drie drinkwaterbedrijven gegevens van ongeveer 220.000 controles beschikbaar gesteld. Deze gegevens zijn in het veld verzamend gedurende de periode 2012 – 2017 tijdens inspecties en werkzaamheden. Tijdens het onderzoek bleek dat de bestanden met afsluitercontroles relatief veel dubbelingen bevatten (ongeveer 3-6%)[4]. In totaal gaat het bij deze drie drinkwaterbedrijven dan om grofweg 10.000 afsluitercontroles.

3.1.2 Verrijking afsluitergegevens

De hierboven genoemde afsluitergegevens zijn verrijkt met GIS-gegevens uit verschillende (openbare) bronnen. Dit betreft:

- Grondsoorten op basis van de Grondsoortenkaart 2006 (Alterra, 2006);
- Stedelijkheidsgegevens zoals vastgesteld door het CBS (CBS, 2014);
- Posities van wegen en wegklassen middels de wegvakken uit de TOP10NL (Kadaster, 2016).

Verder zijn gegevens van KLIC-meldingen gekoppeld aan gegevens van afsluitercontroles. Dit proces is nader beschreven in §3.4.

3.1.3 Conversie van faaloorzaken

Omdat ieder bedrijf andere termen en codes gebruikt om de prestaties van afsluiters te rapporteren zijn bedrijfsspecifieke faalcodes te converteren naar algemene faalcodes. De gerapporteerde faalcodes zijn geconverteerd naar de algemeen gehanteerde termen 'vindbaarheid', 'bereikbaarheid', 'identificeerbaarheid', 'draaibaarheid' en 'afsluitbaarheid'. Deze conversie is nader toegelicht in Bijlage IV. Sommige faaloorzaken zijn in dit onderzoek niet meegenomen omdat ze geen relatie hebben met het fysisch falen van de afsluiter. Specifiek voorbeeld hiervan is het falen door een niet passende sleutel voor de spindelkop. Uiteraard dienen dergelijke faaloorzaken wel meegenomen te worden bij de bepaling van de 'totale faalkans' (Deel A, Figuur 3-2).

[4] Een registratie van een afsluitercontrole wordt als zijnde 'dubbel' beschouwd wanneer er op dezelfde dag van dezelfde afsluiter reeds een registratie beschikbaar is. Vaak zijn deze dubbele registraties enkele seconden na een reeds beschikbare registratie ingevoerd.

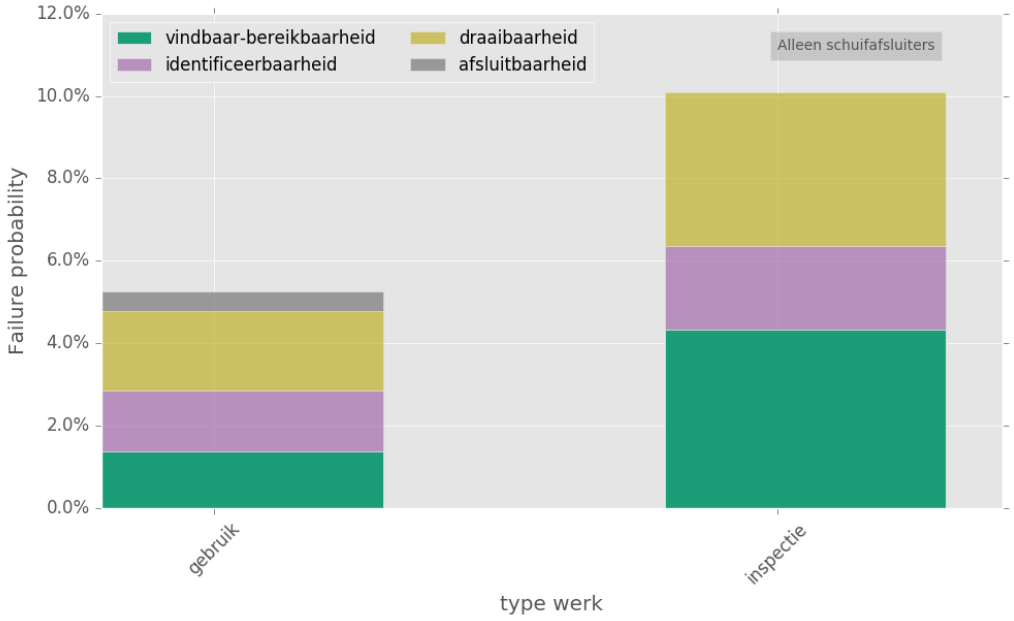
In dit onderzoek zijn de faaloorzaken ‘vindbaarheid’ en ‘bereikbaarheid’ samengevoegd omdat uit de gegevens van de aan het onderzoek deelnemende bedrijven is gebleken dat dit onderscheid voor monteurs niet altijd duidelijk is. Deze faalcategorie wordt hierna aangeduid als ‘vindbaar-bereikbaarheid’.

3.2 Invloed type afsluitercontrole

Er zijn vier situaties (typen afsluiterhandelingen) waarin een afsluitercontrole uitgevoerd kan worden (§3.1, deel B). Door één van de bedrijven die gegevens aangeleverd heeft wordt bijgehouden voor welk type werk de afsluitercontrole uitgevoerd is. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen ‘inspecties’ en ‘gebruik’. Deze werkzaamheden zijn als volgt gedefinieerd:

- **Inspectie**: afsluiter wordt ‘droog’ gecontroleerd op visuele afwijkingen (ten aanzien van vindbaarheid, bereikbaarheid, toestand straatpot, etc.). De afsluiter wordt enkele slagen dichtgedraaid en vervolgens weer open gedraaid.
- **Gebruik**: uit het gebruik van de afsluiter blijkt of deze voldoet aan de functionele eisen (ten aanzien van vindbaarheid, bereikbaarheid, toestand straatpot, etc.). De afsluiter wordt geheel dicht- en opengedraaid en de afsluitbaarheid van de afsluiter wordt getest.

Voor deze twee typen werkzaamheden zijn, op basis van de gerapporteerde afsluitercontroles, faalkansen berekend voor de oorzaken ‘vindbaar-bereikbaarheid’, ‘identificeerbaarheid’, ‘draaibaarheid’ en afsluitbaarheid’. Zoals hierboven toegelicht wordt de laatste niet getoetst tijdens een inspectie.



FIGUUR 3-2 FAALKANSEN VOOR VERSCHILLENDE OORZAKEN (BEPAALD ZOALS TOEGELICHT IN DEEL A, §0) BIJ GEBRUIK VAN AFSLUITERS (VOOR WERKZAAMHEDEN) EN INSPECTIE VAN AFSLUITERS.

Een belangrijke conclusie op basis van Figuur 3-2 is dat de gemeten faalkans afhangt van het type handeling. Dit is een belangrijke uitkomst voor het bepalen van faalkansen van afsluiters en de interpretatie van de uitkomsten die gerapporteerd zijn in de rest van dit hoofdstuk. De grootste verschillen zitten in de oorzaken ‘niet vindbaar-bereikbaar’ en ‘niet draaibaar’. Voor het grote verschil in totaal falen voor de verschillende typen werkzaamheden zijn verschillende hypothesen mogelijk:

- Navraag leert dat bij dit bedrijf de afsluiterinspecties en het daadwerkelijk gebruik van afsluiters door twee verschillende groepen medewerkers uitgevoerd worden. Dit kan een hypothese zijn voor de verklaring van het grote verschil tussen beide prestaties.
- Afsluiters die gebruikt worden voor geplande werkzaamheden zijn soms kort daarvoor al voor proef gesloten zijn.

Dit laat echter ongemoeid dat, om welke reden dan ook, bij gebruik in de praktijk de prestatie van afsluiters mee blijkt te vallen (ten positieve) wanneer vergeleken wordt met de uitkomsten van inspecties.

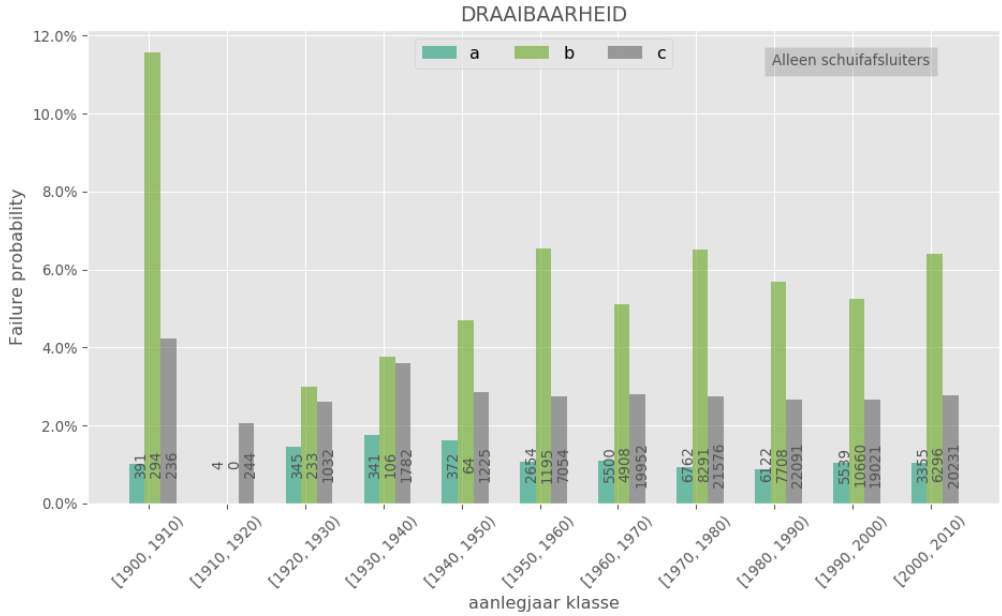
3.3 Invloed interne factoren

3.3.1 Toelichting

De focus van de analyses naar invloed van interne factoren ligt op de identificatie van degradatiemechanismen die betrekking hebben op eigenschappen van afsluiters en het leidingnet waarin de afsluiters gesitueerd zijn en op de relatie met de faaloorzaken ‘niet draaibaar’ en ‘niet afsluitbaar’. Voor bedrijf b zijn geen gegevens beschikbaar over de afsluitbaarheid. Hiervan ontbreken derhalve uitkomsten in sommige resultaten.

3.3.2 Jaar van aanleg

Voor de drie bedrijven waarvan afsluitercontroles onderzocht zijn is gekeken of er specifieke klassen van jaar van aanleg zijn waarvan gesteld kan worden dat deze meer falen dan andere groepen.

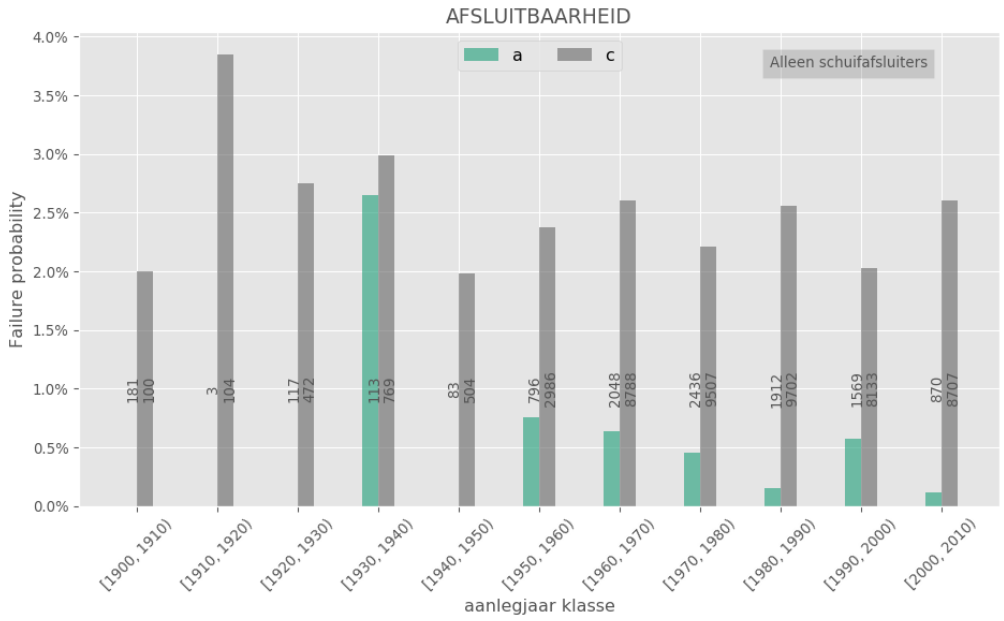


FIGUUR 3-3 RELATIE TUSSEN AANLEGJAARKLASSE EN DRAAIBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL CONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

Figuur 3-3 laat zien dat voor afsluiters met een leeftijd tot 60 jaar er nauwelijks verschillen zichtbaar zijn tussen de verschillende aanlegjaarklassen. Dit geldt voor alle drie bedrijven. Voor afsluiters ouder dan 60 jaar zijn er (afhankelijk van het bedrijf) zowel groepen die beter scoren als groepen die slechter scoren. Er is dus geen eenduidig beeld of trend waar te nemen als het gaat om de mogelijke invloed van de leeftijd van de afsluiter op de draaibaarheid van afsluiters. Verder is te zien dat de absolute uitkomsten per bedrijf sterk

verschillend zijn. Hier wordt later verder op ingegaan. Ten aanzien van bedrijf c moet hier de kanttekening geplaatst worden dat voor dit bedrijf bij een groot deel van de afsluiters geen informatie over aanlegjaar bekend was.

Ten aanzien van de relatie aanlegjaarklasse – draaibaarheid is (naar aanleiding van het gevonden verschil bij verschillende afsluitercontroles; Figuur 3-2) onderzocht of onderscheid op type werkzaamheden de uitkomsten van bovengenoemde conclusies beïnvloedt. Dit blijkt niet het geval te zijn. Ook het beperken van de beschouwde afsluiters tot een subgroep met diameterbereik [40, 320) of een subgroep afsluiters in alleen hoog stedelijk gebied (stedelijkheidsfactor van 1; (CBS, 2014)) blijkt geen effect te hebben op de conclusie van deze analyse.



FIGUUR 3-4 RELATIE TUSSEN AANLEGJAARKLASSE EN AFSLUITBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL CONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

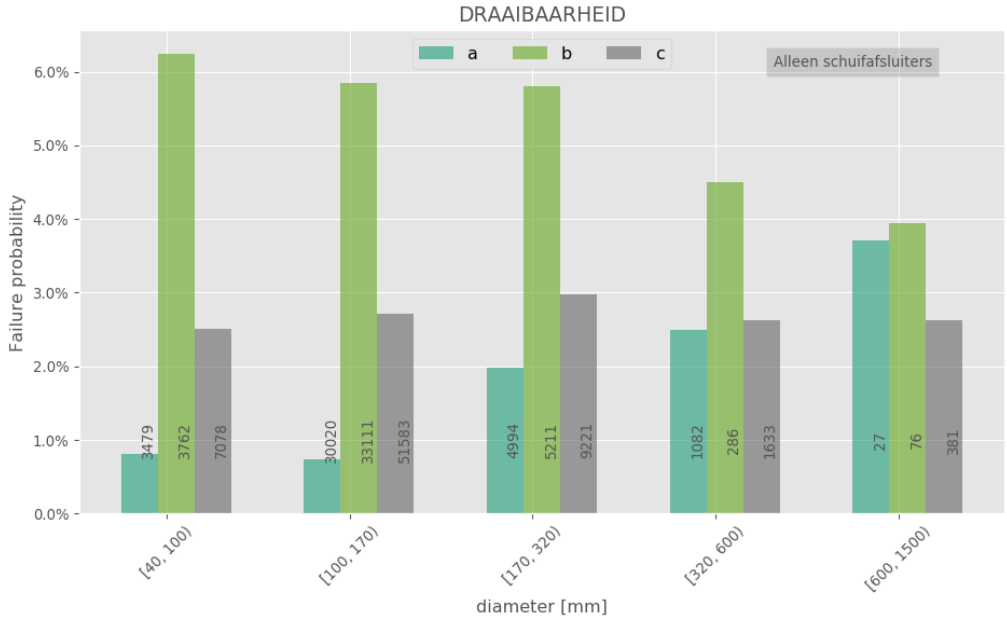
De waarnemingen van de relatie tussen het aanlegjaar en de afsluitbaarheid (Figuur 3-4) laten een vergelijkbaar beeld zien als de relatie tussen aanlegjaar en de draaibaarheid; enkele groepen oudere afsluiters zullen mogelijk slechter afsluiten, maar de trend is niet consistent.

Ten aanzien van de relatie aanlegjaarklasse – afsluitbaarheid is onderzocht of het beperken van de beschouwde afsluiters tot een subgroep met diameterbereik [40, 320) of een subgroep afsluiters in alleen hoog stedelijk gebied (stedelijkheidsfactor van 1; (CBS, 2014)) effect heeft op de uitkomsten van de analyse zoals weergegeven in Figuur 3-4. Dit blijkt niet het geval te zijn voor bedrijf c. Voor bedrijf a is deze subgroep te klein om conclusies te trekken.

3.3.3 Diameterklasse

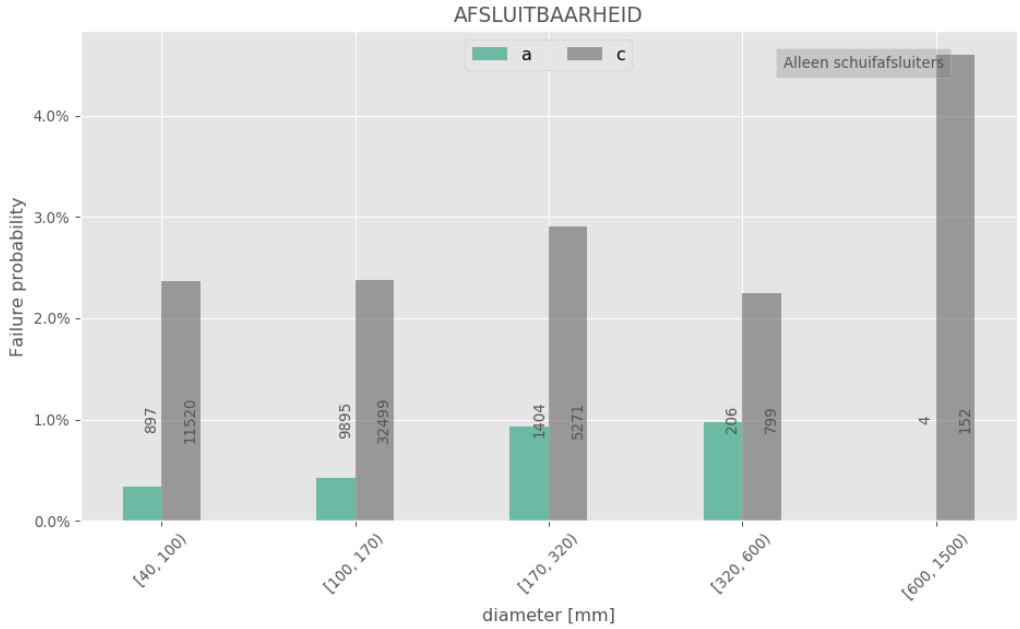
Er is onderzocht of er specifieke diameterklassen zijn waarvan gesteld kan worden dat deze meer storen dan andere. De uitkomsten van de analyse over de relatie diameterklasse en draaibaarheid laten twee interessante uitkomsten zien (Figuur 3-5):

- De absolute uitkomsten voor de verschillende diameterklasse verschillen sterk per bedrijf. Dit is vooral het geval bij het interval [40, 100) mm. Naarmate de diameters toenemen neemt dit verschil af. Een hypothese hiervoor is dat het beleid ten aanzien van grotere diameters (transportnet) minder verschillend is per bedrijf dan het beleid ten aanzien van kleine diameters (distributienet). Wel moet hierbij gesteld worden dat het aantal waarnemingen op het grootste interval [600, 1500) mm veel minder is dan het aantal waarnemingen op de kleinere intervallen.
- De resultaten van bedrijf c verschillen niet noemenswaardig bij de verschillende diameterklassen. Dit is in tegenstelling met de resultaten van bedrijf a en bedrijf b; deze resultaten laten beide een consequente trend (toe- of afnemende faalkans) zien met een toenemende diameter. Het is echter wel opvallend dat deze trends tegengesteld zijn. Om hier een sluitende oorzaak voor te vinden is nader onderzoek nodig.



FIGUUR 3-5 RELATIE TUSSEN DIAMETERKLASSE EN DRAAIBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

Ten aanzien van de relatie diameterklasse – draaibaarheid is (naar aanleiding van het gevonden verschil bij verschillende afsluitercontroles; Figuur 3-2) onderzocht of onderscheid op type werkzaamheden de uitkomsten van bovengenoemde conclusies beïnvloedt. Dit blijkt niet het geval te zijn. Ook het beperken van de beschouwde afsluiters tot een subgroep met aanlegjaarbereik [1950, 2010) blijkt geen effect te hebben op de uitkomsten van deze analyse. Uitvoering van de analyse voor de subgroep afsluiters in hoog stedelijk gebied (stedelijkheidsfactor van 1; (CBS, 2014)) laat voor bedrijf a dezelfde trend zien maar dan sterker. Voor bedrijf c leidt deze analyse tot dezelfde uitkomsten als weergegeven in Figuur 3-5.



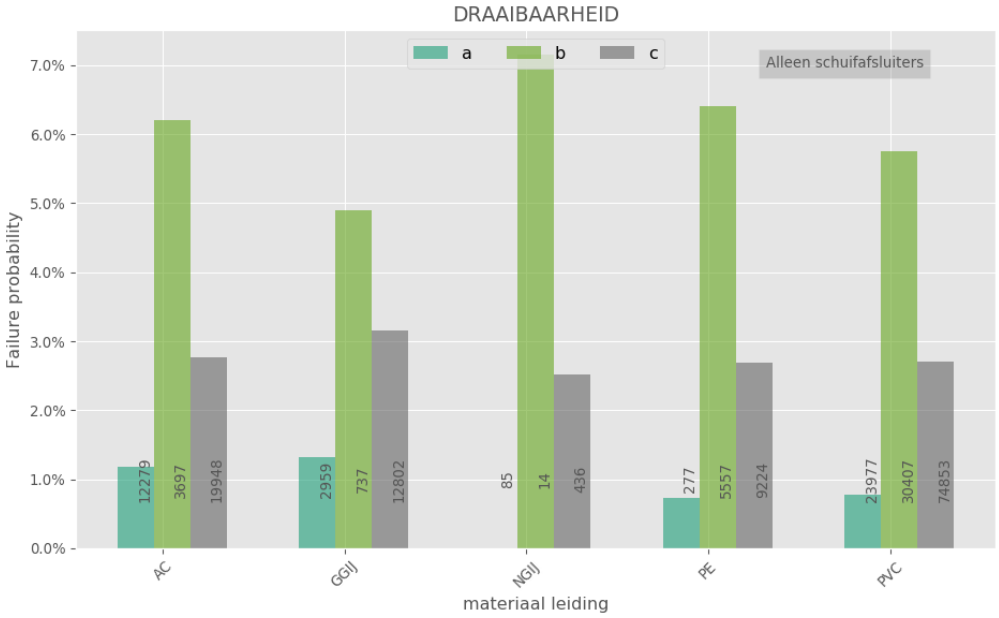
FIGUUR 3-6 RELATIE TUSSEN DIAMETERKLASSE EN AFSLUITBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

Voor zowel bedrijf a als bedrijf c is te zien dat de afsluitbaarheid afneemt met toename van de diameter (Figuur 3-6). Hierbij dient wel vermeld te worden dat de afsluitbaarheid in absolute termen weinig bijdraagt aan de totale faalkans (Figuur 3-2).

Ten aanzien van de relatie diameterklasse – afsluitbaarheid is onderzocht of het beperken van de beschouwde afsluiters tot een subgroep met aanlegjaar [1950, 2010) of een subgroep afsluiters in alleen hoog stedelijk gebied (stedelijkheidsfactor van 1; (CBS, 2014)) effect heeft op de uitkomsten van de analyse zoals weergegeven in Figuur 3-6. Dit blijkt niet het geval te zijn voor een subgroep van aanlegjaarklassen. Een subgroep van afsluiters in alleen hoog stedelijk gebied geeft (voor bedrijf c) een versterkt beeld van de trend in Figuur 3-6. Voor bedrijf a is deze subgroep te klein om conclusies te trekken. Uit dit geheel volgt dat de diameterklasse – ten aanzien van de afsluitbaarheid – geen voorspellende waarde heeft.

3.3.4 Type leidingnet

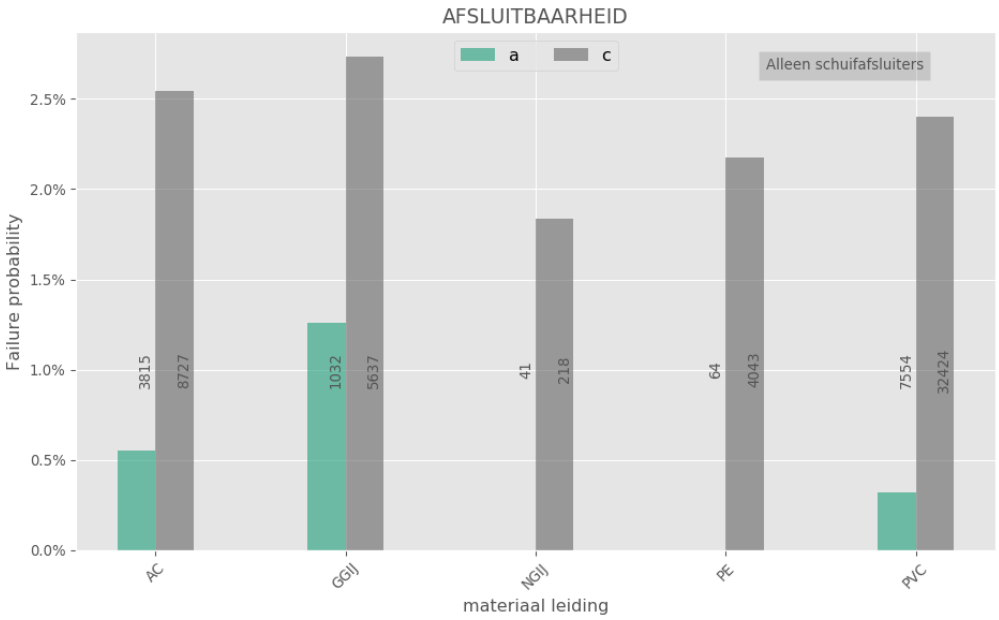
Middels GIS-analyses zijn eigenschappen van leidingen (diameter, materiaal, etc.) gekoppeld aan gegevens van afsluiters. Op deze manier kan onderzocht worden of er verschillen bestaan tussen de prestatie van afsluiters in oudere netwerken (AC, grijs gietijzer) en nieuwere netwerken (PVC, PE). Deze parameter correleert met de parameter 'aanlegjaar'. Omdat er echter in dezelfde tijd AC als PVC aangelegd is wordt de parameter 'leidingnetmateriaal' toch apart in beschouwing genomen.



FIGUUR 3-7 RELATIE TUSSEN MATERIAAL LEIDINGNET EN DRAAIBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

Voor bedrijf a is er een factor 2 verschil tussen afsluiters in AC- en grijs gietijzeren leidingnetten ten opzichte van PE- en PVC-leidingnetten. Dit verschil is echter in tegenspraak met uitkomsten van bedrijf c (geen verschil) en bedrijf b (tegengesteld verschil). Deze relatie lijkt dus niet van belang te zijn voor de voorspelling van draaibaarheid van afsluiters.

Een nadere analyse met subgroepen voor aanlegjaarklassen of stedelijkheidsfactor is niet zinvol vanwege de sterke correlatie tussen de parameters 'leidingnetmateriaal', 'aanlegjaar' en de parameters 'leidingnetmateriaal' en 'stedelijkheid' (met andere woorden: grijs gietijzeren leidingen liggen doorgaans in de oude centra (hoog stedelijk gebied) en zijn ouder dan leidingnetten van PVC en PE). Een nadere analyse met een subgroep met diameter [40, 320) laat geen andere resultaten zien dan de uitkomsten zoals weergegeven in Figuur 3-7.



FIGUUR 3-8 RELATIE TUSSEN TYPE LEIDINGNET EN AFSLUITBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

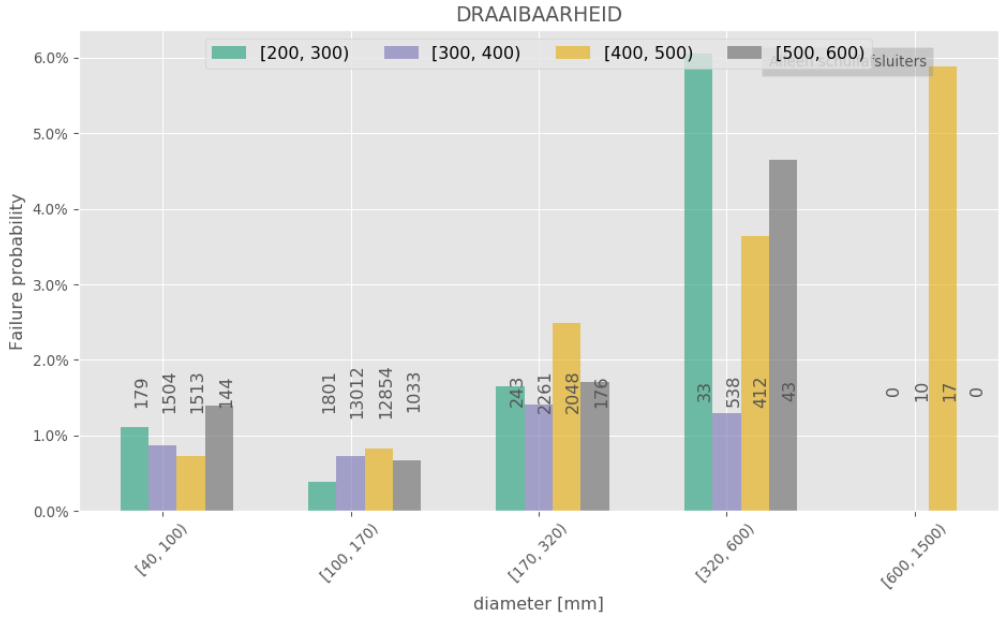
De relatie tussen afsluitbaarheid en materiaal van het leidingnet laat voor bedrijf a een slechtere afsluitbaarheid zien voor afsluiters in grijs gietijzeren netwerken. Hoewel deze uitkomst fysisch te onderbouwen is laten die uitkomsten voor bedrijf c dit in veel mindere mate zien. Aangezien het netto aantal beschikbare waarnemingen voor bedrijf c een stuk hoger is dan bedrijf a is het niet logisch om uit deze figuur harde conclusies te trekken.

3.3.5 Diameter en druk

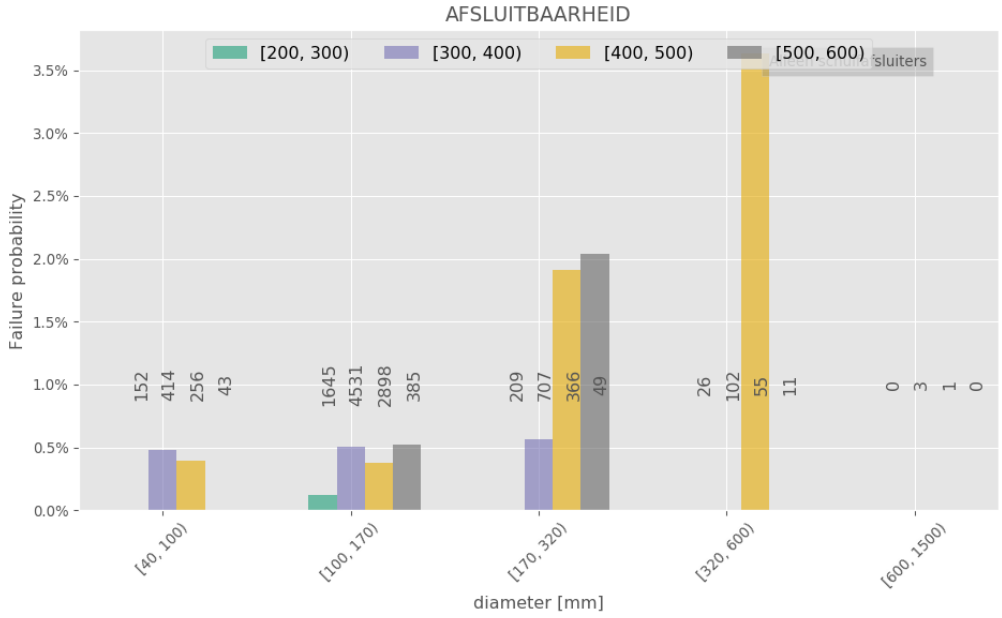
Voor bedrijf a zijn, naast algemene gegevens over het leidingnet zoals materiaal en diameter, ook drukgegevens aangeleverd (maximum druk op een gemiddelde dag). Deze gegevens zijn via een GIS-analyse gekoppeld aan de afsluiters. Op basis van deze koppeling kan de relatie tussen drukklassen[5] en de draaibaarheid en afsluitbaarheid van afsluiters zichtbaar gemaakt worden. Uit een eerste analyse blijkt dat er geen relatie bestaat tussen druk en draaibaarheid, maar wel een duidelijke relatie tussen druk en afsluitbaarheid. Dit is fysisch goed te verklaren: een afsluiter zal bij een hogere druk eerder blijven lekken dan bij een lagere druk. Het is wel nodig om dit verder te verifiëren omdat de parameters ‘diameterklasse’ en ‘drukklasse’ redelijk goed correleren (in grotere diameters is de druk doorgaans hoger, met andere woorden: het waargenomen effect kan ook veroorzaakt worden door de grotere diameter). Een analyse is uitgevoerd waarbij deze parameters tegen elkaar uitgezet zijn (Figuur 3-9, Figuur 3-10, beide volgende pagina).

Figuur 3-9 laat voor kleine diameters geen duidelijke samenhang zien tussen de toename in druk en de toename in faalkans (dus per diameterinterval). Voor het diameterinterval tussen 170 mm en 600 mm lijkt wat meer verband te bestaan wanneer minder betrouwbare resultaten achterwege gelaten worden (drukklassen [200, 300) kPa en [500, 600) kPa; groene en grijze balken). Voor de grotere diameters ([600, 1500) mm) zijn te weinig gegevens beschikbaar om een conclusie te kunnen trekken. De relatie tussen diameterklasse en falen is duidelijker aanwezig dan de relatie tussen drukklasse en falen.

[5] Zijnde *niet* de drukklasse van het materiaal, maar de drukklasse van de optredende maximale druk op een gemiddelde dag volgens het hydraulisch model.



FIGUUR 3-9 RELATIE TUSSEN DIAMETERKLASSE EN DRAAIBAARHEID VAN AFSLUITERS VOOR VERSCHILLENDE DRUKKLASSEN (200 – 600 KPA). DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS. RESULTATEN ALLEEN VOOR BEDRIJF A.

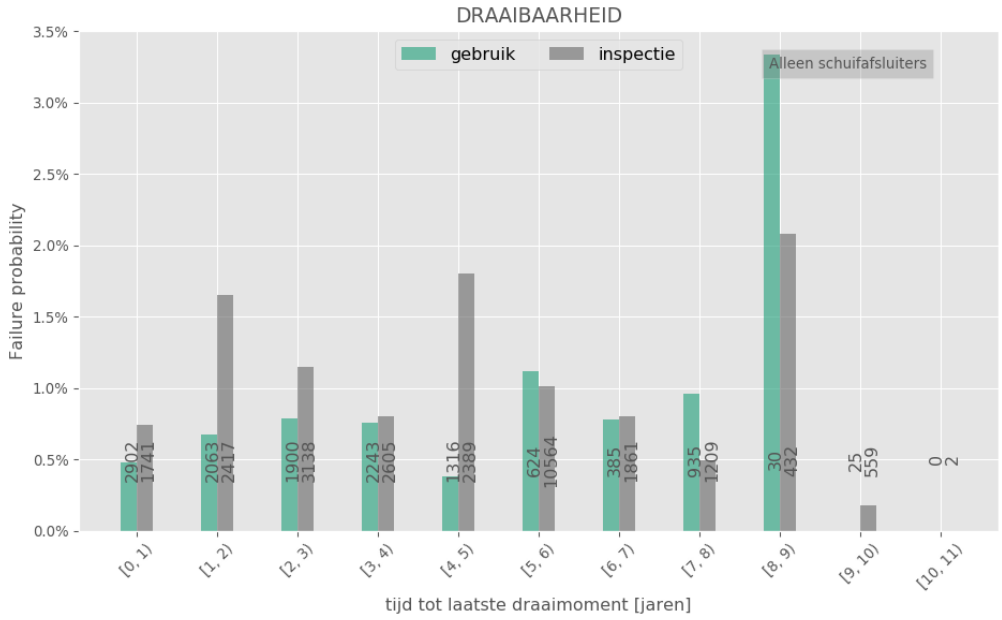


FIGUUR 3-10 RELATIE TUSSEN DIAMETERKLASSE EN AFSLUITBAARHEID VAN AFSLUITERS VOOR VERSCHILLENDE DRUKKLASSEN (200 – 600 KPA). DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS. RESULTATEN ALLEEN VOOR BEDRIJF A.

Figuur 3-10 laat voor het falen op afsluitbaarheid een vergelijkbaar resultaat zien als Figuur 3-10. Ook hier is te zien dat het niet of beperkt afsluitbaar zijn van afsluiters duidelijker samenhangt met de diameter dan met de druk niet zozeer te wijten is aan de drukklasse, maar meer aan de diameterklasse (zoals eerder geconstateerd voor bedrijf a in §3.3.3).

3.3.6 Interval tussen afsluitercontrole

Zoals eerder aangegeven is de relatie tussen interval van afsluitercontrole en de draaibaarheid van de afsluiter een belangrijk gegeven om afsluiterbeheer vorm te geven. Voor bedrijf a zijn controle-intervallen te achterhalen tot 10 jaar terug. Dit betreft echter alleen afsluiter*inspecties* (type A, zie Deel B, Hoofdstuk 2). Sinds ongeveer twee jaar worden alle handelingen bij bedrijf a vastgelegd. De informatie die 10 jaar terug gaat is dus niet geheel betrouwbaar. In Figuur 3-11 is de draaibaarheid van afsluiters weergegeven voor de tijd tot het laatste moment dat een afsluiter gebruikt (alle intervallen < 2 jaar) of geïnspecteerd is (alle intervallen > 2 jaar).



FIGUUR 3-11 RELATIE TUSSEN TIJD TOT LAATSTE CONTROLE EN DRAAIBAARHEID VAN AFSLUITERS GERAPPORTEERD TIJDENS VERSCHILLENDE WERKZAAMHEDEN (GEBRUIK EN INSPECTIE). DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

Bij het interval [8, 9) is een piek te zien in Figuur 3-11. Gezien het relatief lage aantal waarnemingen voor deze waarde (30) is deze niet betrouwbaar te noemen in vergelijk met de andere waarden in de figuur. Wanneer de piek op [8, 9) buiten beschouwing gelaten wordt blijft er een beeld over waarin geen duidelijke toe- of afname met de tijd te zien is. Ook de analyse voor een nader gespecificeerde subgroep (alleen diameters van 40 tot 320 mm en aanlegjaren tussen 1950 en 2010) laat geen trend zien. Er is geen relatie gevonden tussen de tijd tot het laatste onderhoud het falen op draaibaarheid van de afsluiters.

3.4 Invloed externe factoren

3.4.1 Toelichting

De focus van de analyses die in het kader van §3.4 uitgevoerd zijn ligt op de identificatie van effecten door omgevingsprocessen. In de volgende subparagrafen wordt dus alleen ingegaan op parameters die te maken hebben met omgeving en het effect van deze parameters op de faaloorzaken ‘niet vindbaar of bereikbaar’, ‘niet identificeerbaar’ en ‘niet draaibaar’.

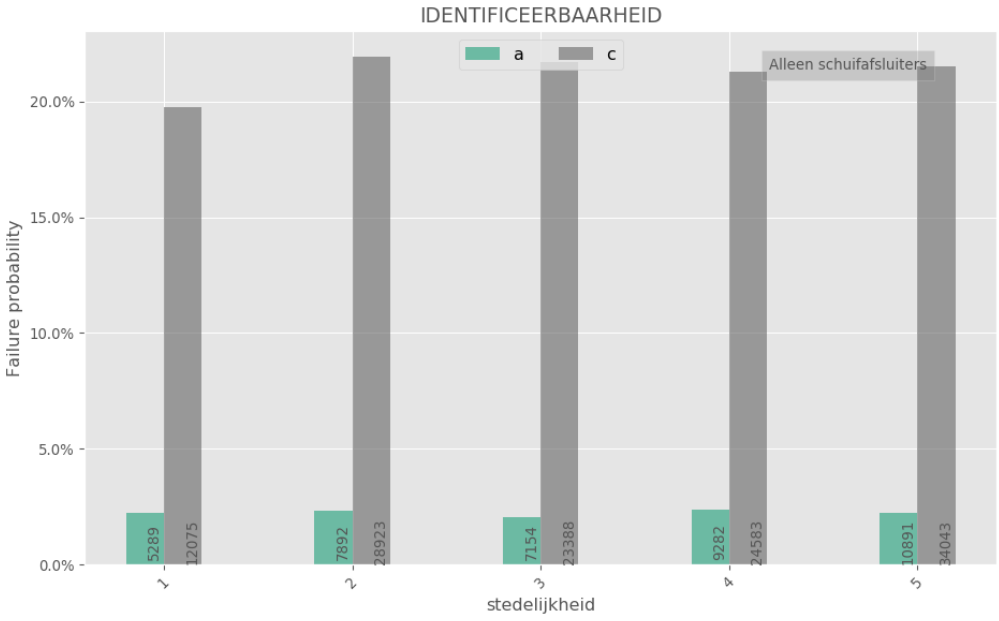
3.4.2 Bebouwde omgeving

Om uitdrukking te geven aan het verschil in gebouwde omgeving van afsluiters is via GIS informatie over de stedelijkheid van de omgeving gekoppeld aan afsluitergegevens. De mate van stedelijkheid wordt door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) gedefinieerd op een schaal van 1 tot 5 voor cellen van 500 bij 500 meter (CBS, 2014).

TABEL 3-1 KLASSEN VOOR STEDELIJKHEID VOLGENS CBS (CBS, 2014).

Stedelijkheid	Typering	Omgevingsadressendichtheid (OAD) [adressen/km²]
1	Zeer sterk stedelijk	> 2.500
2	Sterk stedelijk	1.500 tot 2.500
3	Matig stedelijk	1.000 tot 1.500
4	Weinig stedelijk	500 tot 1.000
5	Niet-stedelijk	< 500

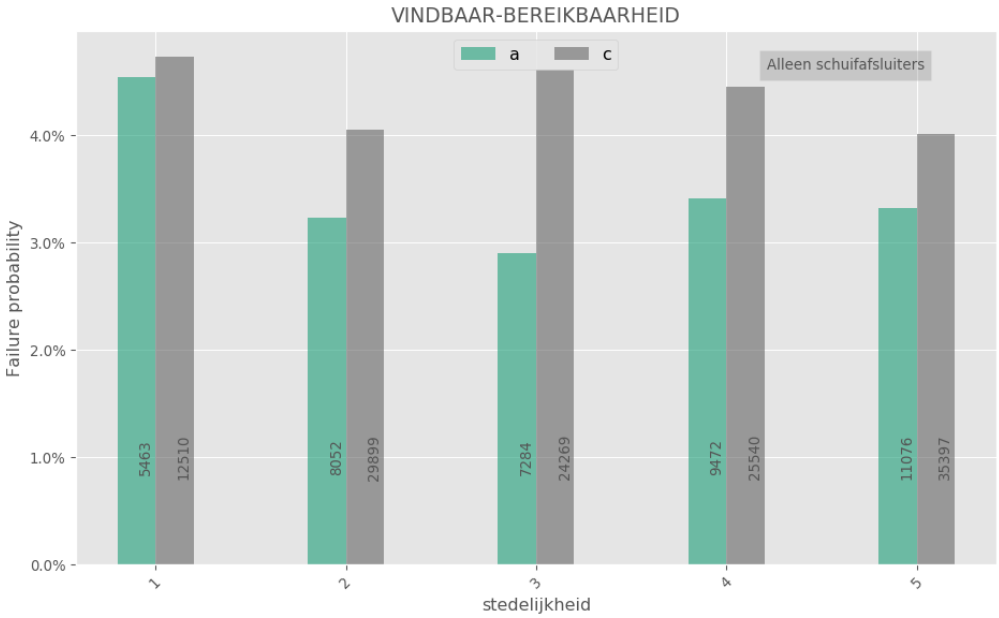
De mate van stedelijkheid is gedefinieerd aan de hand van het aantal adressen per vierkante kilometer (Tabel 3-1). Hoewel deze parameter niet fysisch in relatie staat tot het functioneren van afsluiters is het wel zo dat in de bebouwde omgeving meer processen van externe actoren plaatsvinden dan daarbuiten. Denk bijvoorbeeld aan onderhoud van groenvoorziening en andere gemeentelijke activiteiten. Daarnaast wordt er in de stedelijke omgeving meer gegraven voor bijvoorbeeld aanleg van nieuwe infrastructuur. In het project is onderzocht in hoeverre het falen van afsluiters ten gevolge van het niet vindbaar/bereikbaar of identificeerbaar zijn afhangt van de mate van stedelijkheid. Deze analyse is uitgevoerd voor de bedrijven a en c omdat deze, wat betreft hun leveringsgebied, vergelijkbaar zijn.



FIGUUR 3-12 RELATIE TUSSEN STEDELIJKHEID EN IDENTIFICEERBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

Wat betreft de identificeerbaarheid is te zien dat deze niet duidelijk beïnvloed wordt door de mate van stedelijkheid (Figuur 3-12). Wat wel opvalt is het verschil tussen de bedrijven a en

c; dit is consequent ongeveer een factor 10 verschil. Er is gekeken naar de achterliggende gegevens om te zien of er oorzaken te vinden zijn voor dit grote verschil. Een dergelijke oorzaak is echter niet gevonden. Het lijkt erop dat beide bedrijven een vergelijkbare set oorzaken voor het niet-identificeerbaar zijn van afsluiters registreren. De hypothesen die overblijven voor dit grote verschil tussen de bedrijven a en c zijn (a) een zeer verschillende interpretatie van falen op identificeerbaarheid en (b) structurele toepassing (over langere tijd) van verschillende onderhoudsmethoden (bijvoorbeeld een beleid waarbij onjuiste, defecte of afwezige bordjes niet vervangen worden, maar wel gerapporteerd worden).



FIGUUR 3-13 RELATIE TUSSEN STEDELIJKHEID EN VINDBAARHEID/BEREIKBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES VOOR BEPALING VAN DE KANS.

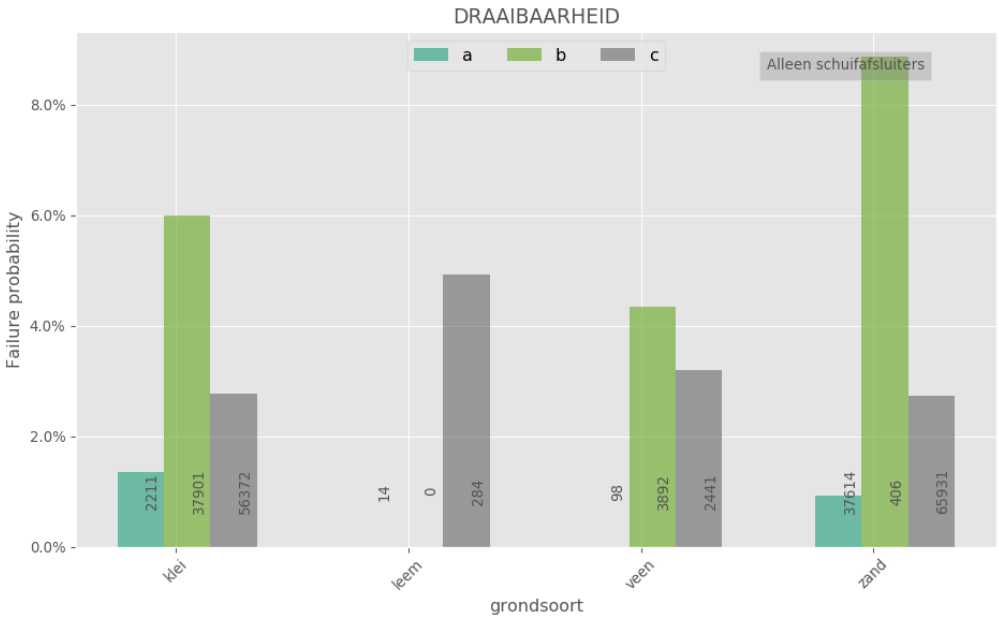
De invloed van de stedelijkheid op het vindbaar/bereikbaar zijn van afsluiters geeft voor bedrijf a een licht eenduidiger beeld dan bedrijf c (Figuur 3-13). In zeer sterk stedelijke gebieden (stedelijkheid=1) komt bij bedrijf a vaker falen op vindbaar-bereikbaarheid voor dan in minder stedelijke gebieden (stedelijkheid 2 t/m 4) of niet stedelijke gebieden (stedelijkheid=5).

Ten aanzien van de relaties identificeerbaarheid – stedelijkheid en vindbaar/bereikbaarheid – stedelijkheid is onderzocht of het beperken van de beschouwde afsluiters tot een subgroep met diameterklasse [40, 320) effect heeft op de uitkomsten. Dit blijkt niet het geval te zijn. Wanneer een onderscheid naar type werkzaamheden (naar aanleiding van Figuur 3-2) geïntroduceerd wordt blijkt er wel een verschil op te treden[6]. Rapportages van uitgevoerde werkzaamheden (dus geen inspecties!) geven het beeld dat afsluiters in de periferie en het buitengebied (stedelijkheidsfactor 4 en 5) gemiddeld 2x minder goed identificeerbaar zijn (resultaten zijn hier niet weergegeven). Ten aanzien van de vindbaarheid/bereikbaarheid geldt in dit geval dat afsluiters in zeer sterk stedelijk gebied (stedelijkheidsfactor 1) gemiddeld 3x minder goed vindbaar/bereikbaar zijn dan afsluiters elders (resultaten zijn hier niet weergegeven).

[6] Deze analyses zijn alleen uitgevoerd voor bedrijf a.

3.4.3 Grondsoort

In eerder onderzoek naar afsluiters werd door monteurs geconstateerd dat de gebeurtenis ‘zand in de schutbuis’ tot falen van afsluiters kan leiden (Vreeburg, 2012). In dit onderzoek is daarom onderzocht in hoeverre afsluiters in verschillende bodemsoorten presteren op draaibaarheid.



FIGUUR 3-14 RELATIE TUSSEN GRONDSOORT EN DRAAIBAARHEID VAN AFSLUITERS. DE AANTALLEN REPRESENTEREN HET AANTAL AFSLUITERCONTROLES DAT GEBRUIKT IS OM EEN FAALKANS TE BEPALEN.

Voor de verschillende bedrijven a, b en c is geen eenduidig beeld waar te nemen over de invloed van de grondsoort op de draaibaarheid van de afsluiter. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de grondsoortenkaart minder betrouwbaar is in de stedelijke omgeving. Er is onderzocht of variatie op de mate van stedelijkheid (stedelijk gebied versus niet stedelijk gebied) deze uitkomsten beïnvloedt. Dit blijkt niet het geval te zijn.

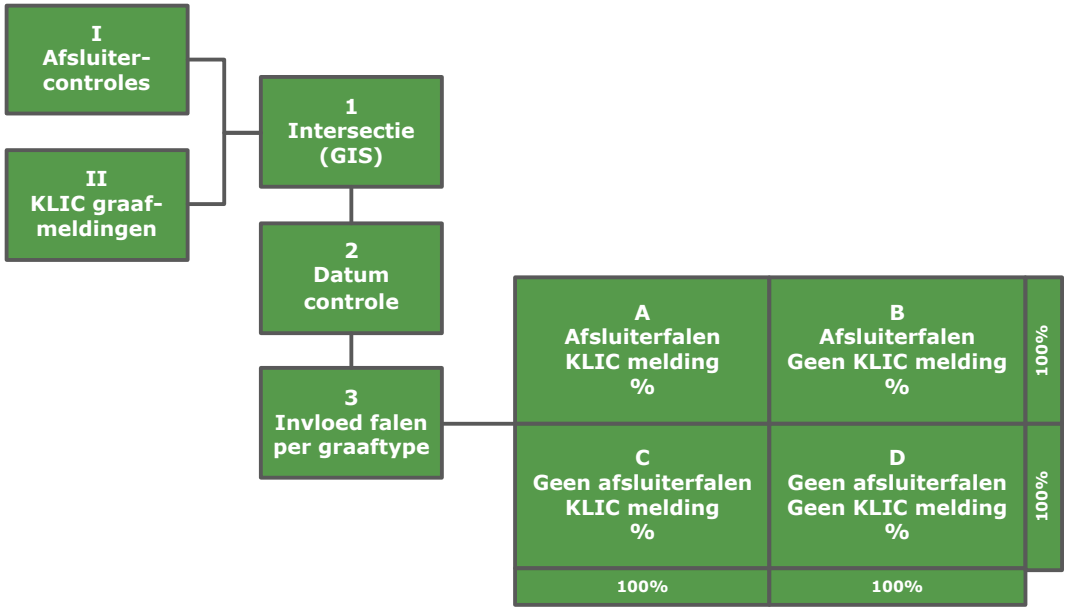
3.4.4 Graafwerkzaamheden: invloed verschillende typen werkzaamheden

Voor dit onderzoek zijn KLIC gegevens uit de periode 2012 – 201 gebruikt. De analyse van deze gegevens had ten doel de relatie tussen graafactiviteiten in de openbare omgeving en de prestatie van afsluiters te onderzoeken.

Het totaal aantal gemelde graafactiviteiten over deze periode in het totale leveringsgebied van de bedrijven a, b en c bedraagt ongeveer 2 miljoen[7]. In praktijk zullen mogelijk veel van deze graafwerkzaamheden niet zozeer bijdragen aan het falen van afsluiters op vindbaarheid/bereikbaarheid. De kans op een dergelijke gebeurtenis zal beïnvloed worden door de aard van het type graafwerk, de daarbij (normaliter) gevolgde procedures en de mate waarin deze procedures daadwerkelijk gevolgd worden. Op voorhand is dit lastig te bepalen, hoewel het evident is dat bijvoorbeeld rioleringswerkzaamheden veel invloed hebben op de omgeving omdat het in dit geval om grote leidingen gaat die doorgaans dieper liggen dan het drinkwaternet. Er is een methode ontwikkeld waarmee in een aantal stappen

[7] Dit betreft alleen graafmeldingen. De oriëntatiemeldingen zijn niet meegenomen in het onderzoek, omdat daar nog geen sprake is van een daadwerkelijke graafactiviteit.

de invloed van verschillende typen graafwerkzaamheden gekwantificeerd kan worden (Figuur 3-15).



FIGUUR 3-15 METHODE VOOR BEPALING RELATIE GRAAFWERKZAAMHEDEN EN NIET VINDBAAR/BEREIKBAAR ZIJN VAN AFSLUITERS.

Hieronder zijn de stappen uit deze methode toegelicht:

3. Voorafgaande aan de analyse zijn alle beschikbare KLIC-meldingen verzameld **(II)**. De beschikbaarheid van KLIC-meldingen gaat terug tot de implementatie van de wet WION (2012). Om een zo lang mogelijke historie van mogelijke invloed van graafwerkzaamheden mee te kunnen nemen in de relevantiebepaling van de verschillende typen graafwerkzaamheden zijn voor deze analyse te kunnen vinden zijn alleen afsluitercontroles **(I)** uit 2016 en/of 2017 gebruikt.
4. Om de geografische overlap tussen graafwerkzaamheden (polygonen) en afsluitercontroles (punten) te kunnen bepalen is een geografische intersectie toegepast in GIS. Op die manier kan achterhaald worden welke punten (afsluitercontroles) in welke polygonen (graafwerkzaamheden) vallen.
5. Graafwerkzaamheden kunnen niet 'met terugwerkende kracht' invloed hebben op afsluiterprestaties. De datum van de aanvang van de werkzaamheden moet dus vóór de datum van afsluitercontrole liggen (waarbij eventueel afsluiterfalen geconstateerd wordt).
6. Als laatste is voor elk type graafwerkzaamheden de relatie met afsluiterfalen bepaald door de volgende waarden uit te rekenen (zie Figuur 3-15):
    A. Percentage afsluitercontroles waarbij sprake is van én een relevante[8] KLIC-melding én afsluiterfalen);
    B. Percentage afsluitercontroles waarbij sprake is van afsluiterfalen, maar er géén sprake is van een relevante KLIC-melding;
    C. Percentage afsluitercontroles waarbij er géén sprake is van afsluiterfalen, maar wel van een relevante KLIC-melding;

[8] Relevant wil hier zeggen dat het een KLIC-melding betreft van een graafactiviteit waarvan de relatie met afsluiterfalen onderzocht wordt en dat de aanvang van de betreffende graafactiviteit in de tijd vóór de datum van de geografisch samenhangende afsluitercontrole ligt.

D. Percentage afsluitercontroles waarbij er noch sprake is van een relevante KLIC-melding, noch van afsluiterfalen.

De celcombinaties tellen daarbij in alle richtingen op tot 100%.
De mogelijke invloed van een specifieke graafactiviteit op het falen van afsluiters ligt het meest voor de hand wanneer het verschil tussen de cellen A en B het grootst is.

Bij de bepaling van de mogelijke invloed van alle typen graafwerkzaamheden is gekozen om te toetsen op specifiek falen op vindbaarheid/bereikbaarheid wegens onderstrating. Dit is slechts één onderliggende oorzaak van vindbaarheid/bereikbaarheid. Hiervoor is (bij de toetsing van de verschillende graafwerkzaamheden) gekozen omdat de faaloorzaak 'onderstrating' een zeer eenduidige fysische relatie heeft met activiteiten in de omgeving, waardoor de kans op 'correlatie zonder causatie' het kleinst is. Met andere woorden: onderstrating wordt altijd veroorzaakt door het openbreken en weer terugbrengen van het trottoir of straatwerk; een activiteit waar altijd een KLIC-melding van gedaan moet worden.

De methodiek uit Figuur 3-15 is ingezet voor alle 51 typen graafwerkzaamheden die in de KLIC-WION onderscheiden worden. Voorbeelden van dergelijke typen werkzaamheden zijn 'kabels en leidingen leggen', 'rioleringswerkzaamheden', maar ook minder vaak voorkomende werkzaamheden zoals 'stobben frezen' of 'vijver graven' komen hierin voor. Voor de drie onderzochte bedrijven a, b en c is in Tabel 3-2 weergegeven in de betreffende leveringsgebieden de meest relevante (top-3) graafwerkzaamheden zijn.

TABEL 3-2 TYPEN GRAAFWERKZAAMHEDEN IN RELATIE TOT FALEN VAN AFSLUITERS OP VINDBAAR/BEREIKBAARHEID (WEGENS ONDERSTRATING) PER BEDRIJF; OP VOLGORDE VAN INVLOEDSGROOTTE (ALLEEN WERKZAAMHEDEN MET EEN VERSCHIL > 5 %-PNT).

Bedrijf	Type graafwerk	Falen & KLIC (A) [%]	Falen & geen KLIC (B) [%]	Verschil [%-punt]
a	Kabels/leidingen leggen	65%	35%	30
	Persing/boring	60%	40%	20
	Huisaansluitingen maken	59%	41%	18
	Proefsleuven graven	57%	43%	14
b	Proefsleuven graven	62%	38%	24
	Kabels/leidingen leggen	59%	40%	19
	Bodemonderzoek	56%	43%	13
	Rioleringswerkzaamheden	54%	45%	9
c	Kabels/leidingen leggen	65%	35%	30
	Huisaansluitingen maken	61%	39%	22

Voorbeeld bij Tabel 3-2: Een verschil van 32 procent-punt (voorbeeld rang 1, bedrijf c) betekent dat in het leveringsgebied van bedrijf c het faalpercentage binnen en buiten gebieden waar kabels/leidingen gelegd zijn verschilt met 32 procent-punt.

In het verdere onderzoek (volgende paragrafen) naar de invloed van graafwerkzaamheden op afsluiterprestatie zijn (voor een zo scherp mogelijke beeldvorming) steeds alleen werkzaamheden meegenomen waarbij het verschil tussen de cellen A en B in Figuur 3-15 groter is dan 5% (Tabel 3-2). Met andere woorden: wanneer het verschil tussen deze cellen kleiner is dan 5% is er weinig verschil tussen de afsluiterfalen (wegens onderstrating) binnen

en buiten de gebieden waar de betreffende type graafwerkzaamheden uitgevoerd zijn. Er is dan geen reden om aan te nemen dat het betreffende type graafwerkzaamheden in de geanalyseerde periode invloed uitgeoefend heeft op het falen van afsluiters.

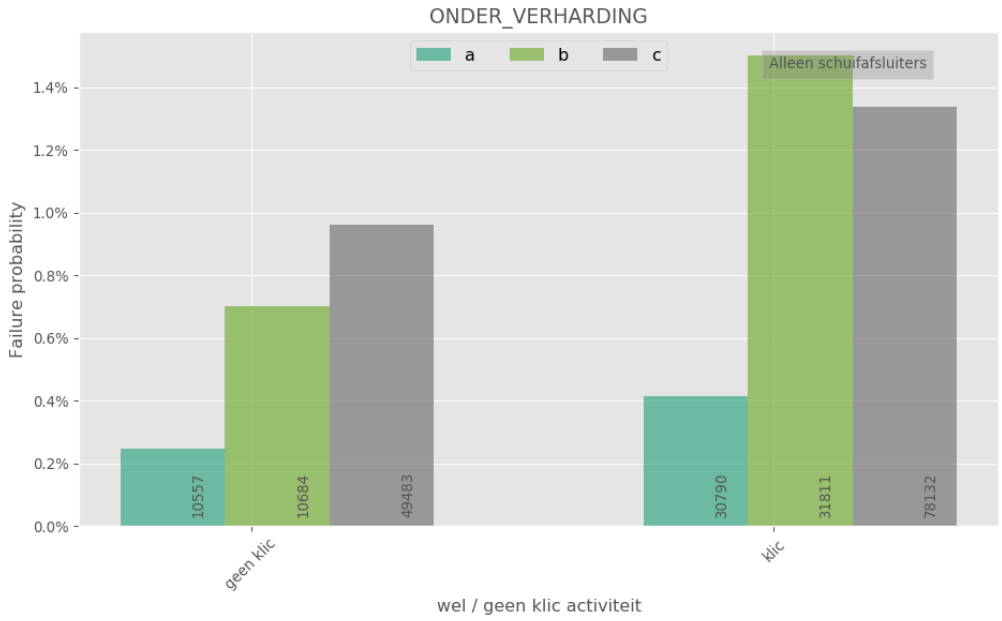
Het is opvallend dat de activiteit 'wegwerkzaamheden' niet voorkomt in Tabel 3-2. Hier is wel een logische verklaring voor. Wegwerkzaamheden hebben betrekking op het wegvak zelf, terwijl drinkwaterleidingen (en afsluiters) doorgaans in het trottoir liggen. Dit is ook het deel van de openbare ruimte waar gegraven wordt voor kabels en leidingen.

3.4.5 Graafwerkzaamheden: invloed per gebied

Zoals Tabel 3-2 laat zien verschilt de invloed van de verschillende graafwerkzaamheden per bedrijf (leveringsgebied). De mate waarin verschillende typen graafwerkzaamheden samenhangen met afsluiterfalen kan gezien worden als een soort blauwdruk voor een specifiek gebied. In de context van dit onderzoek betreft dit steeds het gehele leveringsgebied van een specifiek drinkwaterbedrijf. In de verdere toepassing van deze methode kan ook verfijnd worden naar specifieke regio's of gemeenten om te achterhalen op welke locaties het het vaakst misgaat bij werkzaamheden in de omgeving. Ook kan, op basis van gegevens uit de KLIC-meldingen achterhaald worden of er specifieke aannemers of partijen zijn die vaker problemen veroorzaken. Dit kan nuttige informatie bieden voor de te voeren beheersmaatregelen (zie deel A, Hoofdstuk 2).

3.4.6 Graafwerkzaamheden: invloed in gehele leveringsgebied

Met de resultaten uit §3.4.4 is voor de gehele leveringsgebieden van de bedrijven a, b en c bepaald in hoeverre graafwerkzaamheden (waarvan bepaald is dat deze relevant zijn voor het betreffende bedrijf) bijdragen aan het falen van afsluiters op vindbaarheid en bereikbaarheid.



FIGUUR 3-16 VERGELIJKING AFSLUITERCOHORTEN BINNEN EN BUITEN RELEVANTE GRAAFGEBIEDEN.

Figuur 3-16 laat zien dat falen op vindbaarheid/bereikbaarheid door onderstrating in gebieden met relevante graafwerkzaamheden (Tabel 3-2) een factor 1,5 tot 2 hoger ligt dan elders.

De uitkomsten van de analyse zoals weergegeven in Figuur 3-16 houden (naast de weergave voor suboorzaak 'onder verharding') in bredere zin ook stand voor de hoofdcategorie 'vindbaarheid/bereikbaarheid'.

3.5 Conclusies

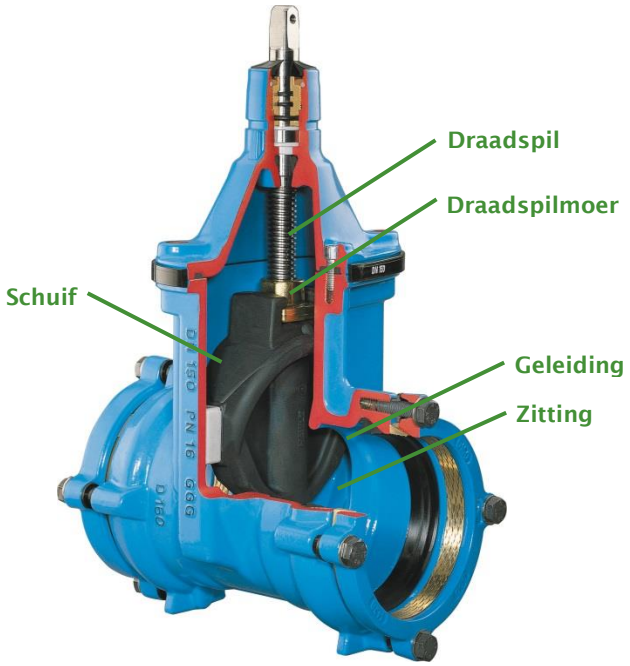
In de voorgaande paragrafen is steeds voor één verklarende variabele onderzocht of er een zichtbare samenhang is met het falen van afsluiters door een specifieke oorzaak (niet vindbaar-bereikbaar, niet draaibaar, etc.). Afgezien van de individuele uitkomsten van deze analyses blijkt regelmatig dat er grote verschillen zitten tussen de uitkomsten per drinkwaterbedrijf. Deze verschillen kunnen in sommige gevallen verklaard worden maar meestal zijn er – op moment van schrijven – geen duidelijke oorzaken aan te wijzen voor deze verschillen. Beter begrip van deze oorzaken geeft inzicht hoe drinkwaterbedrijven van elkaar kunnen leren op het vlak van afsluiterbeheer.

Ten aanzien van de meeste onderzochte factoren geldt dat er op basis van de huidige gegevens geen geheel eenduidige samenhang zichtbaar is. Eenduidig wil daarbij zeggen dat er een duidelijk verband is tussen de betreffende factor het falen van afsluiters op en specifiek aspect en dat dit verband bij alle onderzochte bedrijven (min of meer) zichtbaar is. Waar samenhang gevonden is, is deze steeds bedrijfsspecifiek. De enige uitzondering hierop is de invloed van graafwerkzaamheden op het falen van afsluiters. De mate van deze invloed en de betreffende van invloed zijnde graafactiviteiten verschillen per bedrijf, maar invloed van graafwerkzaamheden is bij alle onderzochte bedrijven zichtbaar.

4 Meting draaibaarheid

4.1 Achtergrond werking schuifafsluiter

In het distributienet worden voornamelijk schuifafsluiters toegepast. Bij dit type afsluiter wordt de afdichting verkregen met behulp van een schuif die, door middel van een spindel, loodrecht op de leidingas wordt bewogen (Figuur 4-1). De op- en neergaande beweging van de schuif over de draadspil ontstaat doordat de draadspil door de draadspilmoer (bovenop de schuif) draait. De draadspil wordt aangedreven door de spindel in de schutbuis (niet zichtbaar in Figuur 4-1), waarvan de spindelkop uitkomt in de straatpot aan het maaiveld, vanwaar de afsluiter bediend wordt met een afsluitersleutel.



FIGUUR 4-1 VOORBEELD VAN EEN DN 150 SCHUIFAFSLUITER.

De draaibaarheid van een afsluiter wordt bepaald door de weerstand die ondervonden wordt bij het dichtdraaien van de afsluiter. Deze weerstand treedt op verschillende plaatsen op:

- Bij het aanvangen van het draaien moet een zekere minimale weerstand overwonnen worden om de beweging van de draadspil door de draadspilmoer in gang te zetten.
- Wanneer de schuif langs de geleiding naar beneden schuift ontstaat weerstand tussen de schuif en de geleiding.
- Wanneer de schuif in de zitting gedrukt wordt loopt de weerstand op tot het punt waar de schuif niet verder in de zitting kan zakken.

Wanneer er enige afname van de toestand van de afsluiter is kan door verschillende oorzaken de weerstand toenemen:

- Bij corrosie op de draadspil zal de gang door de draadspilmoer minder soepel verlopen. Corrosie ter plaatse van de draadspilmoer kan ervoor zorgen dat het aanvangsmoment toeneemt (het kost dan meer moeite om de afsluiter ‘los’ te krijgen).

- In het geval de spindel krom (concentrisch) is kan deze langs de binnenkant van de schutbuis schuren waardoor extra weerstand ontstaat.
- Wanneer zich zand in de schutbuis bevindt zal de spindel meer weerstand ondervinden bij het draaien in de schutbuis.
- Sediment in de geleiding of zitting van de afsluiter kan ervoor zorgen dat de schuif extra weerstand ondervindt wanneer deze naar beneden beweegt.

De draaibaarheid van een afsluiter wordt bepaald door de totale optredende weerstand tijdens het geheel sluiten en openen van de afsluiter. Dit wordt in de hierna volgende tekst aangeduid als een 'dicht-open-cyclus' (of kortweg 'cyclus'). De draaibaarheid van een afsluiter kan objectief gemeten worden door het draaimoment te meten. Dit gemeten draaimoment laat zien welke weerstanden optreden gedurende een cyclus en is daarmee een maat voor de toestand van de afsluiter. Kanttekening hierbij is dat dit een optelling is van alle hierboven genoemde weerstandsfactoren. De exacte oorzaak van het gemeten draaimoment blijft dus hypothetisch. Hier wordt later in dit hoofdstuk verder op ingegaan.

4.2 Aanleiding meting draaimoment

Eén van de belangrijkste vragen (zie Deel B, Hoofdstuk 2) bij het maken van beleid voor afsluiterbeheer is de vraag 'met welk inspectie-interval moet ik een afsluiter controleren om deze gangbaar te houden'? Ook is daarbij de vraag *hoe* de afsluiter het beste gecontroleerd kan worden op draaibaarheid en of het voldoende is om een afsluiter enkele slagen te draaien. De draaibaarheid van afsluiters wordt gerapporteerd tijdens afsluitercontroles. Dit is een subjectieve maat, omdat iets dat voor de één zwaar is, voor de ander licht kan zijn. De reproduceerbaarheid van een dergelijke meting is dus niet gegarandeerd. Om hier nieuw licht op te werpen is onderzocht in hoeverre de toepassing van een 'automatische afsluitersleutel' bij kan dragen aan de kennis over het functioneren van afsluiters (Mesman, 2016). Inzet hiervan lijkt zeer nuttig te zijn voor dit onderzoek omdat daarmee de relatie gekwantificeerd kan worden tussen (1) de tijd tussen het draaien van afsluiters (wanneer dit door bedrijven per afsluiter geregistreerd wordt; voor een aantal bedrijven is dit het geval) en (2) een maat voor de draaibaarheid van de afsluiter (bijv. max. draaimoment).

Met de automatische afsluitersleutel kunnen verschillende gegevens van de afsluiter gemeten worden. Een meting levert twee meetreeksen op:

- Verloop van het draaimoment tijdens het de dicht-open-cylus;
- Het aantal slagen dat nodig is om de afsluiter te sluiten of te openen.

Deze gegevens geven informatie over de status en toestand van de afsluiter (Mesman, 2016):

- Draaibaarheid (bijv. op basis van het maximum moment tijdens openen/sluiten)
- De initiële stand (open, gesloten, deels gesloten, af te leiden uit het aantal slagen na minimaal 2x geheel sluiten of openen).
- Toestand spindel (al dan niet verbogen, af te leiden uit de variatie in moment per slag).

4.3 Uitvoering pilot

Tijdens het project zijn draaimomenten van afsluiters gemeten door drie bedrijven: Brabant Water, Vitens en WML. De gebruikte AIG-afsluitersleutel[9] is geproduceerd door de firma 3S Antriebe GmbH en geïmporteerd en beschikbaar gesteld voor dit onderzoek door importeur Imbema Denso (Haarlem). Met deze AIG-sleutel zijn door Brabant Water en Vitens

[9] Armatureninstandhaltungsgerät; 'apparaat voor onderhoud aan afsluiters'.

respectievelijk 298 en 271 afsluiters beproefd[10]. De meting bij WML liep nog op moment van schrijven van dit rapport. Resultaten van deze meting zijn derhalve niet opgenomen.



FIGUUR 4-2 EEN MONTEUR BEDIENT DE AIG-AFSLUITERSLEUTEL OM HET DRAAIMOMENT EN AANTAL SLAGEN VAN EEN AFSLUITER TE METEN.

Ter voorbereiding van de pilot zijn digitale gegevens van de te beproeven afsluiters overgezet naar de afslutier middels een USB-stick. De afsluitersleutel bepaalt vervolgens het maximum toegestane moment op basis van DN-waarde van de afsluiter: een afsluiter met een nominale diameter van 100 mm heeft een maximum toegestaan moment van 100 Nm. Ook gegevens van het type afsluiter zijn van belang omdat voor het sluiten van een vlinderklep minder slagen nodig zijn. Wanneer de afsluitersleutel een vlinderklep 'aanziet' voor een schuifafsluiter zal hij deze kapot draaien. Zoals eerder aangegeven zijn in dit onderzoek alleen schuifafsluiters beschouwd.

Een meetreeks is afgebroken wanneer het benodigde moment groter werd dan het technisch maximum aanvaardbaar moment van de afsluiter. Per afsluiter zijn meerdere meetreeksen verzameld, waarbij, in geval van een overschrijding van het maximum moment geschuurd is[11] (het enkele slagen open- en dichtdraaien van de afsluiter). Doorgaans staan afsluiters in de uitgangspositie (open) een kwartslag dicht omdat dit (naar men aanneemt) tot een lager aanvangsmoment leidt. Deze uitgangspositie is niet hersteld (d.w.z. geheel open draaien) voorafgaande aan de eerste meting. Dit om het eerste gemeten moment niet te beïnvloeden. Na het uitvoeren van een meting is steeds een reguliere afsluitercontrole uitgevoerd.

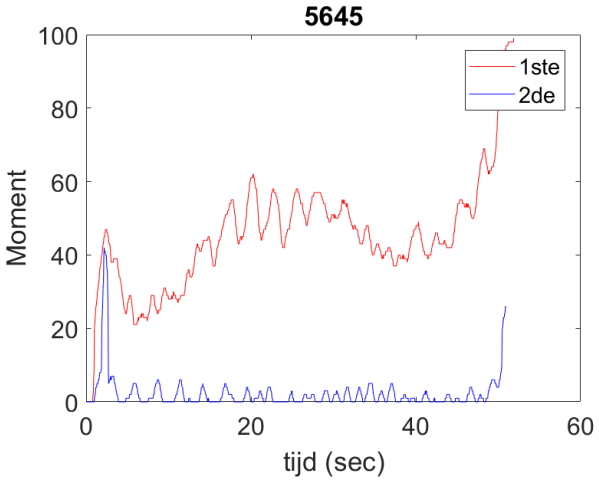
4.4 Interpretatie resultaten

4.4.1 Voorbeelden meetreeksen individuele afsluiters

Interpretatie van de uitkomsten per afsluiter is goed mogelijk door de uitkomsten van een meting weer te geven in een grafiek. Uit dergelijke figuren is, voor een enkele afsluiter, veel informatie af te leiden die ook fysisch te duiden is, hoewel deze duidingen nog wel hypothetisch zijn (d.w.z. dat er nog geen afsluiters uitgenomen zijn voor het vergelijken van een visuele beoordeling met uitkomsten van de afsluitersleutel[12]). Uit een gesprek met de leverancier blijkt dat er in Duitsland een onderzoek zal gaan lopen waarin de relatie onderzocht zal worden tussen gemeten momentwaarden en (visuele) inspecties van uitgenomen afsluiters.

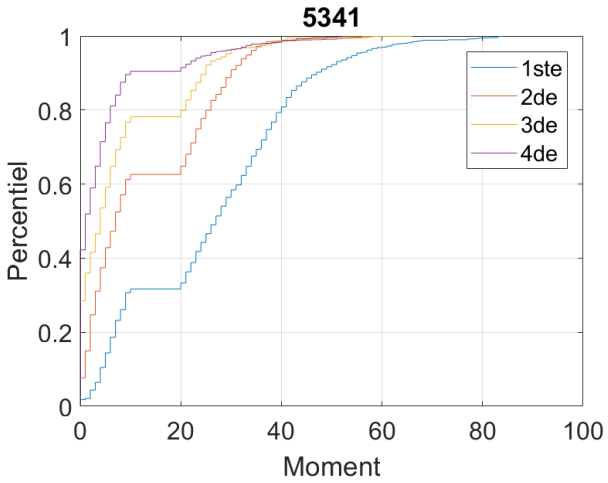
Hieronder worden een aantal voorbeelden gegeven van typische situaties die in praktijk voor kunnen komen. Hierbij is steeds alleen het moment tijdens dichtdraaien van de afsluiter weergegeven voor de verschillende cycli waarbij de afsluiter geheel dicht- en opengedraaid is.

[10] In totaal waren ruim 600 afsluiter ingepland, maar door omstandigheden (falen wegens vindbaarheid, afsluiter onder drukke weg, etc.) zijn niet alle afsluiters daadwerkelijk beproefd.
[11] Bij Vitens is er alleen geschuurd tijdens de tweede meetreeks, bij Brabant Water is er alleen geschuurd tijdens de eerste meetreeks.



FIGUUR 4-3 MEETREEKSEN DRAAIMOMENT DICHTDRAAIEN AFSLUITER NR. 5645 TIJDENS EERSTE (ROOD) EN TWEEDE (BLAUW) CYCLUS.

Figuur 4-3 laat een voorbeeld zien van een afsluiter die na één dicht-open-cyclus beter draaibaar is. Het beeld dat overblijft (blauwe lijn) is een patroon voor het moment dat fysisch gezien verwacht mag worden: een hoger moment bij aanvang draaien (loskomen draadspil in draadspilmoer) en een hoger moment aan het einde wanneer de schuif in de zitting gedrukt wordt (het moment gaat hier per definitie naar het maximum (schuif kan niet verder), deze piek is hier niet weergegeven).



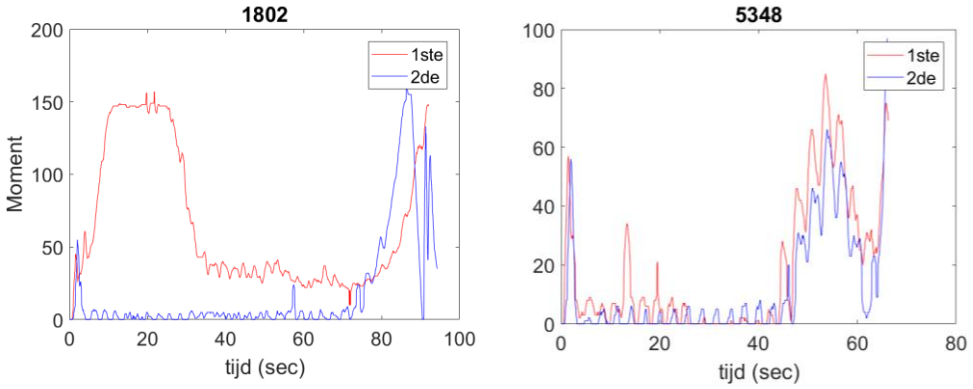
FIGUUR 4-4 CUMULATIEVE FREQUENTIE VAN GEMETEN MOMENTEN GEDURENDE VIER DICHT-OPEN-CYCLI VOOR AFSLUITER NR. 5341.

De vier dicht-open-cycli in Figuur 4-4 geven een interessant beeld van de relatie tussen het achtereenvolgens meerdere keren geheel dicht en open draaien van de afsluiter en het effect hiervan op de draaibaarheid[13]:

- Tijdens de eerste cyclus ligt bijna 70% van de gemeten momenten boven de 20 Nm. Bij de daarna komende cycli neemt dit af tot (respectievelijk) bijna 40%, ruim 20% en 10%.
- Voor hogere momentwaarden is te zien dat de situatie na één cyclus verbetert en dat er bij daarop volgende cycli (2e, 3e) geen verbetering meer optreedt (deze curven vallen

[13] Opvallend is in Figuur 4-4 dat er geen waarden gemeten zijn tussen ~10 en 20 Nm, hier wordt in de discussie bij dit hoofdstuk verder op ingegaan.

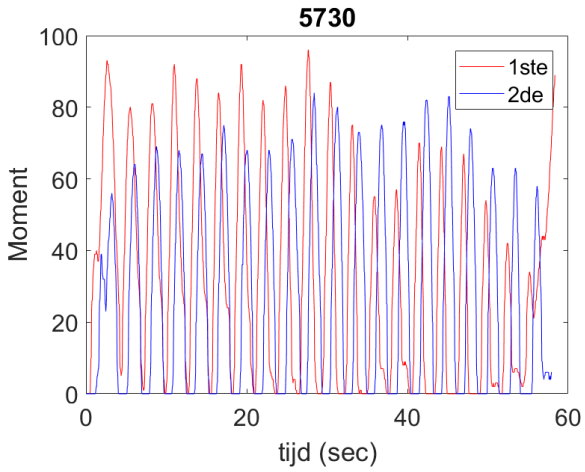
samen na het punt 40 Nm: 20% meetwaarden > 40 Nm tijdens eerste cyclus, bij daarna volgende cycli is dit overal < 5%).



FIGUUR 4-5 MEETREEKSEN DRAAIMOMENT DICHTDRAAIEN AFSLUITERS NR. 1802 EN 5348 TIJDENS EERSTE (ROOD) EN TWEEDE (BLAUW) CYCLUS.

Bij verscheidene meetreeksen zijn halverwege het traject tussen stand ‘open’ en ‘dicht’ verhoogde momentwaarden zichtbaar die duiden op een verhoogde weerstand bij het draaien van de spindel/draadspil. Met de voor dit onderzoek beschikbare gegevens kan niet bepaald worden welk weerstandspatroon specifiek bij welke fysische toestand hoort. Wel is duidelijk dat in sommige gevallen de betreffende weerstand na één cyclus afgenomen of in het geheel verdwenen is (Figuur 4-5, links), terwijl in andere situaties tijdens de tweede cyclus nog steeds een verhoogde weerstand waargenomen wordt (Figuur 4-5, rechts). Hypotheses over de samenhang tussen een specifiek weerstandspatroon en de fysische toestand van een afsluiter kunnen gebaseerd worden op het moment in de tijd waarop de weerstand optreedt; deze zegt iets over de positie van de schuif op het traject van ‘open’ naar ‘dicht’.

Er zijn ook situaties waarin het draaien van een afsluiter niet bijdraagt aan een betere draaibaarheid (Figuur 4-6). Blijkbaar is de fysische toestand van de afsluiter in dit geval lastig te beïnvloeden door het draaien van de afsluiter. Een concentrische spindel of een verzakte situatie waarbij de spindel ergens op de slag extra weerstand ondervind is een hypothese voor de sterke wisseling in moment per slag. Deze situatie wordt niet beïnvloed door draaien van de afsluiter. Ook hier geldt dat aanvullend onderzoek naar de relatie tussen het gemeten moment en de daadwerkelijke fysische toestand waardvolle kennis toe zou voegen.



FIGUUR 4-6 MEETREEKSEN DRAAIMOMENT DICHTDRAAIEN AFSLUITER NR. 5730 TIJDENS EERSTE (ROOD) EN TWEEDE (BLAUW) CYCLUS.

4.4.2 Prestatie-indicatoren

Om meetreeksen van groepen afsluiters te vergelijken is een andere aanpak nodig dan het plotten van meetreeksen. Daarom zijn tijdens het onderzoek prestatie-indicatoren gedefinieerd om verschillende kenmerken van een specifieke meetreeks te beoordelen (zie §4.4.1 hierboven voor toelichting):

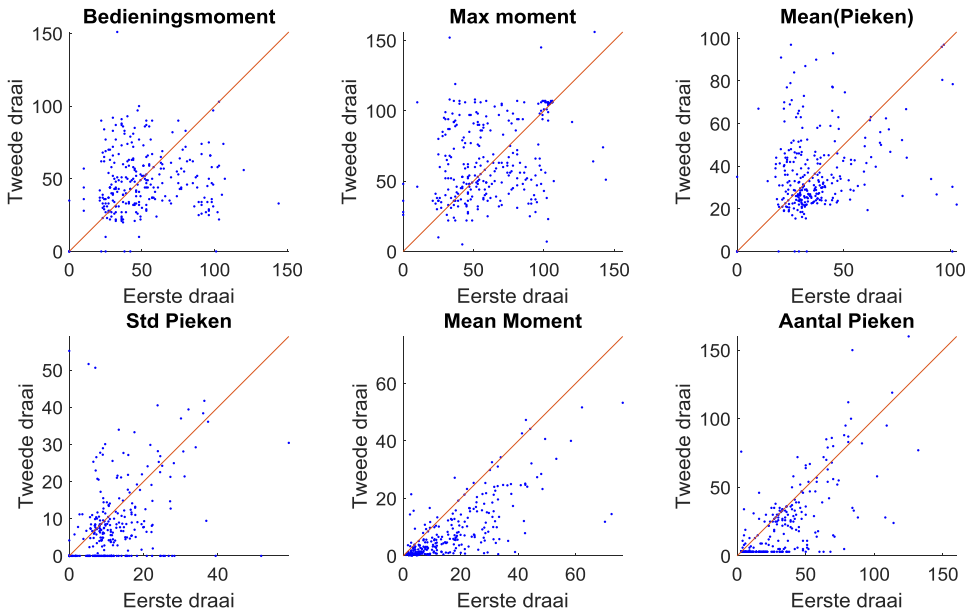
- Maximum optredend moment over het meetinterval;
- Maximum moment bij aanvang sluiten (‘aanvangsmoment’);
- Aantal pieken;
- Gemiddeld moment van de pieken;
- Gemiddeld moment over het meetinterval;
- Trend van moment over het meetinterval;
- Variatie moment over het meetinterval.

Het meetinterval is de gehele meetreeks met uitzondering van de laatste piek waarbij het moment. Op dat punt zal het moment altijd groter worden dan het maximum toegestaan moment omdat de schuif van de afsluiter op dat punt in de zitting gedrukt wordt. Het meetinterval betreft alleen het dichtdraaien van de afsluiter. De metingen gedurende het open draaien zijn dus niet meegenomen in de bovengenoemde prestatie-indicatoren.

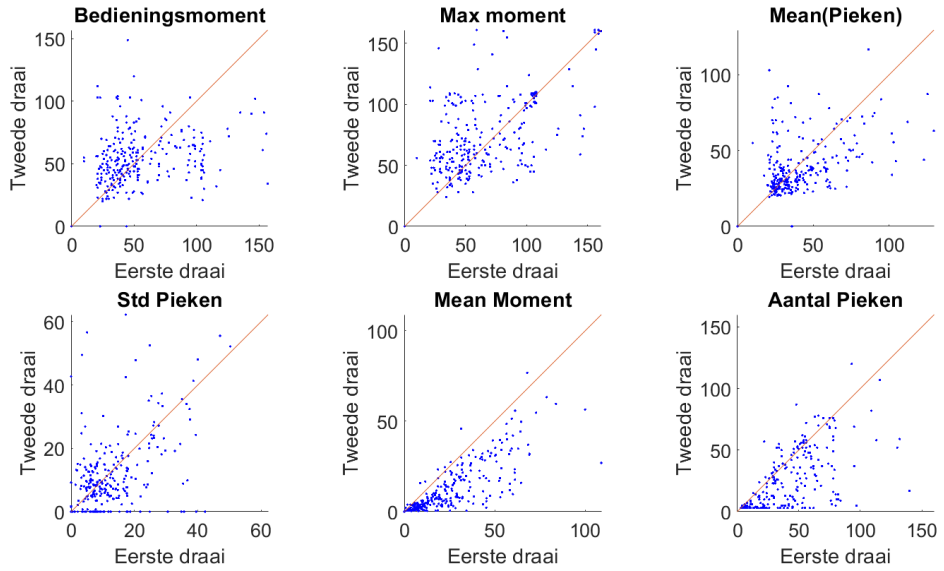
4.5 Effect meerdere ‘dicht-open’-cycli

Vrijwel alle afsluiters minimaal twee keer geheel dicht- en opengedraaid (één draaicyclus). Wanneer afsluiters beter gangbaar worden door het in beweging brengen van de afsluiter zouden prestatie-indicatoren voor het gemeten moment bij de tweede cyclus lager moeten zijn dan bij de eerst cyclus.

Voor de pilots van Brabant Water en Vitens zijn (in respectievelijk Figuur 4-7 en Figuur 4-8) voor alle hierboven genoemde prestatie-indicatoren voor alle gemeten waarden de uitkomsten van de eerste cycli uitgezet tegen de tweede cycli.



FIGUUR 4-7 PI VAN DE EERSTE CYCLUS VS. DE TWEEDE CYCLUS VOOR PILOT BRABANT WATER.



FIGUUR 4-8 PI VAN DE EERSTE CYCLUS VS. DE TWEEDE CYCLUS VOOR DE PILOT VITENS.

Een aantal zaken valt op:

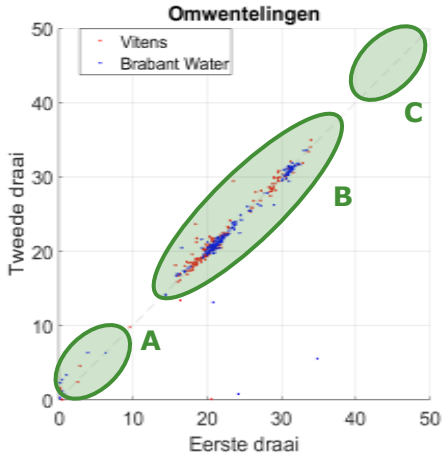
- Het aanvangsmoment is in veel gevallen in de tweede cyclus hoger dan in de eerste cyclus. Hoewel hier geen duidelijke oorzaak voor is kan dit te maken hebben met het feit dat afsluiters (in uitgangspositie) doorgaans een kwartslag dichtstaan (ten bate van de gangbaarheid, d.w.z.: een lager aanvangsmoment). Aan het einde van de eerste dicht-open-cyclus wordt de afsluiter echter geheel open gedraaid, waarna de tweede cyclus plaatsvindt. De tweede cyclus heeft dus een andere uitgangspositie dan de eerste cyclus. Dezelfde waarneming geldt voor het maximum moment, om reden dat deze in een aantal gevallen samen zal vallen met het aanvangsmoment.

- Bij het maximum moment is rond het punt (100, 100) bij zowel de pilot Vitens als de pilot Brabant Water een kleine groep afsluiters te zien die zowel in de eerste als tweede cyclus een vergelijkbaar maximum moment heeft. Blijkbaar geldt voor deze afsluiters dat er in de meetreeks een hoog maximum moment blijft bestaan, ondanks dat de afsluiter gangbaar gemaakt is.
- Bij de standaarddeviatie van de gemeten pieken geldt een tweeledige uitkomst:
    - Er is een grote spreiding te zien, wat erop duidt dat er een grote groep afsluiters is onafhankelijk van het open- en dichtdraaien momentpieken blijft vertonen.
    - Meetwaarden op de x-as duiden op een tweede groep waarvoor geldt dat de eerste cyclus de afsluiter dermate gangbaar maakt dat de piekvariatie in de tweede meetcyclus lager is. Bij Brabant Water geldt dat voor meer afsluiters het geval dan bij Vitens. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij Brabant Water het schuren toegepast is tijdens de eerste cyclus, terwijl dit bij Vitens pas in de tweede cyclus gedaan is.

- Ten aanzien van de prestatie-indicatoren ‘gemiddeld moment’ en ‘aantal gemeten pieken’ geldt dat de meeste punten zich beneden de rode lijn ‘x=y’ bevinden. Dit betekent dat voor veel afsluiters geldt dat deze na één dicht-open-cyclus gemiddeld gezien gangbaarder zijn dan daarvoor. Dit effect is vooral bij Vitens goed zichtbaar omdat bij de pilot Vitens er (eventueel) pas in de tweede cyclus geschuurd is, bij Brabant Water is dit (waar nodig) ook al in de eerste cyclus gedaan. Hieruit blijkt dat het schuren van de afsluiter duidelijk een positief effect heeft op de draaibaarheid van de afsluiter.

4.6 Effect schuren op eindstand

In §4.5 is ingegaan op de relatie tussen schuren en de draaibaarheid. Schuren wordt in de praktijk niet zozeer uitgevoerd voor het meer gangbaar maken van de afsluiter, maar meer met het doel de afsluiter (zoveel mogelijk) geheel te laten sluiten. Van bepaalde afsluitergroepen is bekend dat deze bijna standaard geschuurd moeten worden voordat ze sluiten. Voor de pilots bij Vitens en Brabant Water is het aantal omwentelingen tijdens het dichtdraaien tijdens de eerste cyclus geplot tegen het aantal omwentelingen bij het dichtdraaien tijdens de tweede cyclus (Figuur 4-9).



FIGUUR 4-9 AANTAL GEREGISTREERDE ONTWENTELINGEN VOOR BRABANT WATER EN VITENS VOOR DE EERSTE EN DE TWEEDE DRAAI.

Met deze figuur zijn verschillende uitzonderlijke situaties te identificeren:

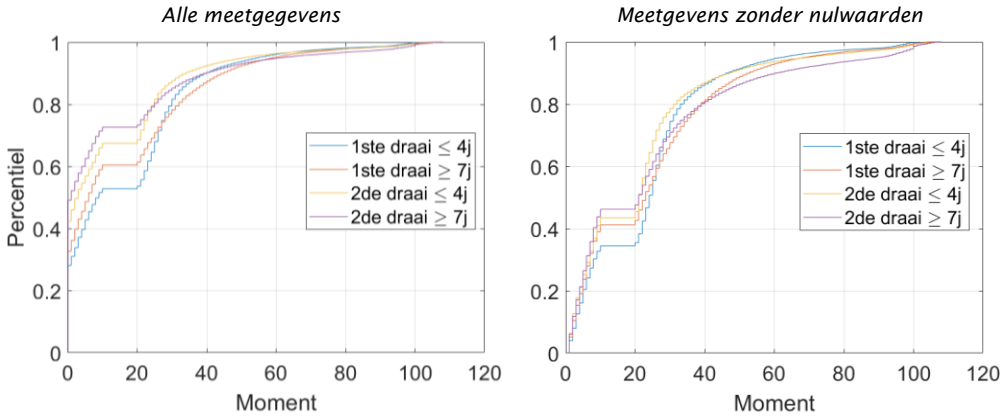
A. Een meting met minder dan 10 ontwentelingen in de eerste én de tweede cyclus duidt op een afsluiter die waarschijnlijk niet draaibaar is;

B. Afsluiters met een hoger aantal slagen in de tweede cyclus ten opzichte van de eerste cyclus stonden (bij aantreffen van de afsluiter) niet geheel open;
C. Een afwijkend hoog aantal slagen duidt op een dol draaiende afsluiter.

Wat betreft de gemeten eindstand (Figuur 4-9) zijn er geen duidelijke verschillen tussen de meetreeksen van Brabant Water en Vitens. Het is lastig om op basis van de uitkomsten te bepalen of schuren veel effect heeft op de eindstand, omdat in sommige gevallen de tweede cyclus sowieso een kwartslag hoger uit zal vallen door een andere beginpositie (zie laatste alinea van §4.3).

4.7 Relatie draaibaarheid en gebruiksinterval

De relatie tussen de draaibaarheid van een afsluiter en het gebruiksinterval (of 'inspectie-interval') is van groot belang voor het beleid ten aanzien van afsluiterbeheer. In een analyse is onderzocht of deze relatie met behulp van (a) de gemeten waarden van momenten en (b) informatie van de drinkwaterbedrijven onderzocht kan worden. Voor de afsluiters die bij Brabant Water gedraaid zijn geldt dat er gegevens beschikbaar waren over de tijd tussen de huidige meting en de laatst (bekende) tijdstip waarop de afsluiters gedraaid zijn. Door deze gegevens te combineren met de gemeten momenten kan de hierboven genoemde relatie onderzocht worden. Hiervoor zijn cumulatieve frequentieverdelingen gemaakt van de meetgegevens van alle afsluiters samen (alleen meetgegevens over het dichtdraaien tijdens eerste en tweede cyclus). Deze frequentieverdelingen zijn gemaakt voor vier groepen: kortere/langere tijd niet gedraaid en eerste/tweede cyclus (Figuur 4-10).



FIGUUR 4-10 CUMULATIEVE FREQUENTIEVERDELING VAN GEMETEN WAARDEN (ALLEEN TIJDENS DICHTDRAAIEN) VAN ALLE AFSLUITERS IN DE PILOT BIJ BRABANT WATER, GESCHEIDEN PER GROEP: TIJD TOT LAASTE INSPECTIE: ≤ 4 JAAR OF ≥ 7 JAAR EN 1E OF 2E KEER DICHTDRAAIEN. IN DEZE ANALYSE ZIJN ALLEEN AFSLUITERS MET EEN DIAMETER VAN 100 MM BESCHOUWD.

Zoals eerder in een voetnoot opgemerkt valt op dat er geen waarden gemeten worden op het interval dat ongeveer gelijk is aan 10 en 20 Nm. Het is niet duidelijk wat hier de oorzaak van is. In de linkerfiguur zijn alle nulwaarden weggelaten uit de dataset. Hierdoor is de spreiding van de verschillende cumulatieve frequenties voor de hogere momentwaarden beter zichtbaar. Figuur 4-10 laat zien dat afsluiters die langere tijd niet gedraaid zijn (≥ 7 jaar) na de eerste cyclus minder goed draaibaar zijn dan afsluiters die een kortere tijd geleden gedraaid zijn (≤ 4 jaar). Het verschil is echter verwaarloosbaar klein; respectievelijk 3% van de meetwaarden > 80 Nm versus 2% van de meetwaarden > 80 Nm: een verschil van 1%-punt. Op de verticale lijn van 50 Nm is dit verschil groter, maar nog steeds verwaarloosbaar (2%-punt).

4.8 Discussie

- De afsluitersleutel geeft (bij afsluiters die goed gangbaar zijn) regelmatig nulwaarden. Dit is goed te zien in Figuur 4-10: voor alle eerste cycli geldt dat 30% van de gemeten waarden nulwaarden zijn. Bij alle tweede cycli is dit aandeel 50%. In werkelijkheid zal het moment dan niet helemaal nul zijn; in dat geval zou er geen weerstand zijn, wat onmogelijk is. Wel zullen deze 'nulwaarnemingen' een laag daadwerkelijk moment representeren (hogere momenten worden namelijk wel gemeten). Hier lijkt dus een 'meetdrempel' (ondergrens) te zitten. Dit heeft volgens de fabrikant te maken met de wijze waarop door de AIG-afsluitersleutel het draaimoment gemeten wordt.
- Uit verschillende analyses blijkt dat er geen metingen zijn tussen 10 – 20 Nm. Dit geldt voor alle beproefde afsluiters. Hiervoor is geen reden gevonden. Mogelijk heeft dit effect dezelfde oorzaak als het meten van de nulwaarden (punt hierboven).
- De uitkomsten van de metingen (meetreeksen) laten verschillende typische situaties zien (deel B, §4.4.1). Hogere gemeten waarden voor het moment betekent meer weerstand. Waardoor deze weerstand in de praktijk veroorzaakt wordt kan in enkele gevallen geduid worden, zoals het feit dat altijd aan het einde van een cyclus het maximum moment bereikt wordt (schuif drukt in zitting). Voor veel typische patronen geldt echter dat het op basis van deze metingen hypothetisch blijft waardoor een hoger moment (meer weerstand) veroorzaakt wordt. Om meer kennis te krijgen over de relatie tussen de metingen en de toestand van de afsluiter gaat in Duitsland een onderzoek starten waarbij fabrikant 3S Antriebe GmbH samenwerkt met de Technische Universität Berlin en DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches).
- Door combinatie van verschillende metingen met de AIG-sleutel (over een langere tijd) en gegevens uit het afsluiterbestand van een drinkwaterbedrijf kan een beeld verkregen worden hoe de toestand van een individuele afsluiter of een groep afsluiters veranderd in de tijd. Voorwaarde hiervoor is dat er een historie van afsluiteronderhoud beschikbaar is voor meerdere jaren waarin alle handelingen aan afsluiters (i.v.m. gepland/ongepland werk, inspecties, spui-acties) geregistreerd zijn. Onderzoek naar de beschikbaarheid van gegevens heeft laten zien dat deze historie in zekere mate aanwezig is bij een aantal bedrijven.

4.9 Conclusies

Ruim 700 schuifafsluiters zijn geheel dicht- en opengedraaid waarbij het draaimoment en het aantal slagen gemeten is met de AIG-afsluitersleutel van 3S Antriebe GmbH. Uit de resultaten van deze pilot kunnen een aantal conclusies getrokken worden:

- Ten aanzien van de AIG-afsluitersleutel laten de metingen zien dat er nog verfijning mogelijk voor de wijze waarop het moment gemeten wordt: er treden nog vrij veel nulwaarden op bij momenten die in werkelijkheid laag zijn, maar ongelijk aan nul. Verder worden geen waarden tussen 10 en 20 Nm gemeten.
- Een goed lopende afsluiter kent twee momentpieken in de meetreeks: één bij aanvang (gangbaar maken) en één aan het einde (wanneer de schuif in de zitting gedrukt wordt). Wanneer dit het geval is volstaat het om de afsluiter (t.b.v. het gangbaar maken) slechts enkele slagen te sluiten en te openen. Er zijn echter veel voorbeelden van afsluiters die niet een dergelijke 'ideale' meetreeks laten zien. In deze gevallen zal het enkele slagen sluiten en openen van de afsluiter niet volstaan om de afsluiter draaibaar te maken. Voorbeelden van dergelijke afsluiters zijn afsluiters waarbij het maximum moment groter is dan het gemeten aanvangsmoment.
- Voor de meeste afsluiters geldt dat het gemiddelde moment en het aantal gemeten momentpieken lager is bij de tweede cyclus. Dit laat zien dat het (meerdere keren) geheel draaien (en evt. schuren) een duidelijk positief effect heeft op de draaibaarheid van de afsluiter.

- De vergelijking tussen groepen afsluiters die kortere of langere tijd niet gedraaid zijn geeft een beperkt verschil tussen alle gemeten momenten. Dit verschil is het grootst bij de tweede dicht-open-cyclus, maar is klein. Concreet betekent dit dat de groep afsluiters die langere tijd (≥ 7 jaar) niet gedraaid is in de tweede cyclus minder draaibaar is dan de groep die kortere tijd niet gedraaid is (≤ 4 jaar), maar dat er geen grote verschillen zijn. Een tijdsafhankelijkheid van de draaibaarheid is dus niet uitgesloten, maar kan hier bevestigd noch ontkend worden. De informatie uit deze pilot biedt dus onvoldoende basis voor de bepaling van een betrouwbaarheidsinterval.

5 Bepaling effect afsluiter in afwijkende stand

5.1 Inleiding

Een onbedoelde afsluiterstand duidt op een afsluiter met een fysische stand anders dan de administratieve stand. Een afsluiter kan onbedoeld open of dicht staan. De meeste afsluiters in het distributienet staan standaard open, een afsluiter kan daar dus voornamelijk onbedoeld dicht staan.

Voorbeelden van afsluiters die wel standaard dicht staan zijn afsluiters aan het begin of einde van een leveringszekerheidsleiding, die alleen worden ingezet bij incidentele vraag of calamiteiten, of afsluiters die worden gebruikt om DMA's fysiek te isoleren, dit komt in Nederland (op dit moment) beperkt voor. Effecten van onbedoeld openstaande afsluiters zijn:

- minder controle op waterkwaliteit door slecht inzicht in de herkomst van water. Dit kan leiden tot problemen bij traceren van de bron van waterkwaliteitsklachten.
- isoleren secties, bijvoorbeeld voor reparatie lekken, kan worden bemoeilijkt, omdat er vanuit een onverwachte richting toch wateraanvoer blijft.

Er zijn verschillen tussen type netwerken:

- Primair (transportnet): als een afsluiter onbedoeld dicht staat, zal dit snel worden opgemerkt in de druk- en volumemetingen.
- Secundaire netwerken: deze netwerken zijn gelust aangelegd en in deze netwerken ligt de nadruk op leveringscontinuïteit en druk. Ook het niet-vertakte deel van het netwerk met aansluitingen wordt onder het secundaire net geschaard.
- Tertiaire netwerken; dit zijn de zelfreinigende vertakte netwerken met aansluitingen. Tertiaire netwerken worden in principe afsluiterloos aangelegd.

De focus in dit hoofdstuk ligt op de meerderheid van de afsluiters in het secundaire net en daarmee op afsluiters die onbedoeld dicht kunnen staan. De nadruk ligt daarbij op het gedurende langere tijd onbekend onbedoeld dicht staan (meer dan een aantal dagen).

5.2 Effecten onbedoeld dicht staande afsluiters

5.2.1 Beschrijving

We maken onderscheid tussen directe effecten en effecten na opeenvolgende gebeurtenissen, zogenaamde cascade-effecten.

Directe effecten

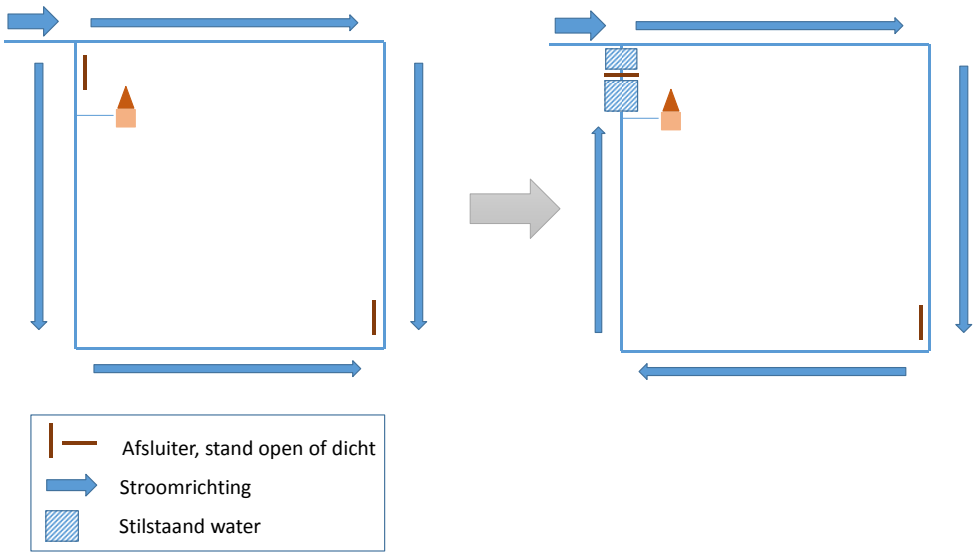
De meest directe effecten treden op bij secties met slechts 1 afsluiter, de afhankelijke secties. Zodra deze afsluiter onbedoeld dicht staat, is de sectie onmiddellijk geïsoleerd van de omringende secties. Directe effecten bij een onbedoeld dichtstaande afsluiter in een afhankelijke sectie zijn:

- Hydraulisch:
    - Het optreden van onderdruk bij consumenten en zelfs leveringsonderbrekingen (ongeplande OLM) indien er aansluitingen in de sectie zijn. Dit zal echter door

klachten van bewoners in het algemeen snel worden herkend en opgelost (minder dan een paar uur) en wordt daarom buiten beschouwing gelaten in deze rapportage.
    - niet voldoen aan de eisen bij brandkranen (druk-volume): dit wordt pas opgemerkt als de brandkraan wordt gebruikt.
- Waterkwaliteit: indien er geen aansluitingen in de sectie zijn, het optreden van een situatie met stilstaand water. Dit kan leiden tot waterkwaliteitsproblemen in omringende secties optreden (bv. bruin water) op het moment dat de afsluiter vervolgens wordt geopend. Wel is het zo dat deze effecten niet onverwacht optreden, maar alleen na opening. Dit betekent dat op dat moment effect beperkende maatregelen kunnen worden uitgevoerd.

Bij een onbedoeld dichtstaande afsluiter in een niet-afhankelijke sectie (een sectie met twee afsluiters of meer) is de sectie niet geïsoleerd en er treedt dan ook niet direct een leveringsonderbreking op. Echter, ook bij niet-afhankelijke secties zijn er directe effecten:

- Hydraulisch:
    - verandering in stroming; richting, debiet, snelheid; dit type effecten is met name van belang bij bijvoorbeeld het gebruik van sensornetwerken. Sensorlocaties worden geoptimaliseerd op specifieke hydraulische omstandigheden. Als de stroming in werkelijkheid anders is, dan presteert het sensornetwerk niet optimaal.
    - Veranderingen in druk bij aansluitingen. Naar verwachting zijn deze effecten zeer klein.
- Waterkwaliteit:
    - veranderingen in verblijftijd water in het netwerk, naar verwachting zijn deze verschillen over het algemeen klein.
    - stilstaand water tussen de afsluiter en de eerste aansluiting.
    - Spuien is minder effectief, omdat de aanvoerroutes en de locatie van het schoonwaterfront in werkelijkheid anders is dan gedacht.



FIGUUR 5-1 OVERZICHT DIRECTE EFFECTEN ONBEDOELD DICHTSTAANDE AFSLUITER.

Cascade-effecten

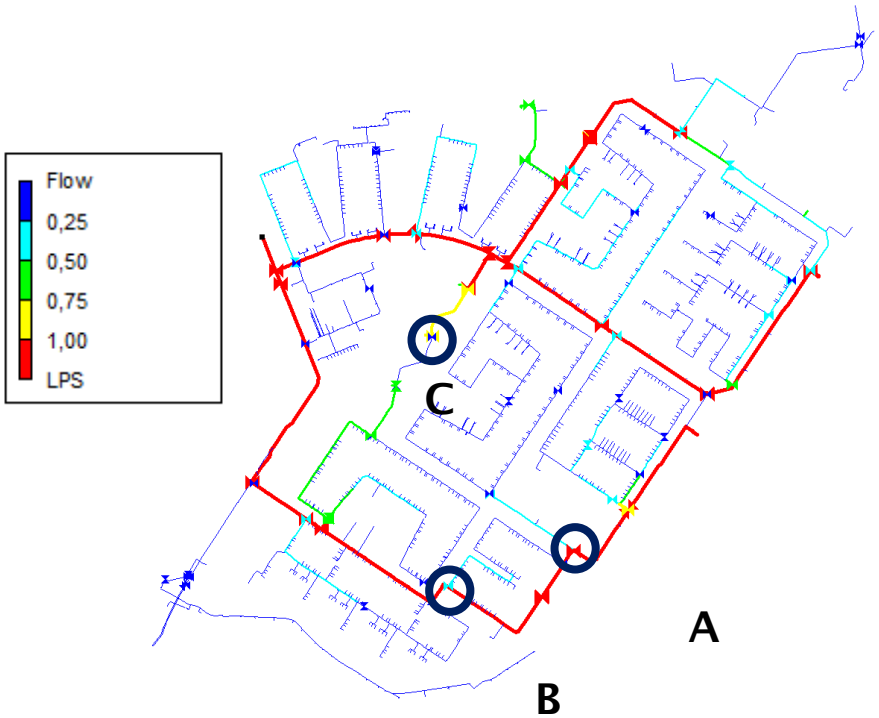
Cascade-effecten zijn effecten die niet direct optreden door de onbedoelde afsluiterstand, maar pas bij aansluitende gebeurtenissen. Als een sectie is afgesloten met twee afsluiters vormt de onbedoelde dichte stand van een afsluiter een overgang naar een onbedoeld afhankelijke sectie. Als er dan nog een gebeurtenis optreedt, kunnen alsnog de directe effecten bij afhankelijke secties optreden, maar dan in een onverwachte locatie. Voorbeelden zijn werkzaamheden, waarbij onverwacht de naastgelegen sectie wordt afgesloten.

Bij secties met meer dan twee afsluiters nemen de risico's op cascade-effecten snel af, weliswaar blijven de directe effecten voor niet-afhankelijke secties, maar deze zullen in het algemeen wel beperkter zijn van omvang. De indirecte effecten worden kleiner, omdat zelfs met één cascade-gebeurtenis de sectie niet zal worden afgesloten.

5.2.2 Voorbeelden effecten onbedoeld dicht staande afsluiters

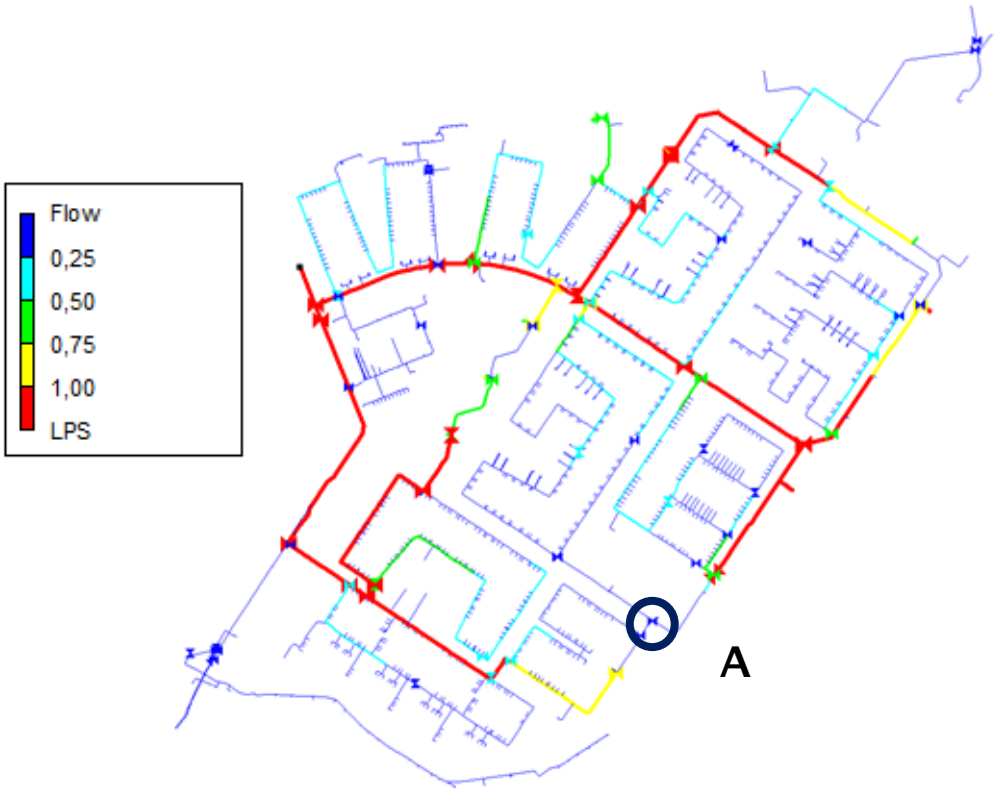
Om de effecten in de vorige paragraaf te illustreren is voor een testmodel (PWN) voor een woonwijk een aantal simulaties met onbedoeld dicht staande afsluiters uitgevoerd. Figuur 5-2 geeft een overzicht van de volumestroom in liters per seconde op een willekeurige weekdag om 8 uur in de ochtend (op basis van SIMDEUM patronen). Er is een duidelijke aanvoerroute van waaruit de aansluitingen worden gevoed. Er is een aanvoerring door de wijk met een noordelijke en een zuidelijke tak met een extra bypass aan de westkant. De wijkjes worden gevoed vanuit deze ring. Aan de volumestroom door de wijkjes is een voorkeursrichting te zien.

In dit model zijn drie simulaties uitgevoerd, bij elke simulatie is gedurende de gehele simulatie van 72 uur telkens één afsluiter dichtgezet. De zwarte cirkels in Figuur 5-2 laten de locaties van deze afsluiters zien. Eén van de afsluiters ligt in de hoofdaanvoerroute (A), één van de afsluiters vormt de toegang tot een blok aansluitingen (B) en de laatste ligt op een secundaire aanvoerroute (C).



FIGUUR 5-2 VOLUMESTROOM MET ALLE AFSLUITERS GEOPEND OM 8:00. DE ZWARTE CIRKELS DUIDEN OP DE GESLOTEN AFSLUITERS IN DE TESTSIMULATIES.

In Figuur 5-3 staat de volumestroom op een willekeurige weekdag om 8 uur in de ochtend aangegeven als de afsluiter in de zwarte cirkel wordt dichtgezet. Te zien is dat de aanvoerring onderbroken wordt en de volumestroom in het onderbroken deel neemt duidelijk af, het water wordt via een andere weg aangevoerd. Er wordt nu meer water via de extra bypass aangevoerd en via de noordkant. De wijkjes merken er niet veel van. Er is geen signaal in de drukverdeling en het verbruik wordt gewoon geleverd.

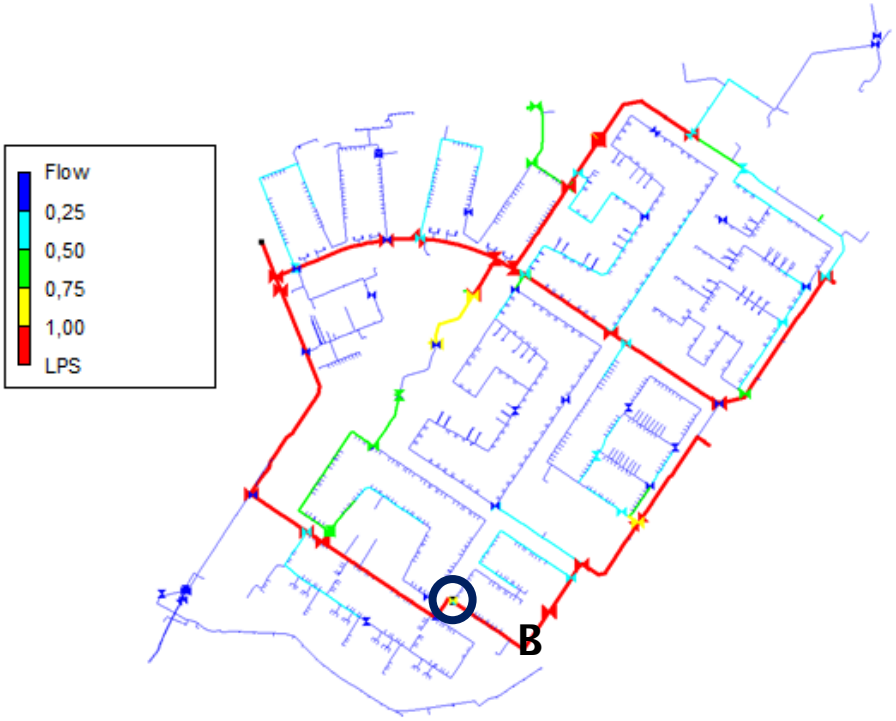


FIGUUR 5-3 VOLUMESTROOM MET AFSLUITEN VAN AFSLUITER A OM 8:00, DIAMETER 147 MM.

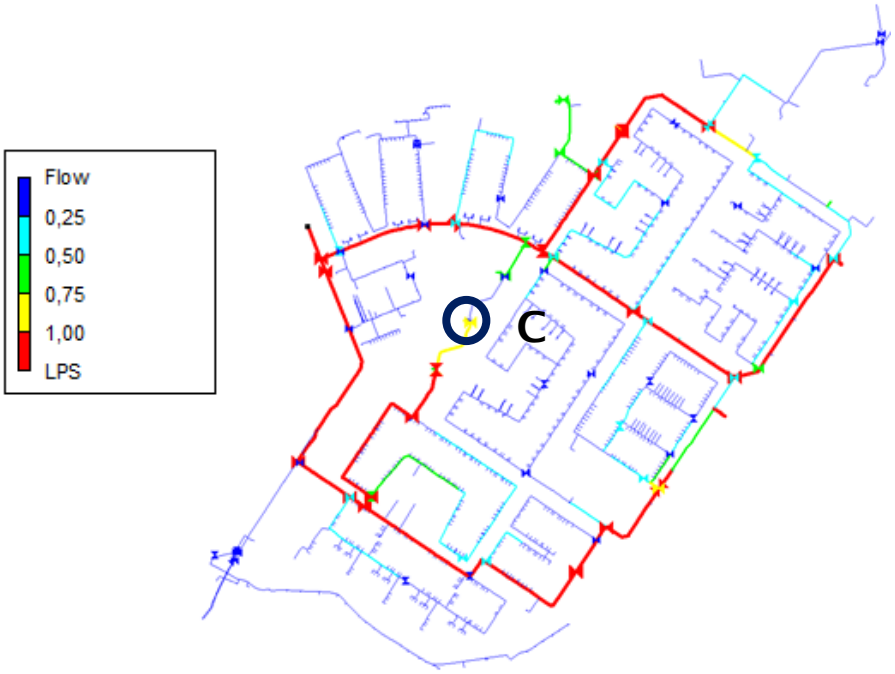
In Figuur 5-4 staat de volumestroom bij het dichtzetten van de afsluiter aan het begin van een blok woningen. Het enige effect lijkt dat het blok nu vanaf de andere ingang wordt gevoed, de volumestroom in het blok draait om.

In Figuur 5-5 staat de volumestroom bij het dichtzetten van de afsluiter in de secundaire aanvoerroute. Dat betekent dat er meer water vanuit het zuiden richting deze afsluiter komt. Hierdoor stroomt er wat minder water via de zuidelijke tak naar de oostkant van het model.

Voor alle simulaties geldt dat er geen noemenswaardige effecten in druk optraden.



FIGUUR 5-4 VOLUMESTROOM MET AFSLUITEN VAN AFSLUITER B OM 8:00, DIAMETER 100 MM.



FIGUUR 5-5 VOLUMESTROOM MET AFSLUITEN VAN C OM 8:00, DIAMETER 147 MM.

Na het dichtzetten van de afsluiters verandert de verblijftijd van het water lokaal door verandering in stroomrichting. De verschillen over het netwerk als geheel zijn echter klein (orde minuten tot uur) en worden vooral veroorzaakt door de locaties met stilstaand water. Let op; dit was een simulatie van 72 uur om een indicatie voor verschillen in verblijftijd te krijgen, de getallen zijn geen goede maat voor de werkelijke verblijftijd en de getallen zijn vertekend omdat op een deel van het netwerk geen verbruik is gemodelleerd. Alleen de verblijftijd in de wijk is gesimuleerd, niet de verblijftijd in het netwerk vanaf het pompstation.

	Geopend	A	B	C
Gemiddelde verblijftijd na 72 uur simulatie [uur]	10,81	10,97	10,91	10,42
Gemiddelde verschil met alle afsluiters open na 72 uur [uur]	0	0,15	0,1	-0,39
Maximum absoluut verschil na 72 uur simulatie op één knoop [uur]	0	64,43	65,91	70,48

5.3 Indicatoren

5.3.1 Inleiding

In deze paragraaf worden een aantal indicatoren voor de impact van een onbedoelde afsluiterstand benoemd. In de volgende paragraaf worden deze indicatoren getoetst met een voorbeeldberekening.

Alegre *et al.* (2006) definiëren een aantal eisen waaraan prestatie-indicatoren moeten voldoen:

- Duidelijke definitie;
- In redelijke mate haalbaar;
- Beoordeelbaar met eenduidige uitleg;
- Universeel toepasbaar;
- Eenvoudig en goed te begrijpen;
- Kwantificeerbaar;
- Onderscheidend;
- Essentieel voor een effectieve vergelijking.

Voor de selectie moet een goede balans gevonden worden in het aantal indicatoren. Als het aantal te hoog is, bemoeilijkt dit het implementeren vanwege de hoge inspanning die het meten en monitoren vergt (zowel op gebied van kosten als tijd). Als het aantal te laag is, dan ontstaat er geen helder beeld. Als er verschillende indicatoren worden gecombineerd voor een totaalbeeld is het van belang dat de structuur, de waarde en het detailniveau op elkaar zijn afgestemd.

Het gebruik van indicatoren is een iteratief proces waarbij ervaringen met de indicatoren worden verwerkt en het gewicht van individuele indicatoren in het totaalbeeld kan worden aangepast.

5.3.2 Wettelijke eisen

Er zijn wettelijke eisen aan druk en volumes te leveren water. Hierop kunnen de netten inclusief verkeerde afsluiterstand worden doorgerekend.

De wettelijke eisen zijn samen te vatten als een druk van 150 kPa bij de leveringspunten, inclusief drukverlies in de aansluiting komt dit neer op 180 kPa op de laatste dienstkraan in het tertiaire net (Meerkerk, 2017). Drinkwaterbedrijven hanteren in veel gevallen een minimale druk op een maximum dag variërend van 220 tot 250 kPa.

Er is geen eis aan verblijftijd, indirect speelt de verblijftijd een rol in de eisen aan aanwezigheid van stoffen en organismen.

Naast de wettelijke eisen zijn er bedrijfsstandaarden over drukval, aantal aansluitingen per sectie, aantal kilometer per sectie, volume per sectie e.d., maar deze verschillen per bedrijf en worden in deze rapportage niet meegenomen.

5.3.3 Gevoeligheid van afsluiters voor hydraulische effecten

De belangrijkste hydraulische effecten zijn het potentiële effect op leveringsonderbrekingen en de prestatie van sensornetwerken. De invloed van afsluiterstanden op de prestatie van sensornetwerken is afhankelijk van het doel van het net en is te bepalen door de prestatie t.o.v. het doel van het sensornetwerk (bv. 80% detectie van besmettingen) te berekenen voor zowel het leidingnetwerk zonder onbedoelde afsluiterstanden als met (van Thienen, 2014). Een dergelijke berekening is binnen dit project niet uitgevoerd, maar een voorbeeldberekening over het simuleren en monitoren van waterhardheid in het SPO project ‘De inzet van sensorgegevens en modellen voor waterkwaliteitsvraagstukken’ laat zien dat een onbedoelde afsluiterstand een aanzienlijk effect heeft op berekende resultaten (Summeren *et al.*, 2017).

Het effect van potentiële leveringsonderbrekingen wordt uitgedrukt in ongeplande potentiële OLM. De definitie van OLM (Beuken, 2015; Blokker en Geudens, 2007) wordt gegeven door

$$\mathrm{OLM} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i * K_i}{\sum K}$$

Ti is duur leveringsonderbreking, Ki aantal aansluitingen zonder water tijdens een gebeurtenis, K is het totaal aantal aansluitingen in een gebied, i is een enkele OLM gebeurtenis.

OLM is sterk afhankelijk van het aantal aansluitingen in een sectie tijdens een onderbreking en de duur van de onderbreking. We nemen een vaste onderbrekingsduur aan per potentiële OLM gebeurtenis. Daarnaast is de totale potentiële OLM afhankelijk van het aantal potentiële gebeurtenissen. De kans op een OLM gebeurtenis als effect van een onbedoelde afsluiterstand is gerelateerd aan het aantal afsluiters in een sectie. We nemen aan dat de kans op een OLM gebeurtenis door een onbedoelde afsluiterstand snel afneemt bij secties met meer dan twee afsluiters (omdat deze niet direct afhankelijk worden bij een verkeerde stand).

De indicatoren voor potentiële OLM van een onbedoeld verkeerde afsluiterstand zijn daarmee

- Het hoogste aantal aansluitingen in de twee secties die een afsluiter verbindt.
- Het voorkomen van een sectie met twee afsluiters in de twee secties die een afsluiter verbindt.

De meest kritische afsluiters zijn de afsluiters die naar voren komen uit beide indicatoren.

Deze indicatoren nemen het effect van de connectiviteit in een netwerk niet mee. Daarom worden de resultaten van de indicatoren vergeleken met twee CAVLAR berekeningen. CAVLAR berekent de ongeplande OLM van een netwerk rekening houdend met een specifieke afsluiterbetrouwbaarheid, waardoor niet alleen de direct getroffen sessies OLM ondervinden, maar ook verbonden secties. De analyses op basis van de indicatoren zijn vergeleken met twee CAVLAR berekeningen:

- CAVLAR3: standaard kritische afsluiterberekening (van Summeren en Moerman, 2015)
  In deze berekening wordt telkens één afsluiter “weggelaten” door deze een betrouwbaarheid van 0% mee te geven. Dat betekent dat de afsluiter niet dicht te zetten is op het gewenste moment. De OLM voor dit netwerk wordt bepaald en vergeleken met de OLM van het netwerk inclusief afsluiter. Deze exercitie wordt voor iedere afsluiter in het netwerk herhaald. De afsluiter met het grootste verschil in OLM t.o.v. de berekening met alle afsluiters is de meest kritische afsluiter als alleen wordt uitgegaan van kans en effect door falen.
- CAVLAR3.1: kritische afsluiterberekening bij het voorkomen van één foutieve stand
  Om het effect van een onbedoeld dichte stand van een afsluiter te bepalen is een nieuwe CAVLAR berekening ontwikkeld. In deze berekening wordt telkens één afsluiter "weggehaald” uit het netwerk door deze fysiek uit het netwerk te verwijderen en de leiding ter plekke door te knippen. Het verschil met CAVLAR3 is dat in CAVLAR3.1 de afsluiter dicht is, terwijl de afsluiter open moet zijn, terwijl in CAVLAR3 de afsluiter open is, terwijl deze dicht moet. De uitkomst van CAVLAR3.1 wordt gegeven in verschil in OLM t.o.v. het netwerk met alle afsluiters aanwezig. De afsluiter die het grootste verschil in OLM geeft, is de meest kritische afsluiter voor het effect van een onbedoeld dichte stand.

Door de resultaten van CAVLAR3 en CAVLAR3.1 te vergelijken is te zien of er verschillen bestaan tussen welke afsluiters kritisch zijn door falen en door onbedoeld verkeerde standen.

5.3.4 Gevoeligheid van afsluiters voor effecten op waterkwaliteit

Bij afsluiters die onbedoeld dicht staan ontstaan locaties met stilstaand water, namelijk dat deel van het leidingnet tussen de afsluiter en de dichtstbijzijnde locatie met verbruik. Bij openen van de afsluiter wordt dit water verstoord, waarbij bezonken sediment en microbiologische nagroei kunnen worden opgewerveld en richting verbruikers worden getransporteerd. Dit kan leiden tot bruinwaterklachten. De kans op bruinwaterklachten is gerelateerd aan het volume stilstaand water, hoe groter het volume, hoe meer mensen bruinwater kunnen tappen als de afsluiter wordt geopend (indien geen of beperkt effect beperkende maatregelen worden uitgevoerd).

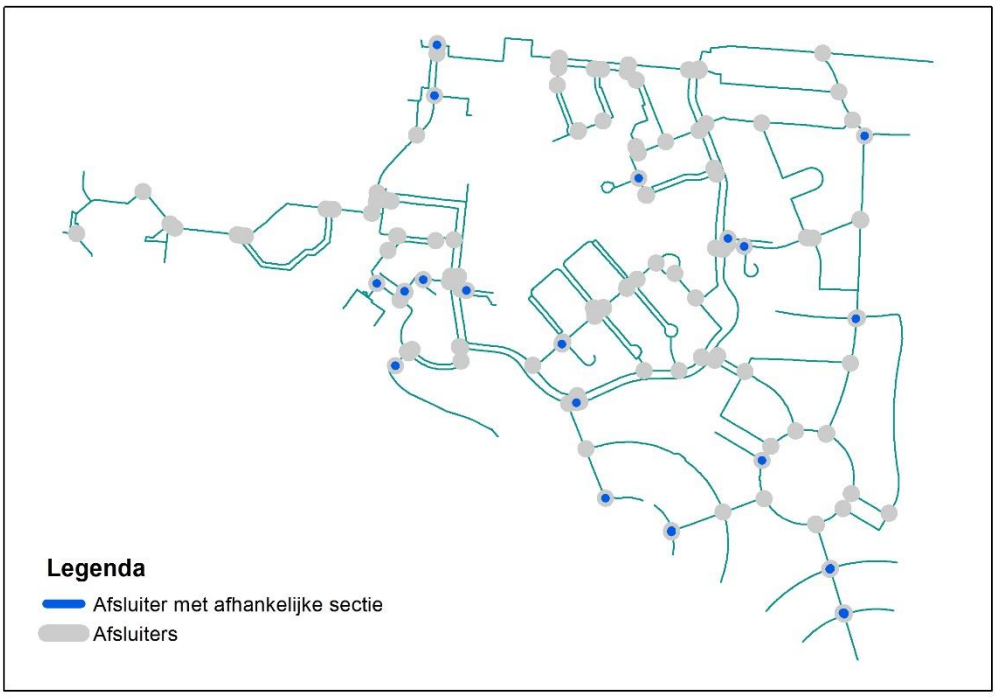
De indicator is daarom het volume stilstaand water dat ontstaat bij een onbedoeld verkeerde stand. Dit volume wordt in deze rapportage bepaald in GIS als de afstand van de afsluiters tot de dichtstbijzijnde aansluitingen in de aangrenzende secties vermenigvuldigd met de diameter van de leiding waarin de afsluiter zich bevindt. Deze berekening is een benadering die voor de voorbeeldberekening in deze rapportage voldoende is, maar moet als onderdeel van een standaard rekenmethodiek nauwkeuriger worden bepaald.

Een onbedoelde afsluiterstand heeft ook effect op de effectiviteit van spuiprgramma’s. Momenteel bestaat er geen methode om de effectiviteit van spuiprogramma’s te kwantificeren, uitgaande van dat spuien effectief is op locaties waar wordt gespuid, is de effectiviteit alleen afhankelijk van de omvang van het gebied waar niet wordt gespuid.

5.4 Resultaten analyse vermaasd netwerk

5.4.1 Beschrijving netwerk

Als toets voor de indicatoren is een berekening gedaan voor een voorbeeldnetwerk, een reëel netwerk in Sittard met een vermaasd ontwerp en 1019 aansluitingen. Het net is 14,2 km lang en bevat voor 7,2 km leidingen met diameters kleiner dan 100 mm en 7 km leidingen met diameters groter of gelijk 100 mm. Er zijn 140 afsluiters, waarvan er 23 verbonden zijn met een afhankelijke sectie, zie Figuur 5-6. Dat betekent dat er in de indicatoranalyse 117 afsluiters zijn meegenomen. Voor meer informatie over het netwerk zie Agudelo-Vera en Blokker (2014); Agudelo-Vera en Blokker (2016).



FIGUUR 5-6 OVERZICHT VAN HET NETWERK MET AFSLUITERS EN AFSLUITERS MET TENMINSTE EEN AANGRENZENDE AFHANKELIJKE SECTIE.

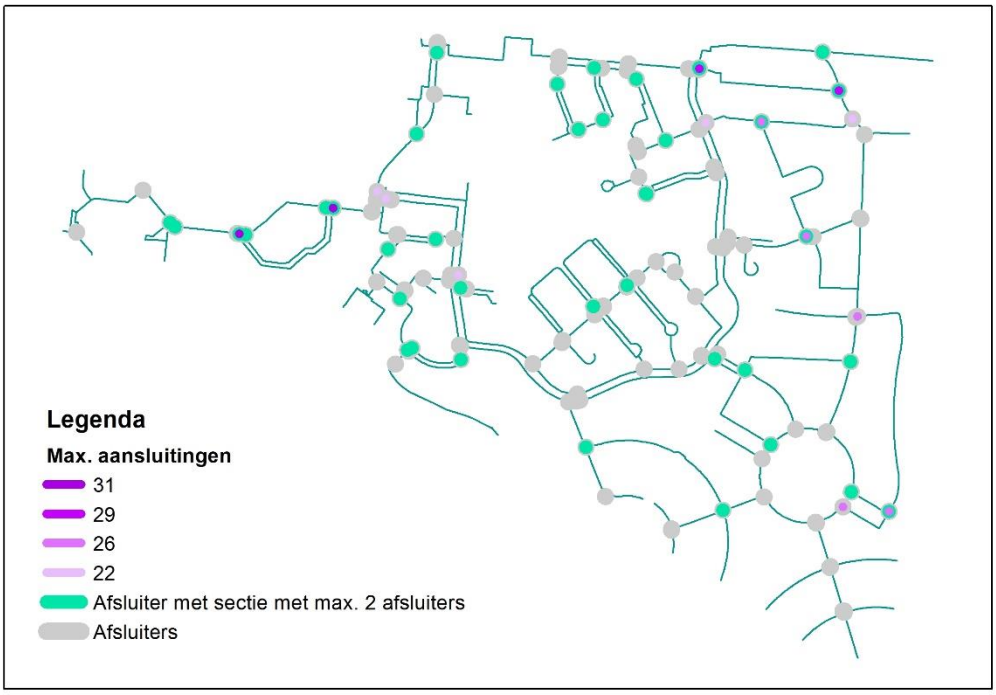
5.4.2 Resultaten toetsing indicatoren

Gevoeligheid voor leveringsonderbrekingen

In Figuur 5-7 staan de afsluiters weergegeven die

- Aan tenminste één sectie grenzen met maximaal twee afsluiters;
- De meeste aansluitingen in een aangrenzende sectie hebben (10% hoogste aantal aansluitingen).

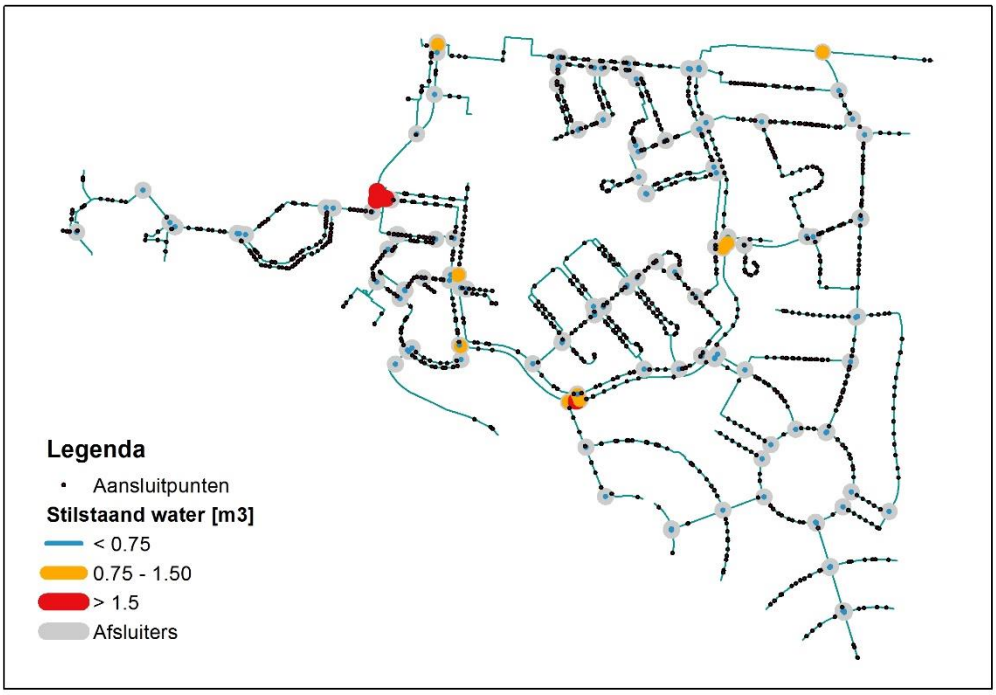
Er zijn 7 afsluiters die naar voren komen bij beide indicatoren en daarom als meest kritisch voor gevoeligheid voor leveringsonderbrekingen worden benoemd. Let op; de sectie met maximaal twee afsluiters komt niet noodzakelijkerwijs overeen met de sectie met de meeste aansluitingen.



FIGUUR 5-7 OVERZICHT VAN DE AFSLUITERS MET TENMINSTE EEN SECTIE MET MAXIMAAL TWEE AFSLUITERS EN DE AFSLUITERS MET VEEL AANSLUITINGEN IN EEN AANGRENZENDE SECTIE.

Waterkwaliteit

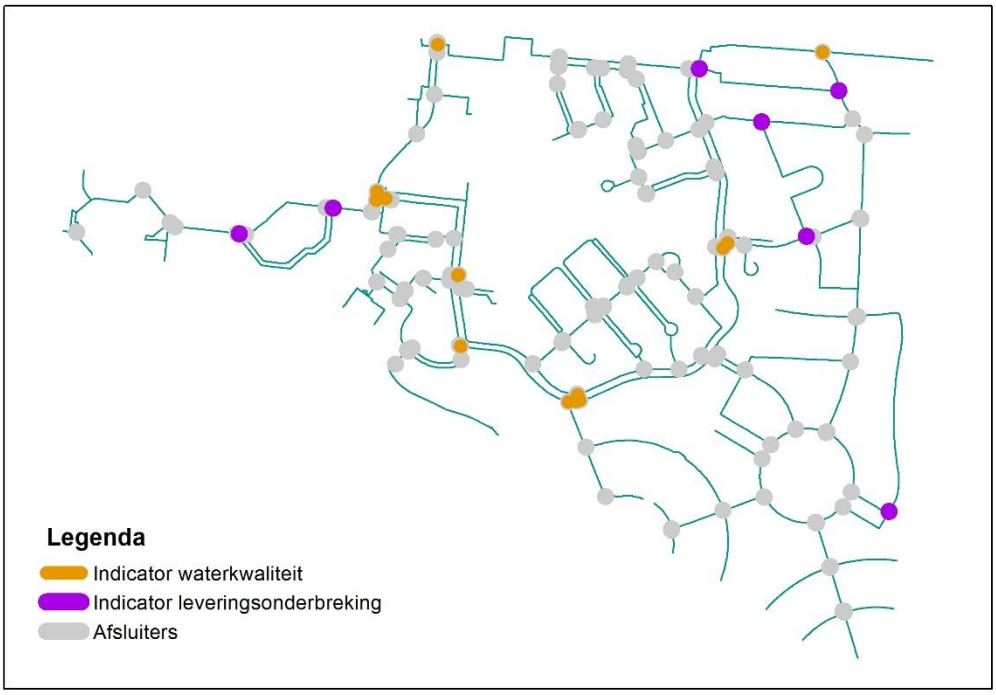
In Figuur 5-8 staan de volumes stilstaand water aangegeven bij een verkeerde stand van een afsluiter. Het maximum volume stilstaand water is 2,9 m^3. Alle afsluiters met een volume groter dan 1,5 m^3 liggen in leidingen met diameters van 160 mm. Het is duidelijk dat niet iedere afsluiter een even groot effect geeft bij het vrijkomen van het stilstaande water na openen van de onbedoeld dicht staande afsluiter.



FIGUUR 5-8 POTENTIËLE VOLUMES STILSTAAND WATER ROND AFSLUITERS BIJ VERKEERDE STAND. OOK ZIJN DE LOCATIES AANGEGEVEN WAAR DE AANSLUITINGEN ZIJN.

Totaaloverzicht

In Figuur 5-9 staat het totaaloverzicht van de meest kritische afsluiters door het effect van een verkeerde stand op basis van de indicatoren voor waterkwaliteit en leveringsonderbrekingen. Opvallend is dat beide indicatoren (leveringsonderbreking en waterkwaliteit) geen enkele overlap laten zien. Dit komt omdat de indicatoren in praktijk verschillende kanten op werken. De meeste drinkwaterbedrijven hebben beleid dat sectiegrootte koppelt aan het aantal aansluitingen én een criterium voor maximum leidinglengte in een sectie. Als de hoeveelheid potentieel stilstaand water groot is (grote afstand afsluiter tot huisaansluitingen), dan is de kans groot dat er in de sectie weinig aansluitingen zijn (potentieel effect leveringsonderbreking). Welke afsluiters uiteindelijk als meest kritisch worden beschouwd is dus erg afhankelijk van het belang dat een drinkwaterbedrijf hecht aan waterkwaliteit dan wel leveringsonderbrekingen.



FIGUUR 5-9 TOTAALOVERZICHT KRITISCHE AFSLUITERS DOOR EFFECT VERKEERDE STAND OP BASIS VAN INDICATOREN.

5.4.3 Resultaten analyse CAVLAR3 en CAVLAR3.1

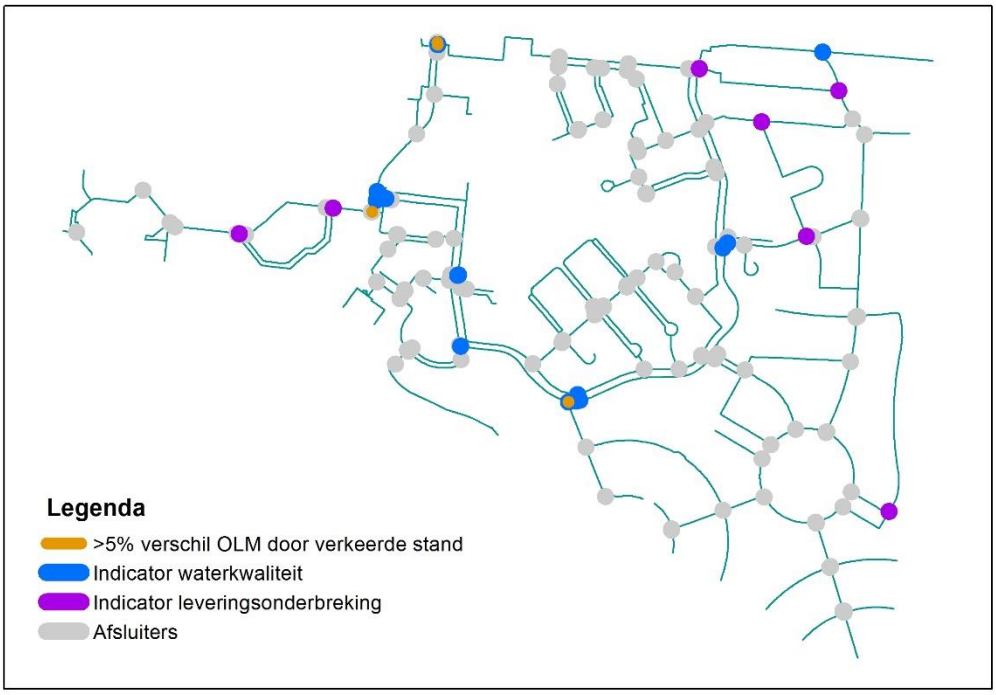
In Figuur 5-10 staan de resultaten weergegeven van CAVLAR3 en CAVLAR3.1. In deze berekening wordt de totale verwachte OLM van het netwerk vergeleken met de totale OLM als een afsluiter niet werkt (let op; dus geen verkeerde stand, maar niet kunnen dichtdraaien bij werkzaamheden). Er is uitgegaan van een afsluiterbetrouwbaarheid van 90%. Deze vergelijking is uitgevoerd voor alle afsluiters afzonderlijk. De afsluiters die het grootste verschil in OLM van het systeem gaven staan weergegeven in oranje. Het maximum relatieve verschil in OLM was ongeveer 65%.

De verschillen in OLM voor beide CAVLAR berekeningen zijn vergelijkbaar, wat inhoudt dat het effect van een verkeerde stand op leveringsonderbrekingen potentieel net zo groot is als het effect van niet werkende afsluiter. De afsluiters die naar voren komen als kritisch zijn echter anders. In CAVLAR3.1 komen vooral die afsluiters naar voren die veel aansluitingen treffen als een andere afsluiter wordt dichtgezet.



FIGUUR 5-10 VERGELIJKING STANDAARD BEREKENING KRITISCHE AFSLUITERS MET AANGEPASTE BEREKENING VOOR EFFECT VERKEERDE STAND.

In Figuur 5-11 wordt het resultaat van de CAVLAR3.1 analyse vergeleken met de indicatoren voor leveringsonderbreking. Geen van de gevonden kritische afsluiters vanuit de CAVLAR3.1 analyse komt overeen met de door de indicatoren voor leveringsonderbreking naar voren komende kritische afsluiters. De door CAVLAR3.1 gevonden kritische afsluiters zitten “eerder” in de aanvoerroutes. Uit één voorbeeldnetwerk is geen algemene conclusie te trekken, maar het lijkt aannemelijk dat als er met de indicatoren kritische afsluiters worden gevonden CAVLAR3.1 afsluiters als kritisch zal benoemen die dezelfde secties in de aanvoerpaden hebben, maar eerder in de route.



FIGUUR 5-11 VERGELIJKING RESULTATEN CAVLAR3.1 BEREKENING MET RESULTATEN VANUIT INDICATOREN.

5.5 Resultaten analyse vertakt netwerk

5.5.1 Beschrijving netwerk

Het beschouwde vertakte netwerk is een theoretisch netwerk dat is ontworpen vanuit het vermaasde netwerk uit paragraaf 5.4. Het netwerk heeft een lengte van 10,8 km, waarvan 6,8 km een diameter heeft van 100 mm of kleiner en 4,0 km een diameter groter dan 100 mm. Het netwerk bestaat uit 24 secties t.o.v. 96 secties in het vermaasde net. Er zijn nog 26 afsluiters t.o.v. 140 afsluiters in het vermaasde model. Belangrijk voor de analyses is ook dat er in het vertakte model nog 3 aanvoerlussen zijn t.o.v. 48 in het vermaasde net. Voor meer informatie zie Agudelo-Vera en Blokker (2014).

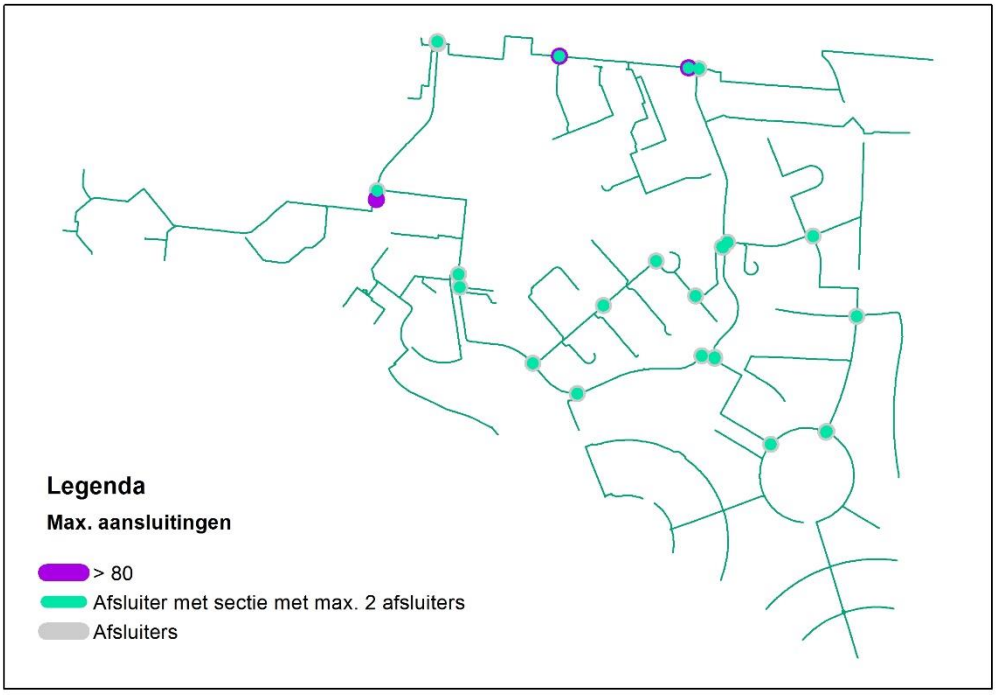
5.5.2 Resultaten op basis van indicatoren

Gevoeligheid voor leveringsonderbreking

In vergelijking met het vermaasde netwerk zijn de secties groter en is het aantal afsluiters per sectie lager. Op basis van aangrenzende secties met maximaal twee afsluiters zijn in dit netwerk op één na alle afsluiters kritisch, op basis van de aangrenzende secties met meer dan 22 aansluitingen zijn slechts vijf afsluiters niet kritisch. In Figuur 5-12 is de top10% secties met aansluitingen weergegeven. Dit geeft de vraag bij hoeveel aansluitingen een afsluiter kritisch wordt.

Een voordeel van het vertakte netwerk t.o.v. het vermaasde netwerk is dat er veel minder afsluiters zijn, waardoor het plaatje overzichtelijker wordt. Als vergelijkbaar met het vermaasde netwerk wordt uitgegaan van de hoogste 10% aansluitingen, komen er maar drie locaties naar voren, waarvan er maar twee overeenkomen met de locaties met maximaal twee afsluiters. Dit kan ervoor zorgen dat een beheerplan beter kan worden gericht op de belangrijkste locaties.

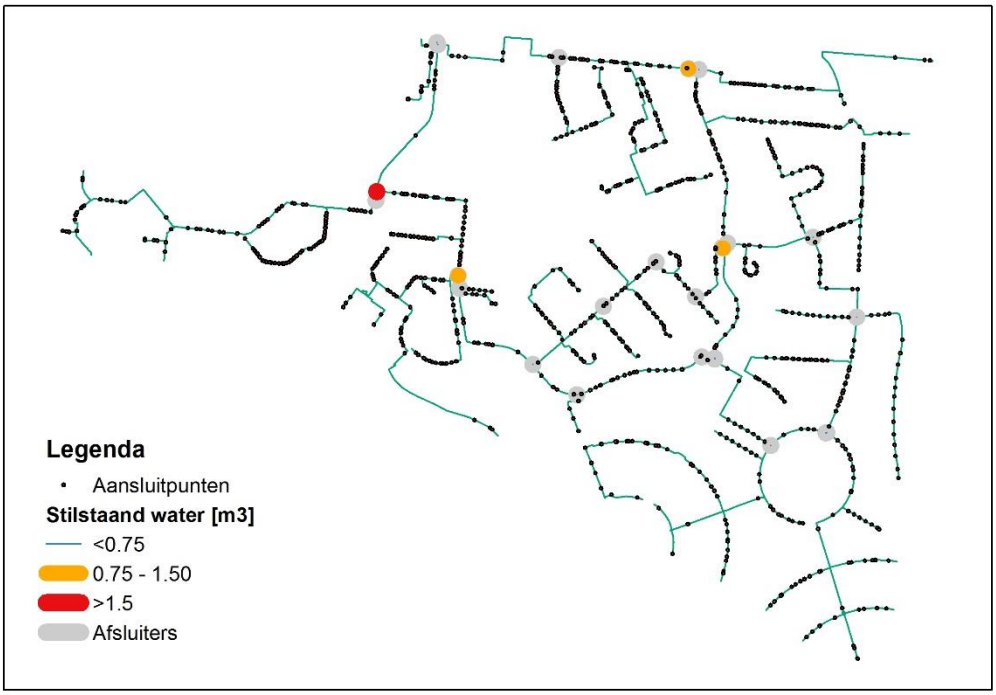
Het voordeel van een dergelijk netwerk is dat een afsluiter niet lang een onbedoelde stand kan hebben, omdat bij de eerste storing onbedoelde OLM optreedt, waarna de afsluiterstand wordt hersteld.



FIGUUR 5-12 OVERZICHT VAN DE AFSLUITERS MET TENMINSTE EEN SECTIE MET MAXIMAAL TWEE AFSLUITERS EN DE AFSLUITERS MET VEEL AANSLUITINGEN IN EEN AANGRENZENDE SECTIE.

Waterkwaliteit

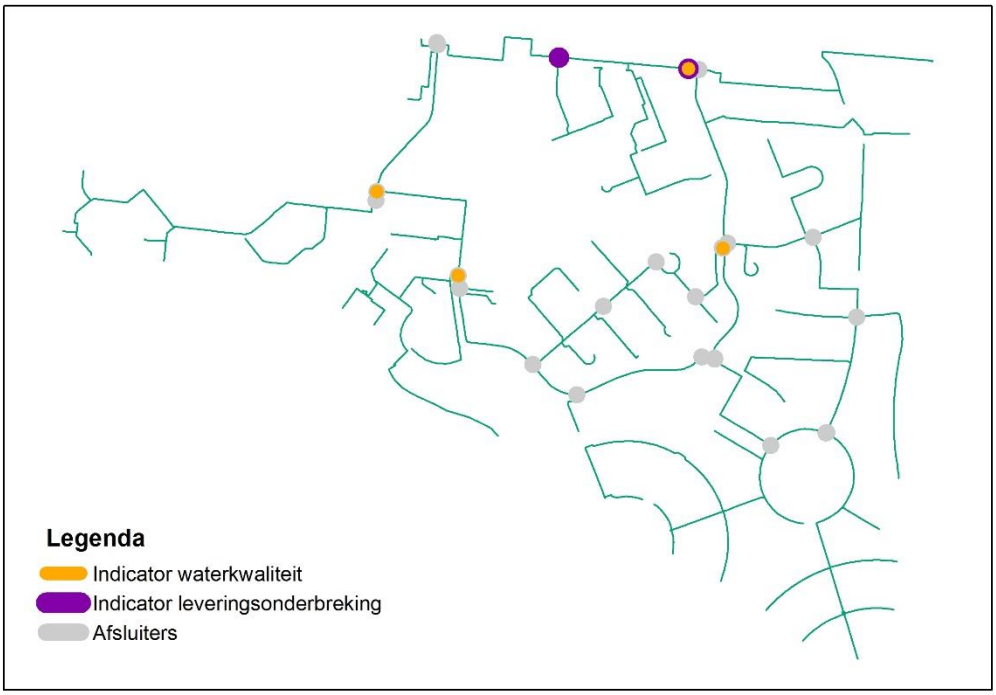
In Figuur 5-13 staan de volumes stilstaand water aangegeven door een onbedoeld dicht staande afsluiter. Dit zijn minder afsluiters dan bij het vermaasde model. Drie van de vier locaties zijn in diameters van 160 mm, één in een diameter van 110 mm.



FIGUUR 5-13 POTENTIËLE VOLUMES STILSTAAND WATER ROND AFSLUITERS BIJ VERKEERDE STAND. OOK ZIJN DE LOCATIES AANGEGEVEN WAAR DE AANSLUITINGEN ZIJN.

Totaaloverzicht

In Figuur 5-14 staat het totaaloverzicht van de indicatoren weergegeven. Vergelijkbaar met de resultaten voor het vermaasde net is duidelijk dat er geen relatie tussen de indicatoren bestaat, ze zijn aanvullend. Daarnaast valt op dat de indicatoren voor leveringsonderbreking “vroeg” in de aanvoerroute zitten.



FIGUUR 5-14 TOTAALOVERZICHT KRITISCHE AFSLUITERS DOOR EFFECT VERKEERDE STAND OP BASIS VAN INDICATOREN.

5.5.3 CAVLAR analyse

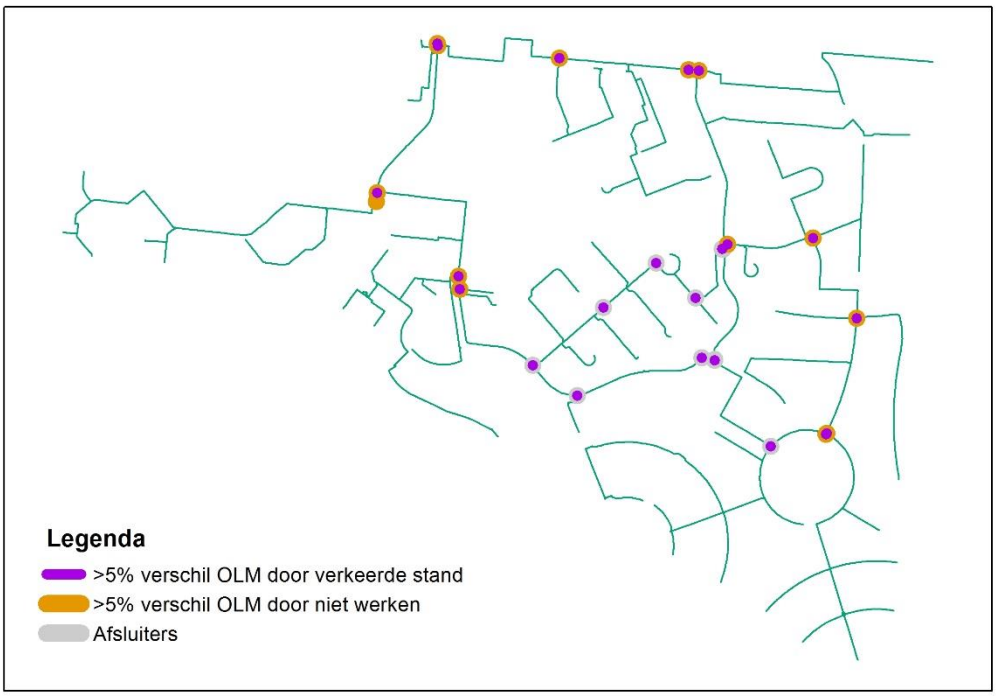
Het verschil in OLM bij 90% betrouwbare afsluiters tussen het vermaasde en vertakte model is een factor 2.2. De nieuwe grens voor 5% verschil in OLM is daarmee ongeveer 0.55.

In Figuur 5-15 staan de kritische afsluiters voor de standaard kritische afsluiterberekening in CAVLAR voor niet werkende afsluiters bij werkzaamheden en de kritische afsluiters voor de aangepaste afsluiterberekening met de dichtstaande afsluiters. Twee afsluiters konden niet worden verwijderd zonder dat er secties zonder voeding kwamen, er bleven daarmee 24 afsluiters over voor de berekening. Een aantal zaken valt op in vergelijking met het vermaasde model:

- Het aantal kritische afsluiters ligt hoger in het vertakte model. Dit komt doordat de secties groter zijn en doordat er per sectie minder afsluiters zijn. Vrijwel alle afsluiters hebben een aangrenzende sectie met twee afsluiters. Bij een verkeerde stand worden er dan automatische sneller secties effectief afhankelijk.
- DE OLM voor het vertakte net ligt een factor 2,2 hoger dan voor het vermaasde net. Dit komt voornamelijk door de opbouw met grotere secties. Daar staat tegenover dat vanwege het kleinere aantal afsluiters een grotere afsluiterbetrouwbaarheid kan worden behaald, dit is in de huidige berekeningen niet meegenomen.
- Het maximum verschil in OLM bij de kritische afsluiterberekening (CAVLAR3) ligt 41% lager dan bij het vermaasde net.
- Het maximum verschil in OLM bij CAVLAR3.1 ligt juist een factor 7,7 hoger dan voor het vermaasde model. Waar in het vermaasde model de effecten van falen van afsluiters en een verkeerde stand vergelijkbaar van grootte waren, is het effect van een verkeerde stand in het vertakte model dus factoren groter dan het falen van afsluiters. is 26,8 minuten. Dit is conform verwachting, omdat er in het vertakte model minder

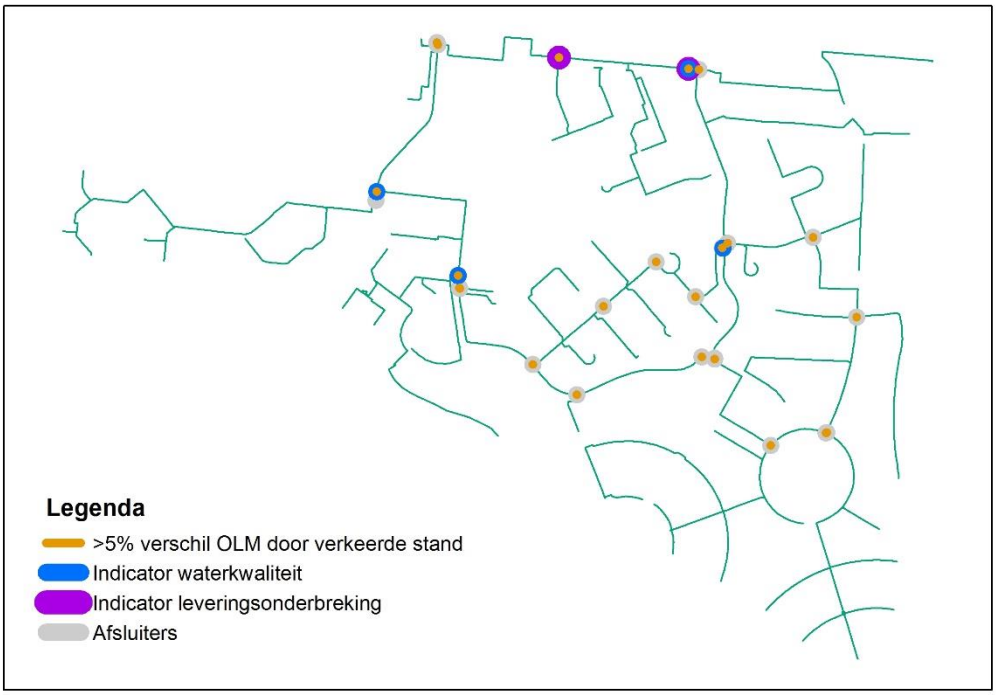
aanvoerroutes van water zijn. In combinatie met de beperkte hoeveelheid afsluiters per sectie, zal er bij een verkeerde afsluiterstand sneller een aanvoerroute stagneren.

- De locaties van kritische afsluiters zijn langs de gehele aanvoerroute, zowel aan het begin als aan het eind. Bij het vermaasde model zaten de kritische afsluiters meer vooraan in de aanvoerroutes. Dit komt doordat er in het vermaasde model meer redundantie is, de kritische afsluiters zijn voor een vermaasd model de afsluiters waar de aanvoerstromen nog niet ver zijn opgesplitst. In een vertakt model is veel minder redundantie en is er veel minder onderscheid langs de aanvoerroutes in mate van kritisch zijn.



FIGUUR 5-15 VERGELIJKING RESULTATEN VAN DE KRITISCHE AFSLUITERBEREKENING EN DE AANGEPASTE BEREKENING IN CAVLAR.

In Figuur 5-16 staan de indicatoren naast de resultaten van de CAVLAR3.1 berekening weergegeven. De CAVLAR3.1 berekening geeft veel meer afsluiters als kritisch aan dan de indicatoren, deels op dezelfde locaties, maar dus ook op veel nieuwe locaties. Met name locaties verder langs de aanvoerroute dieper het netwerk in worden niet opgepikt door de indicatoren. Het effect van het meenemen van connectiviteit is daarmee aantoonbaar relevant.



FIGUUR 5-16 VERGELIJKING RESULTATEN CAVLAR3.1 BEREKENING MET RESULTATEN VANUIT INDICATOREN.

5.6 Discussie

De connectiviteit meenemen in de risicoanalyse naar het effect van een verkeerde stand heeft een duidelijke meerwaarde t.o.v. een aanpak met lokale indicatoren:

- De analyse geeft andere locaties met verhoogd risico aan;
- De analyse is eenduidiger te vergelijken met andere risicofactoren (bv. falen van afsluiters), omdat de risico in dezelfde eenheid zijn uitgedrukt.
- Lokale indicatoren zijn kwalitatiever en daardoor moeilijker te gebruiken en te interpreteren. Bijvoorbeeld; wat is een goed afbreekcriterium voor secties met een groot aantal aansluitingen? Dit zal moeten worden ingevuld per netwerk op basis van beleid, beheer en zelfs onderhoudsbudget van drinkwaterbedrijven.

Wel zijn er een aantal aandachtspunten:

- De CAVLAR3.1 analyse kan een grote exercitie worden voor grotere netwerken, zeker als er meer dan één verkeerde stand tegelijkertijd moet worden meegenomen. De berekening kan worden geoptimaliseerd door het vooraf bepalen van de door te rekenen routes. Dit kan door rekening te houden met verschillen in afsluiterbetrouwbaarheid en kans op een verkeerde stand vanuit bijvoorbeeld registraties.
- De CAVLAR3.1 analyse is geen vervanging voor een waterkwaliteitsanalyse.
- De onderbrekingsduur die wordt aangenomen in de CAVLAR analyses is voor verbonden secties net zo groot als voor de direct getroffen sectie. Dit is realistisch voor de CAVLAR3 analyse die het effect van niet werkende afsluiters laat zien. Voor de CAVLAR3.1 analyse is dit niet realistisch. Op het moment dat bij sluiten van een afsluiter een aangrenzende sectie onbedoeld zonder water komt, gaan mensen bellen en kan de betreffende afsluiter direct worden geopend. De berekende verschillen in OLM in CAVLAR3.1 zijn daarmee een overschatting van de werkelijke OLM. Naar verwachting

heeft dit beperkt invloed op de resultaten welke afsluiters als kritisch naar voren komen, maar het is wel belangrijk om in te schatten hoe belangrijk het effect van een verkeerde afsluiterstand is t.o.v. het falen van een afsluiter. Het is mogelijk om in CAVLAR de optie in te bouwen dat er een andere onderbrekingsduur wordt gehanteerd voor secundair getroffen secties en een zo realistisch mogelijke schatting te gebruiken voor de faalkans van afsluiters. Deze is in de voorbeelden in dit hoofdstuk constant gehouden, maar in vertakte netwerken zal de faalkans gemiddeld lager liggen, niet alleen omdat er minder afsluiters zijn om te onderhouden, maar ook omdat ze vaker worden gebruikt en eerder klachten geven bij falen of een verkeerde stand.

- Voor een betere vergelijking tussen de indicatoren voor leveringsonderbreking en de CAVLAR3.1 resultaten is het een mogelijkheid om als CAVLAR prestatie-indicator niet de OLM, maar het aantal getroffen aansluitingen te nemen.
- Wat betreft waterkwaliteit is door de drinkwaterbedrijven benoemd dat iedere hoeveelheid vrijkomend stilstaand water ongewenst is en dat hiervoor effect beperkende maatregelen worden uitgevoerd. Dat betekent dat de risicoanalyse an sich minder van belang is, deze maatregelen worden uitgevoerd bij elke opening van een afsluiter die onbedoeld dicht staat. Wel is het zo dat de analyse inzicht geeft in de omvang van de watervolumes die moeten worden afgevoerd om te voorkomen dat ze geconsumeerd worden.

Naast de effecten op leveringsonderbreking en waterkwaliteit zijn ook de prestatie van sensornetwerken en de effectiviteit van spuiprogramma's relevant voor het effect van een onbedoelde afsluiterstand:

- In de huidige methodiek wordt de invloed op de prestaties van sensornetwerken niet meegenomen. Sensornetwerken worden vaak geoptimaliseerd met behulp van hydraulische modellen. Daarnaast worden de resultaten van sensornetwerken vaak gebruikt in combinatie met hydraulische modellen. Een manier om het effect te verkleinen is door de kans op een onbedoelde afsluiterstand al mee te nemen in de optimalisatie van de sensorlocaties. Dit neemt niet weg dat naarmate er meer en vaker geoptimaliseerde sensornetwerken worden gebruikt in het leidingnet, het effect van een onbedoelde afsluiterstand groter zal worden.
- De effectiviteit van spuiprogramma's kan worden bepaald door:
    - Achteraf op locaties waar niet de gewenste volumestroom is gehaald een hydraulische analyse te doen wat de meest waarschijnlijke locatie van de onbedoelde afsluiterstand is geweest.
    - Voorafgaand aan het spuien alle afsluiters te controleren.
    - Het is mogelijk om het spuiplan vooraf door te rekenen en waar de grootste afwijkingen in verwachte volumestroom en volumestroom bij onbedoelde afsluiterstanden ontstaan, die afsluiters als meest kritische voorafgaand aan uitvoeren van het spuiprogramma te controleren. Dit doorrekenen kan door het plaatsen van een emitter met de juiste volumestroom en het variëren van de afsluiterstanden op de spuiroute. Dit kan worden geautomatiseerd.

De huidige analyse heeft als focus afsluiters met een onbedoeld dichte stand. Er is momenteel een trend richting het gebruik van meer DMA's. Dit zou kunnen betekenen dat in de toekomst ook steeds meer afsluiters onbedoeld open kunnen staan. Het meest directe effect hiervan is dat de volumestroommeters in een DMA geen sluitende waterbalans geven. Door deze waterbalans te monitoren komen kunnen dergelijke afsluiters geïdentificeerd worden.

5.7 Methode kwantificeren effect

Er zijn twee onafhankelijk elementen gevonden die een indicatie zijn voor de bepaling van het risico van het effect van een verkeerde afsluiterstand:

- Gevoeligheid voor leveringsonderbrekingen;
- Waterkwaliteit (indien relevant voor de risicoanalyse of bepalen omvang effect beperkende maatregelen).

Daarnaast is er nog het criterium wettelijke randvoorwaarden, die in dit rapport niet is doorgerekend, maar wel van belang is.

De volgende methodiek wordt voorgesteld:

1. Berekenen met een hydraulisch model of het netwerk met een dichte afsluiter aan de wettelijke randvoorwaarden voldoet. Dit is voor grote netwerken een zware rekenexercitie. Er kan voor worden gekozen om dit alleen voor de afsluiters te doen die uit de volgende stappen als meest kritisch naar voren komen. Het is aannemelijk dat afsluiters die een aantoonbaar effect hebben op de criteria voor leveringsonderbrekingen en waterkwaliteit ook het grootste risico op niet voldoen aan de wettelijke randvoorwaarden.
2. Bepalen van de afsluiters met aangrenzende secties met maximaal twee afsluiters. Deze secties zijn bij een verkeerde stand effectief afhankelijk.
3. CAVLAR3.1 analyse met het achtereenvolgens weglaten van individuele afsluiters en daarmee de kritische afsluiterberekening uitvoeren. Deze analyse geeft een goed beeld van de gevoeligheid voor leveringsonderbrekingen, maar is voor grote modellen zeer rekenintensief. Als dit een probleem is, kan met de indicator aantal aansluitingen eerst de belangrijkste aanvoerroutes worden bepaald. Door alleen de afsluiters op de belangrijkste aanvoerroutes mee te nemen in de CAVLAR analyse, kan de analyse sterk worden verkleind.

   Een relevante vraag hierbij is; wat is een criterium voor belangrijkste aanvoerroutes? Dit is afhankelijk van de wens van de drinkwaterbedrijven, er kan gestuurd worden op een maximum aantal kritische afsluiters per netwerk (bv. x procent), afhankelijk van het onderhoudsbeleid van het drinkwaterbedrijf.
   Een alternatief is het aantal aansluitingen te gebruiken op basis van het ontwerpbeleid van het drinkwaterbedrijf, bv. als het maximum aantal aansluitingen per sectie 200 is, een afbreekcriterium voor grote secties hanteren van bv. 180. Hoe minder strak het afbreekcriterium wordt gebruikt, hoe meer afsluiters als kritisch worden beoordeeld.

Literatuur

Agudelo-Vera, C. en Blokker, E. J. M., 2014, How future proof is our drinking water infrastructure?, Rapport nr. BTO 2014.011, KWR, Nieuwegein, pp. 45.

Agudelo-Vera, C. M. en Blokker, E. J. M., 2016, Evaluatie streefstructuren. Vijf jaar praktijkervaring met aanscherping van het secundair netontwerp, Rapport nr. BTO 2016.090, KWR, Nieuwegein, pp. 85.

Alegre, H., Baptista, J. M., Jr, E. C., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. en Parena, R., 2006, Performance Indicators for Water Supply Services - Second Edition, in: *Manual of Best Practice Series*, Rapport nr. 9781843390510, IWA Publishing, London, UK.

Alterra, 2006, Grondsoortenkaart 2006: http://www.wageningenur.nl/nl/show/Grondsoortenkaart.htm, bezocht op 1 juni 2016.

Beuken, R., 2015, Prestatie-indicatoren en stuurparameters voor het distributienet, Rapport nr. BTO 2015.027, KWR, Nieuwegein, pp. 100.

Beuken, R. H. S. en Moerman, A., 2017, PCD 9 Uniforme Storingsregistratie, Rapport nr. PCD 9 2017, KWR, Nieuwegein.

Blokker, E. J. M. en Geudens, P., 2007, OLM in de Vewin benchmark, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

CBS, 2014, Statistische gegevens per vierkant; update 2014-10, Rapport nr. 60243201401 B-68, Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag, pp. 12.

de Kater, H., Beuken, R. en Vogelaar, A., 2010, Inspectietechnieken voor rationeel saneringsbeleid van leidingnetten, Rapport nr. BTO 2010.013, KWR, Nieuwegein, pp. 77.

Kadaster, 2016, TOP10NL: http://www.kadaster.nl/web/artikel/producten/TOP10NL.htm, bezocht op 1 juni 2016.

Meerkerk, J., 2017, PCD 3 Richtlijn drinkwaterleidingen buiten gebouwen; Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 805:2000) (oktober 2017), Rapport nr. PCD 3 (2017), KWR, Nieuwegein, pp. 195.

Mesman, G. A. M., 2016, Automatische registratie afsluiterstanden, Rapport nr. KWR 2016.050, KWR, Nieuwegein, pp. 34.

Moerman, A., van Vossen, J. en Beuken, R. H. S., 2016, UKNOW, Rapport nr. BTO 2016.031, KWR, Nieuwegein, pp. 43.

NEN, 2014a, NEN-ISO 55000 Assetmanagement - Overzicht, principes en terminologie, NEN, Delft.

NEN, 2014b, NEN-ISO 55001 Assetmanagement - Managementsystemen- Eisen, NEN, Delft.

NEN, 2014c, NEN-ISO 55002 Assetmanagement - Managementsystemen - Richtlijnen voor het toepassen van ISO 55001 (ISO 55002:2014, IDT), NEN, Delft.

Pieterse-Quirijns, E. J. en Agudelo-Vera, C., 2015, Programma van Eisen voor de uitbreiding van CAVLAR, Rapport nr. BTO 2015.205(s), KWR, Nieuwegein, pp. 55.

Summeren, J. v., Vries, D. en Thienen, P. v., 2017, De inzet van sensorgegevens en modellen voor waterkwaliteitsvraagstukken (Concept), KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Trietsch, E. en Schaap, P., 2006, Betrouwbaarheid van afsluiters en sectie-isolaties, Rapport nr. BTO 2006.016, KWR, Nieuwegein.

van Summeren, J. R. G. en Moerman, A., 2015, CAVLAR 3.0 - Toelichting op functionaliteit en gebruik van CAVLAR 3.0 met GIS-interface, Rapport nr. KWR 2015.090, KWR, Nieuwegein, pp. 28.

van Thienen, P., 2013, Automatisering en real-time toepassing van de VLPV-methode, Rapport nr. WR 2013.007, KWR, Nieuwegein, pp. 40.

van Thienen, P., 2014, Strategieën voor optimale plaatskeuze van waterkwaliteitssensoren in het distributienet, Rapport nr. BTO 2014.046, KWR, Nieuwegein, pp. 72.

van Thienen, P. en Agudelo-Vera, C., 2014, Retrospectieve en real-time VLPV-analyse Proeftuin Noordbergum Rapport nr. BTO 2014.201(s), KWR, Nieuwegein, pp. 69.

van Vossen, J. en van Laarhoven, K., 2017, Voorspellen storingsfrequenties: haalbaarheid en methodiek, Rapport nr. BTO 2017.045, KWR, Nieuwegein.
van Vossen, J. en Vogelaar, A. J., 2016, Techniques for reducing planned Customer Minutes Lost, Rapport nr. KWR 2016.014, KWR, Nieuwegein, pp. 37.
Vloerbergh, I. en van Thienen, P., 2010, Controlemethodiek afsluiters, Rapport nr. BTO 2010.020, KWR, Nieuwegein, pp. 49.
Vreeburg, J., 2012, Onderhoud afsluiters, Rapport nr. KWR 2012.070, KWR, Nieuwegein, pp. 32.

Bijlage I Overzicht relevante aspecten NEN-ISO 55000, 55001 en 55002

I.1 Elementen beheerplan

Elementen die terug moeten komen in een beheerplan zijn:

1. Inzicht in behoeften en verwachtingen van stakeholders:
    a. Welke stakeholders zijn relevant;
    b. Wat zijn de eisen en verwachtingen;
    c. Wat zijn de criteria voor assetmanagementbeslissingen;
    d. Eisen voor registratie en rapportage.
2. Mensen en middelen
3. Beleid:
    a. Aansluiting bij organisatiedoelen en ander relevant beleid;
    b. Passen bij de aard en omvang van asset en bedrijfsactiviteiten;
    c. Gedocumenteerd;
    d. Periodiek beoordeeld en indien nodig geactualiseerd.
4. Duidelijke rollen en bevoegdheden; in het assetmanagement is meestal sprake van een (afgeleide van) de volgende rolverdeling (Figuur 0-1):
    a. De asset owner stelt de prestatiecriteria vast en verzorgt de financiering van het beheer van assets
    b. De asset manager is verantwoordelijk voor het vaststellen van risicoprofielen, bepalen van beheerstrategieën en de investeringsplanning, het programmamanagement en het managen van de prestaties van de assets
    c. Operationeel en projecten zijn de uitvoerders van de investeringsplanning en het onderhoudsprogramma, dataverzameling en het toewijzen van mensen en middelen (en zaken als werkinstructies).



FIGUUR 0-1 ROLLEN BINNEN EEN ASSETMANAGEMENTORGANISATIE.

5. De planning moet er op gericht zijn om doelstellingen te behalen (bv. als de eis is dat een afsluiter gemiddeld eens per 5 jaar moet kunnen worden gebruikt, dan zal dagelijks onderhoud niet nodig zijn, maar eens per 50 jaar onderhoud zal mogelijk niet afdoende zijn).
6. Doelstellingen moeten:
    a. Meetbaar zijn;
    b. Gemonitord worden;
    c. Gecommuniceerd worden;
    d. Beoordeeld en geactualiseerd;
    e. Gedocumenteerd.
7. Beheer moet een passende tijdshorizon beslaan, gerelateerd aan de levensduur van een asset;
8. Competentie medewerkers: voldoende scholing, opleiding, ervaring en ook goede werkinstructies;
9. Communicatie: met wie, wanneer, waarover en hoe. Dit gaat ook over toegankelijkheid van data;
10. Eisen aan informatie:
    a. Attribuuteisen;
    b. Kwaliteit;
    c. Wanneer verzamelen, analyse en evaluatie;
    d. Terminologie;
    e. Distributie, toegang en terugvindbaarheid;
    f. Opslag, behoud en leesbaarheid;
    g. Beheersing van wijzigingen (historie);
    h. Bewaring en vernietiging.
11. Monitoren, meten, analyse en evalueren
    a. Wat moet worden gemonitord en gemeten;
    b. Methoden;
    c. Wanneer monitoren en meten, analyses en evaluatie.
12. Verbeterpunten doorvoeren.

I.2 Basisbeginselen assetmanagement:

- Waarde: de waarde die de asset voor de organisatie heeft
  - De verklaring hoe assetmanagement doelstelling aansluit op bedrijfsdoelstellingen
  - Levenscyclusmanagementbenadering om waarde te realiseren;
  - Inrichten van besluitvormingsprocessen.
- Afstemming:
  - Implementatie van op risico's gebaseerde, door informatie gestuurde plannings- en besluitvormingsprocessen en besluitvormingsactiviteiten in de vertaling van organisatiedoelstellingen naar assetmanagementplannen
  - Integratie van assetmanagementplannen in functionele managementprocessen
  - Specificeren, ontwerpen en implementeren van een ondersteunend assetmanagementsysteem.
- Leiderschap:
  - Duidelijk gedefinieerde rollen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden;
  - Beschikken over bewustzijn, competenties en bevoegdheden
  - Interne afstemming
- Waarborging:
  - Ontwikkelen en implementeren van processen die de vereiste doelen en prestaties van assets met organisatiedoelstellingen verbinden
  - Implementeren van processen voor het waarborgen van capabiliteit tijdens alle fases van levenscyclus
  - Implementeren van processen voor monitoring en continue verbetering;
  - Voorzien in benodigde middelen en competente medewerkers.

I.3 Elementen van een assetmanagementsysteem:

- Context van de organisatie: missie, visie en waarden
- Leiderschap: verantwoordelijkheid nemen op alle niveaus, juiste en afdoende middelen
- Planning: strategisch plan voor levensduur assets voortkomend uit organisatiedoelstellingen en planning op strategisch niveau
- Ondersteuning: aanmaken, beheren en documenteren van assetinformatie vanuit assetgegevens;
- Uitvoering: functioneel beleid, technische normen, plannen en processen voor het implementeren van de assetmanagementplannen, inclusief risicobeoordeling en –beheersing door wijzigingen.
- Evaluatie van de prestaties: beheer van assetgegevens en omzetten naar informatie, monitoren en evalueren van deze informatie.
- Verbetering: verbeterpunten inclusief risicobeoordeling.

I.4 Aantal relevante definities:

- Asset: zaak, ding of entiteit met potentiele of daadwerkelijke waarde voor een organisatie;
- Levensduur van een asset: periode vanaf het realiseren van een asset tot het einde van de levensduur van de asset.
- Levenscyclus: fases van het assetmanagement;
- Kritische asset: asset met potentieel om aanzienlijke gevolgen te hebben voor het bereiken van de doelstellingen van de organisatie (veiligheid, milieu of prestaties, kunnen gerelateerd aan eisen vanuit wet- en regelgeving, dienstverlening aan kritieke klanten, ook systemen kunnen kritiek zijn naast individuele assets).

- Assetmanagement: gecoördineerde activiteiten van een organisatie om waarde te realiseren uit assets (evenwicht tussen kosten, risico's, kansen en prestatievoordelen).
- Preventieve maatregel: maatregel om de oorzaak van een potentiële afwijking of een andere ongewenste potentiele situatie weg te nemen
- Predictieve maatregel voor het monitoren van de conditie van een asset en het voorspellen van de noodzaak van preventieve maatregelen of corrigerende maatregelen
- Corrigerende maatregel: maatregel om de oorzaak van een afwijking weg te nemen en herhaling te voorkomen

Bijlage II Rekenmethode CAVLAR 3

Onderstaande informatie is overgenomen uit rapport KWR 2015.090 (van Summeren en Moerman, 2015) dat in opdracht van Evides geschreven is bij de ontwikkeling van CAVLAR 3. Deze versie van CAVLAR is geschreven in de programmeertaal Python wat het (ten opzichte van de eerdere CAVLAR versie 2 (geprogrammeerd in Visual Basic) eenvoudiger maakt om informatie van en naar GIS of andere specifieke dataformats te schrijven.

II.1 Introductie

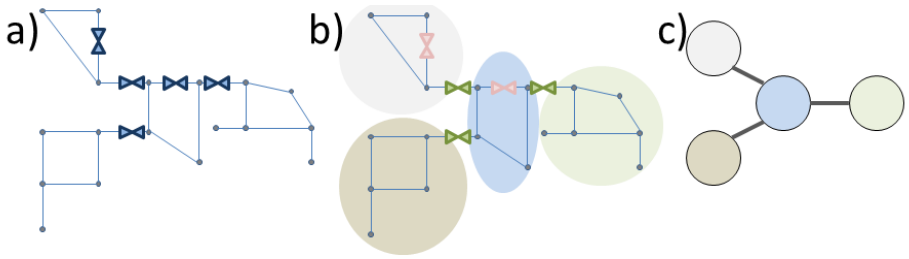
In deze bijlage zijn de prestatie-indicatoren die CAVLAR berekent gedefinieerd en de functionaliteit van het rekenhart van CAVLAR beschreven. Het bouwt voort op bestaande uitgangspunten (Trietsch en Schaap (2006); Meerkerk et al. (2006, 2009)).

- In het rekenhart van de CAVLAR code worden de volgende prestatie-indicatoren berekend:
    - impact per sectie,
    - verhoudingsgetal per sectie,
    - ondermaatse leveringsminuten (OLM) per sectie,
    - OLM voor het gehele voorzieningsgebied,
    - customer interruptions (CI) per sectie en
    - CI voor het gehele voorzieningsgebied.
- Optioneel kunnen kritische afsluiters worden bepaald. CAVLAR 3.0 levert hiermee dezelfde basis-functionaliteit als CAVLAR 2. Wel is er bewust gekozen voor een andere (meer intuïtieve) definitie van de customer interruptions en wordt anders omgegaan met het afbreken van de berekening bij een gewenste nauwkeurigheid.

In CAVLAR 3.0 worden de prestatie-indicatoren berekend met behulp van een recursieve functie die herhaaldelijk berekeningen uitvoert voor alle mogelijkheden van afsluiterfalen. Daarbij wordt gebruikt gemaakt van de NetworkX-bibliotheek die gebruikt maakt van netwerktheorie voor de sectionering van het leidingnet en om topologische aspecten van het sectiediagram te bepalen.

II.2 Bepalen van sectiediagrammen en eigenschappen van secties, afsluiters en voorzieningsgebied

Om prestatie-indicatoren per sectie te berekenen, wordt het leidingnetwerk ingedeeld in afzonderlijke secties van onderling verbonden leidingen die worden begrensd door afsluiters. Het sectioneren gebeurt door eerst alle afsluiters uit het leidingnetmodel te “verwijderen” en vervolgens de overgebleven, losstaande (onderling niet verbonden) sub-netwerken te bepalen en als sectie te definiëren (Figuur 0-2). Alleen afsluiters die verschillende secties verbinden worden opgenomen als onderdeel van het sectiediagram. Afsluiters die binnen een sectie vallen zijn niet relevant voor de berekening en worden genegeerd. Het resulterende sectiediagram bestaat uit N secties en K afsluiters.



FIGUUR 0-2 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE SECTIONERING VAN EEN LEIDINGNETWERK. A) VOORBEELD-LEIDINGNET MET AFSLUITERS. B) ALLEEN DE AFSLUITERS IN GROEN VERBINDEN AFZONDERLIJKE SECTIES (AANGEGEVEN MET DE ACHTERGRONDKLEUREN). DE AFSLUITERS IN ROOD BEVINDEN ZICH BINNEN EEN SECTIE EN ZIJN IRRELEVANT VOOR DE SECTIONERING. C) HET SECTIEDIAGRAM WAARBIJ DE CIRKELS DE SECTIES VOORSTELLEN (KLEUREN CORRESPONDEREN MET B) EN LIJNEN DE RELEVANTE (GROENE) AFSLUITERS.

Elke sectie *i* in het sectiediagram heeft een aantal kenmerken die tijdens het sectioneren worden toegekend (, aangeduid met *(i)* in de rechterkolom). Er wordt gesommeerd over alle (*M*) leidingen in sectie *i* om de totale leidinglengte L_i en het totaal aantal aansluitingen a_i van die sectie te bepalen:

$$L_i = \sum_{j=1}^{M} L_j$$

$$a_i = \sum_{j=1}^{M} a_j$$

De tijdsduur van de leveringsonderbreking (T_i) kan door de gebruiker worden opgegeven als een uniforme waarde voor alle secties. Het aantal storingen per jaar van een sectie wordt berekend als de som van de storingsfrequenties maal de lengte van alle leidingen in die sectie:

$$f_{storing,i} = \sum_{k=1}^{N} f_k L_k$$

De prestatie-indicatoren per sectie (impact, OLM, verhoudingsgetal, CI, aangeduid met *(o)* in de rechterkolom van) worden bepaald tijdens de CAVLAR-berekening en worden beschreven in paragraaf II.4.

CAVLAR berekent ook een aantal parameters voor het hele voorzieningsgebied (). Deze worden aangeduid met subscript *s* (voor supply zone).

Voor elke afsluiter *k* wordt een faalkans p_k bepaald () uit de afsluiterbetrouwbaarheid, zoals bekend uit de leidingnetgegevens.

TABEL 0-1 KENMERKEN VAN SECTIES EN LEIDINGEN.

Grootheid	Symbool	Eenheid	In- of output voor rekenhart
Totale leidinglengte	L_i	km	(i)
Aantal storingen per jaar van sectie	$f_{storing,\ i}$	jr^{-1}	(i)
Aantal aansluitingen in sectie	a_i	-	(i)
Tijdsduur leveringsonderbreking	T_i	min	(i)
Impact	I_i	-	(o)
Totale OLM	CML_i	min jr^{-1}	(o)
Verhoudingsgetal	$V_i = I_i / a_i$	-	(o)
Customer interruptions	CI_i	jr^{-1}	(o)

TABEL 0-2 KENMERKEN VOOR HET GEHELE VOORZIENINGSGEBIED.

Grootheid	Symbool	Eenheid
Aantal aansluitingen	a_s	-
OLM	CML_s	min jr^{-1}aansluiting^{-1}
Customer interruptions	CI_s	jr^{-1}

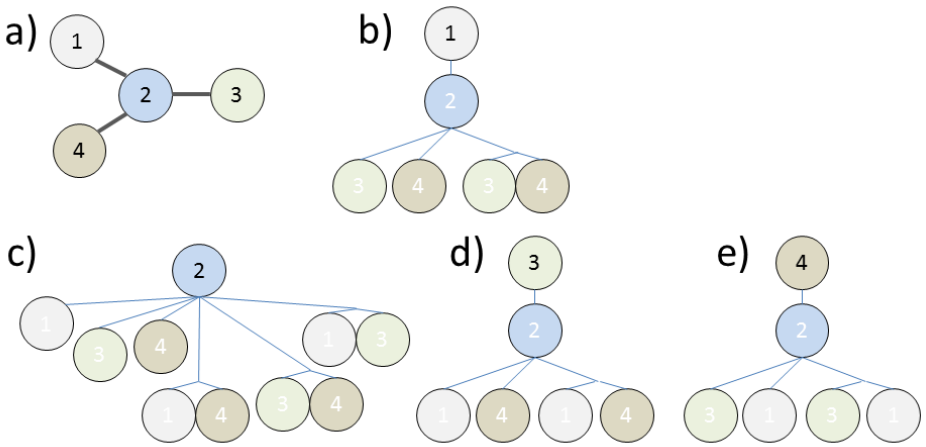
TABEL 0-3 KENMERKEN VOOR AFSLUITERS.

Grootheid	Symbool	Eenheid
Kans op afsluiterfalen	p_k	jr^{-1}

II.3 Kansenboom van faalgebeurtenissen

Elke sectie *i* heeft een bepaalde kans op leidingfalen (fstoring,i). Deze storing kan zich als een ketting uitbreiden naar aanliggende secties als gevolg van mogelijk falen van één of meerdere afsluiters. Er bestaat dus een veelheid aan mogelijke faalgebeurtenissen. De kans dat een faalgebeurtenis zich voordoet, wordt berekend op basis van de betrouwbaarheden van de betrokken afsluiters. Deze kans bepaald de bijdrage aan de prestatie-indicatoren die worden berekend voor elke sectie.

De faalgebeurtenissen zijn inzichtelijk te maken met een kansenboom (Figuur 0-3). Van een sectie waarin leidingfalen plaatsvindt (“falende sectie”), worden eerst de aanliggende afsluiters bepaald die verbinding maken met aanliggende (niet eerder getroffen) secties. Uit de resulterende set afsluiters worden alle mogelijke faalgebeurtenissen bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat meerdere afsluiters tegelijkertijd falen. Een kansenboom van een complex sectiediagram bevat vele takken, waarbij elke tak pas eindigt als er geen aangrenzende, ongetroffen secties meer over zijn (of als er de faalkans beneden een opgegeven afbreekcriterium komt). Een sectie kan meerdere keren voorkomen in de kansenboom, maar slechts één keer in iedere tak van de kansenboom.



FIGUUR 0-3. KANSENBOOM VAN EEN SECTIEDIAGRAM. A) SECTIEDIAGRAM. B)-E) KANSENBOOM VAN MOGELIJKE FAALGEBEURTENISSEN IN GEVAL VAN FALEN VAN SECTIE 1-4.ZOALS AANGEGEVEN KUNNEN ER MEERDERE SECTIES BETROKKEN ZIJN BIJ EEN FAALGEBEURTENIS (SPLITSENDE TAKKEN NAAR MEERDERE SECTIES).

II.4 Definities van prestatieindicatoren

Impact en verhoudingsgetal

Bij een storing in sectie *i* horen een aantal (*M*) mogelijke faalgebeurtenissen (zie paragraaf II.3). Elke gebeurtenis heeft een kans op voorkomen p_m die afhangt van de storingsfrequentie van de hoofdsectie ($f_{storing}$) en de faalkansen p_k van de afsluiters die betrokken zijn bij de betreffende gebeurtenis.

Voor elke faalgebeurtenis wordt het bijbehorende aantal getroffen aansluitingen bepaald, a_m. De bijdrage aan de impact van sectie *i* wordt berekend als a_m maal de bijbehorende kans p_m. Sommatie over de bijdragen van alle faalgebeurtenissen geeft de impact van sectie *i*:

$$I_i = \sum_{m=1}^{M} p_m a_m$$

Het verhoudingsgetal is een maat voor de impact van een sectie relatief ten opzichte van het aantal aansluitingen in de falende sectie. Voor sectie *i* is het verhoudingsgetal gedefinieerd als:

$$V_i = \frac{I_i}{a_i}$$

OLM per sectie

Voor elke sectie *i* worden ondermaatse leverings minuten (OLM of CML: customer minutes lost) berekend als

$$CML_i = f_{storing,i} I_i T_i$$

Voor elke sectie *i* kan de OLM dus direct worden afgeleid uit de impact en kenmerken van diezelfde sectie.

Naast deze sectie-afhankelijke OLM wordt ook een OLM voor het hele voorzieningsgebied (*n* secties) berekend:

$$CML_s = \frac{\sum_{i=1}^{n} CML_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$$

De OLM voor het voorzieningsgebied wordt dus gedeeld door het aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied. De eenheid is minuten per jaar per aansluiting, conform de officiële definitie van de OLM. Merk op dat de sectie-specifieke OLM (CML_i) als tussenresultaat afwijkt van de officiële definitie: de eenheid is minuten per jaar.

II.5 Customer interruptions

De customer interruptions waarde geeft aan hoe vaak een klant gemiddeld wordt getroffen door een incident in het leidingnet in een jaar. Hiertoe wordt geadministreerd hoe vaak sectie *i* wordt getroffen door (een *Q* aantal) incidenten waarvan de oorsprong zich zowel binnen als buiten sectie *i* kunnen bevinden:

$$CI_i = \sum_{q=1}^{Q} p_q$$

De sommatie is over Q: het aantal faalgebeurtenissen waarbij sectie *i* betrokken is. Dit wijkt af van de sommatie over M (het aantal faalgebeurtenissen met sectie *i* als oorsprong), zoals gebruikt in CAVLAR 2). De stroingsfrequentie van de falende sectie is verwerkt in p_q.

Vervolgens wordt de CI voor het hele voorzieningsgebied berekend als

$$CI_s = \frac{1}{a_s} \sum_{i=1}^{N} a_i CI_i$$

Bijlage III Samenvatting workshop Afsluiterbeheer

III.1 Deelnemers

Op maandag 4-12-2017 heeft de workshop Afsluiterbeheer plaatsgevonden bij KWR. Hierbij waren de volgende deelnemers aanwezig:

Bedrijf	Deelnemers
Brabant Water	Wouter Huisman
Dunea	Marin Oosterhuis
Evides	Philip Lo, Thomas van Manen
Oasen	Jurjen den Besten
PWN	Peter Schaap
Vitens	Ben Los, Edwin Blaauwgeers, Hans Raaijmakers
Waternet	Gerrit van Vliet
Waterbedrijf Groningen	-
WMD	Petra Holzhaus, Hennie Dobben
WML	Dré Hendrikx, Richard Peerboom

III.2 Programma

Het programma bestond uit de volgende onderdelen:

1. Opening met voorstelrondje en inleiding middag
2. Presentatie ‘Falen van afsluiters: afsluiter eigenschappen en invloed omgeving’
3. Presentatie ‘Draaibaarheid van afsluiters getoetst in de praktijk’
4. Presentatie ‘Effect van een verkeerde afsluiterstand’
5. Interactief programma ‘Discussie’
6. Interactief programma ‘Risicobeoordeling en beheermaatregelen afsluiters’

In de presentaties zijn de resultaten van het project tot dan toe toegelicht, zie ook de rapportage. Tijdens de interactieve programmaonderdelen was er ruimte om met elkaar in gesprek te gaan met als einddoel het formuleren van een plan om tot onderbouwd afsluiterbeheer te komen.

III.3 Samenvatting programmaonderdelen 1 tot en met 4

Tijdens het voorstelrondje zijn per bedrijf de thema’s aangegeven die relevant zijn wat betreft afsluiterbeheer:

- Differentiatie inspectiefrequentie groepen afsluiters;
    - Bepalen gewenste prestatieniveau
    - bepalen maatregelen en interval van uitvoeren
- De juiste afwegingen en het gewenste prestatieniveau met resulterende eisen voor de aanbesteding voor nieuwe afsluiters;
- (GIS-)Tools voor monteurs;
- Zekerheid over afsluiterstanden vanuit registreren van afsluiters en onderhoud, pilot automatische registratie afsluiterstanden;
- Inschatting relevantie van afsluiters;

- Beste aanpak voor controle op afsluitbaarheid;
- Mogelijkheden van risicogestuurd beheer voor afsluiters;
- Inpassing afsluiterbeheer in het totale beheer.

Andreas geeft een toelichting op de resultaten van de analyses van afsluiterregistraties, zie ook rapportage. De meeste vragen die worden gesteld gaan over welke filters precies zijn toegepast op de data.

Claudia geeft een toelichting op de analyses van de resultaten van de pilot met automatische afsluitersleutel, zie ook rapportage. De meeste vragen gaan over de werking van het apparaat, de gevolgde procedure tijdens de pilot en de interpretatie van de metingen.

Jojanneke geeft een toelichting op de resultaten van de analyse naar de effecten van verkeerde afsluiterstanden in het distributienet, alsmede de resultaten van de risicoanalyse met indicatoren en CAVLAR-analyses, zie ook rapportage. De meeste vragen gaan over de toepasbaarheid van CAVLAR op netwerken van grotere omvang en de bruikbaarheid van een afbreekcriterium voor de indicator voor waterkwaliteit.

In de discussie wordt gesproken over de wenselijkheid van alternatieve afsluiters, aan welke criteria moeten deze voldoen? Ook wordt er gesproken over nieuwe technieken voor afsluiterinspectie, zoals de inzet van drones om afsluiterputjes te herkennen.

III.4 Samenvatting interactieve programmaonderdelen

Het eerste interactieve programmaonderdeel werd gehouden aan de hand van een aantal stellingen:

1. Je krijgt van een collegabedrijf 10 afsluitersleutels om
   a. Draaimoment te meten
   b. Afsluitbaarheid te meten

   Ga je ze gebruiken en waarom?
2. Bij goed afsluiterbeheer hoef je minder leidingen te vervangen.
3. Het verkeerd staan van afsluiters heeft bij jouw bedrijf te weinig prioriteit (en waarom).
4. In de huidige situatie heeft mijn bedrijf voldoende informatie voor onderbouwing van beheer van afsluiters (en wat kan er beter?)

De deelnemers hebben deze stellingen bediscussieerd in drie groepen. Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste argumenten:

Stelling 1: Ga je beschikbare afsluitersleutels gebruiken en waarom?[14]	
Ja	***Nee***
• Ja, specifiek inzetten bij strategische en risicovolle afsluiters voor inzicht in afsluitercohort • Ja, afsluitbaarheid van cruciale afsluiters • Ja, een pilot voor afsluiters die al meer dan 10 jaar niet zijn gecontroleerd en een vergelijking tussen cohorten • Inzicht in percentage falen op afsluitbaarheid • Geregistreerde afsluiterdata van aantal slagen	• Niet voor oude leidingnetten (AC) • Specifieke slechte cohorten komen alleen in beeld bij grote vervangingen • Heeft geen prioriteit • Motivatie monteur (te onhandig, zwaar) • Niet zinvol, want ICT om gegevens te verwerken is niet op orde niet mogelijk om eenvoudig en betrouwbaar informatie te verzamelen

[14] Bij deze vraag moet opgemerkt worden dat ten tijde van de workshop nog niet alle resultaten en aanbevelingen vanuit dit project beschikbaar waren.

en moment • Effect inspectie op betrouwbaarheid testen (inspectieinterval bepalen) • Tijd monitoren die het kost om secties te sluiten • Niet meer controles, maar betere data uit controles	
Stelling 2: Bij goed afsluiterbeheer hoef je minder leidingen te vervangen	
Eens	***Oneens***
• Ja, repareren van leidingen is goedkoper dan vervangen en beter afsluiterbeleid verkleint risico (deels) • Je kunt gerichter vervangen en projecten optimaliseren • Het effect van falen wordt verlaagd • De kwaliteit van spuiprogramma's verbetert en waterkwaliteit hangt ook samen met saneringsprioriteit • Minder imagoschade en OLM • Als afsluiters niet hoeven te functioneren, waarom heb je ze dan? • Meer keuzevrijheid in het totale beheer van het leidingnet • Goed afsluiterbeheer geeft je meer tijd om de goede dingen te doen in het leidingnet	• Vervangen leidingen wordt bepaald door imago (er is dus geen sprake van een risico-afweging voor sanering, effectvermindering is dus niet relevant in dit geval). • Sanering niet afhankelijk van afsluiterprestatie • Effectkant t.g.v. afsluiters zit niet in de saneringsprioritering, dus de kans op falen is leidend in de saneringsbeslissing (het effect bij vervangen wordt wel ingeperkt door afsluitercontrole bij gepland werk) • Het is goedkoper om leidingen te vervangen dan overal afsluiterbeheer toe te passen • Afsluiterbeheer en sanering van leidingen zijn niet aan elkaar gerelateerd • Afsluiterbeheer is een lapmiddel, geen nette oplossing en het is uitstel, uiteindelijk neemt de kans op falen toch toe
Stelling 3 Het verkeerd staan van afsluiters heeft bij jouw bedrijf te weinig prioriteit	
Eens	***Oneens***
• Vooral na spui-acties hangt teveel af van hoe belangrijk de ploeg ter plekke het vindt • Monteur moet zelf in systeem afsluiterstand registreren; fouten opsporen kost veel manuren, klantcontacten en labanalyses • De effecten van een verkeerde stand zijn niet duidelijk genoeg, dit kan leiden tot investeringen op verkeerde basis (bv. volumestromen niet conform model leiden tot onjuiste conclusie over lekverliezen gebied) • Onderhoud is een ondergeschoven kindje	• Er worden grote stappen gemaakt • De prioriteit is toegenomen • Er is een werkinstructie bij onbedoeld gesloten afsluiters (WMD) (omgang met vrijkomend stilstaand water); • Er wordt maandelijks gecontroleerd in het systeem op langdurig als dicht geregistreerde afsluiters • Groeiend, na veel klachten over spuiprogramma's, waardoor het vertrouwen in projecten verdwijnt • De kennis over afsluiters blijft achter bij de rest, dit begint op te vallen en afsluiters worden hiermee de hinderlijke factor

Stelling 4 In de huidige situatie heeft mijn bedrijf voldoende informatie voor onderbouwing van beheer van afsluiters	
Eens	***Oneens***
• Ja, bij operationele afdelingen • Zolang geen afsluitbaarheid wordt gemeten, is er toch geen sprake van nuttig afsluiterbeheer	• Nee, niet bij assetmanagement: te weinig beeld van het effect van een investering en geen voorspelling mogelijk • Onduidelijke onderbouwing voor hoe vaak moet worden gedraaid • Tijdafhankelijk falen is nog te weinig bekend • Geen informatie over faalmechanisme (rekening mee houden bij inkoop en inbouw, bijvoorbeeld via prestatiecontract met leveranciers) • De afsluiterstanden zijn onvoldoende onbekend • Hydraulische criticaliteit is onvoldoende bekend • De specificaties van de fabrikant zijn onvoldoende bekend of volledig/duidelijk • Er gaat teveel fout tijdens de werkprocedures (overdracht van gegevens)

Mogelijke verbeteringen:

- De meest gewenste toepassingen van afsluitersleutels gaan over de meting van een afsluitbaarheid; dit is nog niet mogelijk. Als inspectie geen afsluitbaarheid controleert en het gebruik wel, dan levert dit frustratie bij monteurs op (deze afsluiters is gisteren gecontroleerd, maar toch kan ik er niets mee).
- Als het model niet overeenkomt met de metingen, is er vaak buiten iets “mis”, op deze manier kunnen verkeerde afsluiterstanden worden opgespoord.
- Weg met spindelafsluiters. Minder afsluiters, maar wel op de goede plekken. Dan is er geld voor betere afsluiters.
- Het consequentie van automatische data is dat deze data ook verwerkt moeten worden. Dat betekent dat er goede, automatische tools moeten zijn voor monteurs.
- Het invoeren van een prestatiecontract met leveranciers, de bewijslast voor prestatie ligt dan bij hen.
- Kan de vindbaarheid van afsluiters worden onderzocht op satellietbeelden?
- Kosten en baten in beeld brengen en het verzamelen van metadata
- De effectiviteit van onderhoud is te kwalitatief bekend, beter kwantificeren
- Afsluiters chippen met uniek nummer en aan welke leiding de afsluiter gekoppeld is
- Historische data opbouwen, zodat duidelijk wordt wat een afwijkende meting betekent
- Werkzaamheden buiten piekuren
- Alleen afsluiters op nuttige plekken

Programmaonderdeel twee gaat over het opzetten van een beheerplan; welke stappen zijn nodig, wie en wat heb je daarvoor nodig binnen en buiten de organisatie?

De deelnemers van de workshop zijn wederom in drie groepen verdeeld die alle drie hebben gediscussieerd over het opzetten van een beheerplan. Hieruit is het volgende beheerplan (samenvatting van de drie groepen) naar voren gekomen met aandachtspunten:

1. De asset owner bepaalt het kader; welk belang heeft afsluiterbeheer binnen de context van het gehele assetmanagement?
    a. Daarvoor is het nodig dat de risico's voortkomend uit falende afsluiters of afsluiters in een verkeerde stand in de bedrijfsrisicomatrix worden gesitueerd.
    b. Hierbij hoort een vertaling van de risico's (leveringsonderbrekingen, maar ook waterkwaliteit) in prestatie-indicatoren, zoals OLM en kosten.
2. Indeling van de afsluiters in risico-categorieën met definitie van gewenste betrouwbaarheid, varierend van de laagste categorie met afsluiters die geen nut hebben en ontmanteld kunnen worden tot en met de meest kritische afsluiters.
3. Keuze van beheertype per risico-categorie.

Aandachtspunten:

- Voor afsluiterbeheer is het van belang de relatie met de inkoop mee te nemen. De vraag is dan: welke eisen kunnen we (als drinkwatersector) stellen aan afsluiters en hoe kan een leverancier dit garanderen? Op dit moment zijn hier geen criteria voor, waardoor doorgaans (door inkoopafdelingen) alleen op kosten gestuurd wordt. Dit maakt het tevens lastig om te bepalen in hoeverre duurdere afsluiters daadwerkelijk beter zijn.
- Er heerst een gedeelde opinie dat alleen kritische afsluiters beheer nodig hebben.
- Zonder informatie over de afsluiterstand is geen goed beheer mogelijk.
- Om antwoord te kunnen geven op de genoemde beheerstappen is goede informatie nodig en daaronder liggen data.
    - Datakwaliteit is een belangrijk punt, om die te garanderen zijn o.a. goede werkinstructies noodzakelijk.
    - Er moet een historische dataset worden opgebouwd om de meerwaarde van inspecties en het beste inspectie-interval te bepalen.
- Ontmantel overbodige afsluiters.
- Er zijn verschillende beheeropties, zoals gestructureerd onderhoud, onderhoud voor gepland werk en nalopen bij oplevering, nalopen na KLIC-meldingen, proefafsluitingen voorafgaand aan werkzaamheden, gebruik van satellietbeelden voor vindbaarheid.
- Vertakt net heeft de toekomst; alleen afsluiters die écht van belang zijn voor het sturen van waterstromen.
- Wanneer mag een afsluiter falen?
- Inspectie-interval hangt samen met faalmechanisme.
- Andere effect-categorieën (in plaats van OLM, zoals kwetsbare afnemers) is zinvol voor implementatie met CAVLAR.
- Onbekenden blijven standaard buiten beeld in analyses omdat deze altijd weggefilterd worden. Dit kan een scheef beeld geven van de werkelijkheid (afhankelijk van het aandeel onbekende waarden voor een specifieke parameter).

Bijlage IV Enquête voorjaar 2016

Enquête registratie afsluiterinspecties

1 Worden er afsluiterinspecties uitgevoerd bij uw bedrijf?

…….

2 Zijn werkprocessen rondom de inspectie van afsluiters c.q. de registratie van afsluiterfalen vastgelegd in protocollen?

Zo ja: protocol(len) s.v.p. meesturen als bijlage.

…….

3 Tijdens welke werkzaamheden wordt het functioneren van afsluiters geregistreerd? Kies een combinatie van de volgende opties:

a) bij inspecties;
b) bij spuiwerkzaamheden;
c) bij reparatie- of vervangingswerkzaamheden (gepland),
d) reparatiewerkzaamheden (ongepland; na een storing).

……

4 Worden er risicogroepen onderscheiden in de totale verzameling afsluiters (wat betreft effect van falen of kans van falen)? *Zo ja:* Welke groepen worden onderscheiden?

……

5 Wordt er een methodiek gebruikt om belangrijke afsluiters (die vaker geïnspecteerd moeten worden) te bepalen? *Zo ja:* Welke methodiek?

……

6 Zijn er vermoedens dat bepaalde typen afsluiters vaker falen? (type, fabrikant, jaar van installatie, gemeente, materiaal, etc.). *Zo ja*: waarom?

……

7 Worden afsluiters in wijken die aangewezen zijn voor renovatie juist wel (want er gaat gewerkt worden) of niet (ze worden toch vervangen) gecontroleerd?

……

8 Zijn er, naar aanleiding van de resultaten en aanbevelingen uit het project *Controlemethodiek Afsluiters* (BTO-rapport 2010.020) wijzigingen doorgevoerd in het

inspectieprotocol? *Zo ja:* wanneer (ongeveer)?

.....

9 Kunt u activiteiten van externe actoren (zoals gemeenten) benoemen die er volgens u toe kunnen leiden dat afsluiters falen op:

1) vindbaarheid: .....
2) identificeerbaarheid: .....
3) bruikbaarheid: .....
4) draaibaarheid: .....
5) afsluitbaarheid: .....