Inhoudsopgave

1 Meetgegevens verwerken en analyseren 2
1.1 Stap 1: Verwerken meetgegevens 4
1.1.1 Opslaan binnenkomende meetgegevens 5
1.1.2 Valideren ruwe meetgegevens 7
1.1.2.1 Nauwkeurigheid 11
1.1.2.2 Aanvullen afgekeurde en ontbrekende meetdata 15
1.1.3 Controleren gevalideerde meetgegevens 18
1.2 Stap 2: Bewerken meetgegevens 21
1.2.1 Omrekenen meetgegevens 22
1.2.2 Afleiden parameters uit meetgegevens 25
1.2.2.1 Opslaan en beheren afgeleide parameters 26
1.2.2.2 Neerslag per gebied afleiden uit meetdata 28
1.2.2.3 Afgevoerde hoeveelheden afleiden uit meetdata 30
1.2.2.4 Waterkwaliteit afleiden uit meetdata 33
1.2.3 Valideren en controleren bewerkte meetgegevens 34
1.3 Stap 3: Analyseren meetgegevens 35
1.3.1 Analyse functioneren meetnet 36
1.3.2 Analyse functioneren objecten 41
1.3.2.1 Analyseren functioneren gemaal 42
1.3.2.2 Analyseren functioneren bassin 48
1.3.3 Analyse functioneren systemen 54
1.3.3.1 Analyseren functioneren rioolstelsel 55
1.3.3.2 Analyseren functioneren grondwatermeetnet 62
1.3.4 Analyse en het gebruik van modellen 65

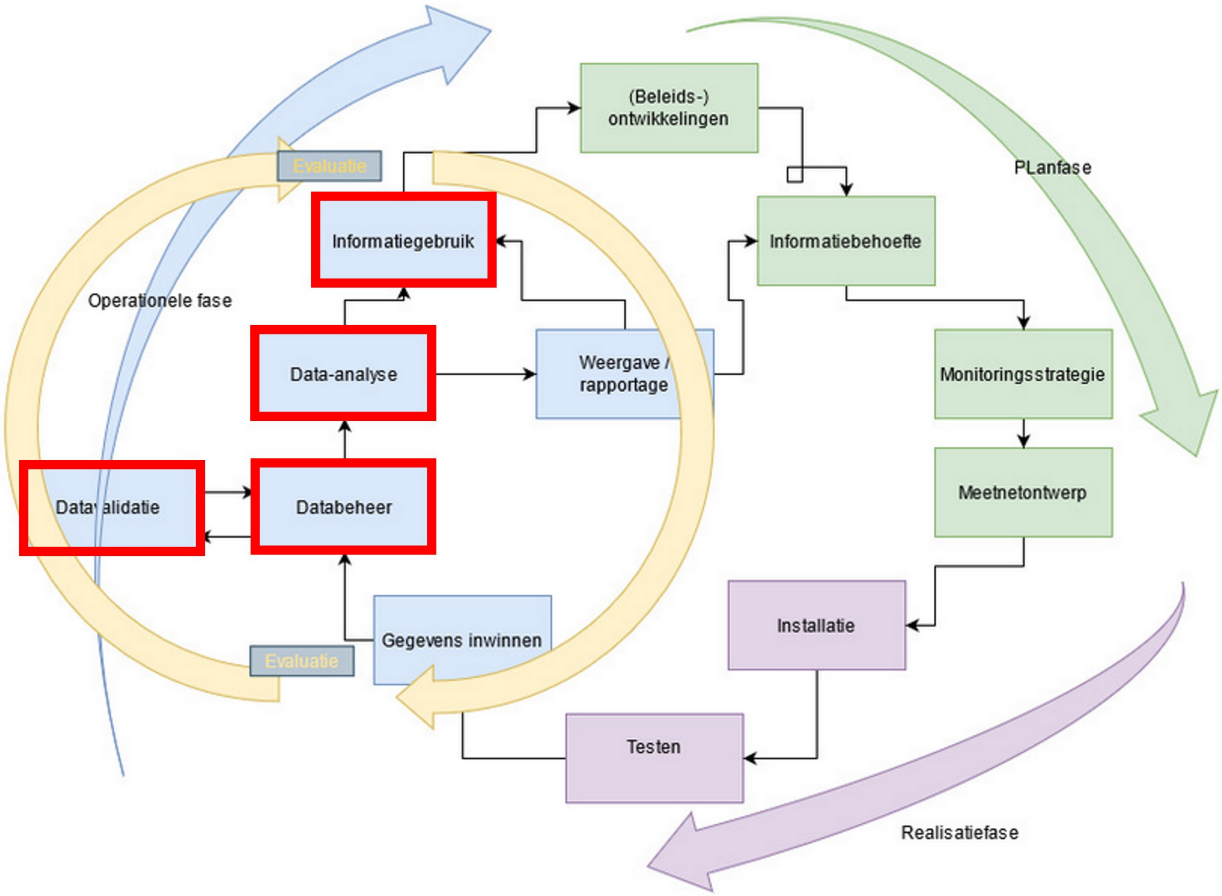
Ter visie document Stichting RIONED

1 Meetgegevens verwerken en analyseren

Nadat uw meetnet is opgeleverd, start de operationele fase waarin u de binnenkomende meetgegevens verwerkt en analyseert. Om te voorkomen dat u grote hoeveelheden gegevens moet analyseren die slecht toegankelijk zijn en waarvan de betrouwbaarheid niet duidelijk is, moet u de data valideren, controleren en vaak ook nog bewerken. Hier leest u hoe u dit stap voor stap doet en hoe u de meetdata vervolgens analyseert om antwoord te krijgen op uw informatievraag.

In uw meetplan beschrijft u alle stappen van uw meetproces (zie figuur A). Het plan verbindt de verschillende stappen met elkaar en vormt de basis voor de go/no-go-beslissing die u aan het eind van elke fase (planfase, realisatiefase, operationele fase en evaluatiefase) neemt. U hebt in uw meetplan ook beschreven welke procedures en activiteiten er nodig zijn om uw meetgegevens te beheren, valideren en analyseren en de resultaten te rapporteren.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Meetcyclus met de stappen per fase, in het rood de onderdelen die horen bij het verwerken en analyseren van meetgegevens

Ter visie docume

In figuur A ziet u in het rood de stappen die in dit onderdeel aan de orde komen:

- Stap 1: Verwerken meetgegevens : Om bruikbare informatie uit uw meetgegevens te kunnen halen, moet u de meetgegevens eerst verwerken. Dat betekent dat u de binnenkomende data opslaat, valideert en een kwaliteitslabel toekent. Daarbij moet u ook omgaan met afgekeurde en ontbrekende meetgegevens. Tot slot controleert u de gevalideerde meetdata.
- Stap 2: Bewerken meetgegevens : Nadat u de ruwe meetgegevens hebt verwerkt, gaat u de data bewerken. Dit betekent dat u waar nodig de meetgegevens in de juiste eenheden zet en parameters afleidt uit de meetdata, zodat u een betrouwbare set hebt die u kunt gebruiken voor de analyse. Ook de bewerkte gegevens valideert en controleert u.
- Stap 3: Analyseren meetgegevens : Om antwoord te krijgen op uw informatievraag (meetdoel realiseren), gaat u de bewerkte meetgegevens analyseren. U kunt analyseren hoe het meetnet, afzonderlijke objecten en systemen functioneren. Hier vindt u voorbeeldanalyses van een gemaal, een bergbezink- en bergingsbassin, een rioolstelsel en een grondwatermeetnet. Ook analyse van meetdata in combinatie met rekenmodellen komt hier kort aan bod.

1.1 Stap 1: Verwerken meetgegevens

Om bruikbare informatie uit uw meetgegevens te kunnen halen, moet u de meetgegevens eerst verwerken. Dat betekent dat u de binnenkomende data opslaat, valideert en een kwaliteitslabel toekent. Daarbij moet u ook omgaan met afgekeurde en ontbrekende meetgegevens. Tot slot controleert u de gevalideerde meetdata.

In de meetgegevens die u uit uw meetnet binnenkrijgt, kunnen foutieve waarnemingen zitten of waarnemingen ontbreken. Voor de analyse van de meetdata hebt u betrouwbare gegevens en volledige meetreeksen nodig. Alleen dan kunt u uw informatiebehoefte en meetdoel invullen. Daarom moet u de binnenkomende meetdata eerst controleren en verwerken. In uw meetplan hebt u aangegeven wanneer u meetgegevens voldoende betrouwbaar vindt.

Om de meetgegevens te verwerken, doorloopt u de volgende deelstappen:

- Opslaan binnenkomende meetgegevens : De binnenkomende meetgegevens uit een meetnet moet u allereerst opslaan. Hierbij slaat u niet alleen de ruwe meetgegevens op de server op, maar ook de metadata (zoals de meetlocatie, het type meting en de instellingen van de bijbehorende parameters) en digitale logboeken van uw meetlocaties en -apparatuur.
- Valideren ruwe meetgegevens : Nadat u de binnengekomen meetgegevens hebt opgeslagen, moet u de ruwe meetdata valideren. Zo krijgt u inzicht in de enorme hoeveelheid meetgegevens en kunt u de kwaliteit ervan beoordelen. Ook geeft de validatie van de meetdata informatie over het functioneren van de meetapparatuur. Hier leest u hoe u uw ruwe meetdata controleert, beoordeelt en een kwaliteitslabel toekent.
- Controleren gevalideerde meetgegevens : Het validatieproces van de meetdata is zo veel mogelijk geautomatiseerd. Handmatige validatie vergroot de kans op fouten en kost meer tijd. Maar geautomatiseerd gevalideerde meetdata moet u wel controleren: hebben waarnemingen terecht het kwaliteitslabel 'fout' of 'twijfelachtig' gekregen? Waar nodig moet u actie ondernemen. Hier leest u hoe u die controle uitvoert.

Ter visie document Stichting RIONED

1.1.1 Opslaan binnenkomende meetgegevens

De binnenkomende meetgegevens uit een meetnet moet u allereerst opslaan. Hierbij slaat u niet alleen de ruwe meetgegevens op de server op, maar ook de metadata (zoals de meetlocatie, het type meting en de instellingen van de bijbehorende parameters) en digitale logboeken van uw meetlocaties en -apparatuur.

Ruwe meetgegevens opslaan

De meetgegevens die u binnenkrijgt, zijn ruwe meetgegevens. Voordat u deze ontvangt, zet de software in een onderstation, datalogger of hoofdpost een digitaal signaal om naar een meetwaarde. Daarbij gebruikt de software een referentieniveau (nulpunt van de sensor) en een formule die hoort bij het type meting. Aan elke afzonderlijke meetwaarde is hierbij ook een datum/tijd-stempel toegevoegd. De ruwe meetdata moet u opslaan en bewaren op de server, dit regelt u in uw telemetriesysteem .

Opslaan metadata

Behalve de meetgegevens zelf moet u ook de bijbehorende metadata opslaan. Metadata zijn gegevens over de meetdata, zoals de meetlocatie, het type meting en de instellingen van de bijbehorende parameters. Hierbij horen ook de gebruikte formules voor het omrekenen en/of afleiden van meetgegevens, bijvoorbeeld de overstortformule, inclusief de kentallen van hoogte en breedte van de overstortdrempel. De metadata kunnen in de loop van de jaren veranderen. Daarom is het belangrijk dat u deze opslaat met een tijdsindicatie. Als bijvoorbeeld gegevens van een overstortconstructie veranderen (wijziging drempelhoogte), dan bewaart u zowel de oude als de nieuwe situatie.

De metadata moet u in uw telemetriesysteem kunnen bekijken en aanpassen (mutaties doorvoeren).

Digitaal logboek

Houd ook een digitaal logboek bij met gebeurtenissen die de metingen kunnen verstoren. Bij de analyse van de meetdata is het handig te weten wanneer bijvoorbeeld een bronbemaling plaatsvindt, een storing in een gemaal optreedt, tijdens onderhoud veel sediment in de constructie is aangetroffen of tijdelijke werkzaamheden plaatsvinden in het systeem waaraan u meet.

Tervisie document Stichting RIONED

In uw telemetriesysteem moet u (en andere gebruikers) het logboek kunnen raadplegen en aanpassen (mutaties doorvoeren). Onderhoudsmonteurs kunnen dan in het veld direct gegevens invoeren over omstandigheden en uitgevoerde werkzaamheden die van belang zijn.

Ter visie document Stichting RIONED

1.1.2 Valideren ruwe meetgegevens

Nadat u de binnengekomen meetgegevens hebt opgeslagen, moet u de ruwe meetdata valideren. Zo krijgt u inzicht in de enorme hoeveelheid meetgegevens en kunt u de kwaliteit ervan beoordelen. Ook geeft de validatie van de meetdata informatie over het functioneren van de meetapparatuur. Hier leest u hoe u uw ruwe meetdata controleert, beoordeelt en een kwaliteitslabel toekent.

Kwaliteitslabel 'goed' versus 'de waarheid'

Bij het valideren van ruwe meetdata geeft u elke afzonderlijke meetwaarde een kwaliteitslabel, gebaseerd op statistische routines en tests per type meting. De criteria voor het labelen hebt u beschreven in uw meetplan. Het kwaliteitslabel 'goed' staat gelijk aan het 'doorstaan van alle validatietests'. Validatietests die u hebt laten uitvoeren, afhankelijk van uw meetdoel(en) . De meetdata zijn dan geschikt om te gebruiken bij de analyse of u voldoet aan uw meetdoel(en). Het kwaliteitslabel 'goed' betekent dus niet automatisch dat deze data de 'waarheid' weerspiegelen. Wel is de verwachting dat de afwijking met de werkelijkheid acceptabel is. Bij het beoordelen van de kwaliteit is zowel de precisie als de betrouwbaarheid van belang (zie Nauwkeurigheid).

Voorbewerken van de ruwe meetdata

Voordat u de ruwe meetgegevens kunt valideren en labelen, moet u de tijdreeksen van de gemeten parameters equidistant maken. Dit betekent dat u ervoor zorgt dat de tijd tussen twee opeenvolgende waarnemingen in de hele meetreeks gelijk is. Daarbij moet u ontbrekende waarnemingen aanvullen. Deze voorbewerking kunt u doen met interpoleren .

Als u te maken hebt met snelle variaties in de processen die u meet, kan het zijn dat u meetreeksen moet aggregeren (bij elkaar brengen). Daarbij gaat u met de meetgegevens aan de slag op een grotere tijdschaal, waardoor u de gegevens met meer betrouwbaarheid kunt beoordelen. Als u bijvoorbeeld meetgegevens op uurbasis in plaats van per minuut beoordeelt, kijk u niet meer naar de individuele waarnemingen, maar naar groepjes waarnemingen van zestig per uur.

Validatieniveau

Hoe u de voorbewerkte meetdata vervolgens valideert, is afhankelijk van de kwaliteit die u nodig hebt en de beschikbare tijd. Voor de analyse van het functioneren van systemen of objecten hebt u naast betrouwbare data meerdere

Ter visie document Stichting RIONED

aaneengesloten meetperioden zonder ontbrekende waarnemingen nodig. Hierbij hebt u de tijd om de data (uitgebreid) te valideren. Bij realtimecontrol (RTC) moet u direct over de gegevens beschikken, dus moet de datakwaliteit ook direct bekend zijn. Maar ook voor RTC hebt u betrouwbare data en volledige meetreeksen nodig.

Voor uw validatie kunt u daarom kiezen uit twee niveaus:

- basisvalidatie;
- uitgebreide validatie.

Basisvalidatie

De basisvalidatie bestaat uit controles die u relatief snel en eenvoudig kunt doen. Deze validatie voert u minimaal elke week uit. Bij RTC-toepassingen hebt u de data meteen nodig en moet u de validatie snel uitvoeren. De routines en tests zijn gericht op de meetdata van individuele sensoren en kwaliteitsaspecten die u direct kunt controleren, zoals:

- Numerieke waarde. Betreft de meetwaarde een numerieke meetwaarde?
- Activiteit signaal. U kunt de activiteit van de sensor controleren door meerdere opeenvolgende meetwaarden mee te nemen in de validatieroutine. De spreiding is dan een maat voor de activiteit van de sensor.
- Dubbele waarnemingen. Controle op verschillende meetwaarden met dezelfde datum/tijd-stempel.
- Meetbereik. U controleert of de meetwaarde binnen het ingestelde meetbereik valt. Ook kunt u controleren op het fysieke meetbereik (bodem van de constructie en het maaiveldniveau). In de metadata van de sensor geeft u de onder- en bovengrens aan.
- Barometrische correctie. Waterniveaumetingen met druksensoren hebben een luchtdrukcompensatie nodig. Deze compensatie gebeurt in de praktijk op basis van een tweede drukmeting in de buitenlucht of met een luchtslangetje dat het membraan verbindt met de buitenlucht. De controle op barometrische correctie houdt in dat u controleert of de luchtdrukcompensatie correct functioneert.
- Staptrend en outlier. In de basisvalidatie controleert u plotselinge veranderingen in de waarnemingen van een individuele sensor. Dit doet u op een kleine tijdschaal (een aantal opeenvolgende waarnemingen). Wat u acceptabel vindt als afwijking tussen twee waarnemingen, hebt u aangegeven in uw meetplan. In de beoordeling neemt u ook recent gevallen neerslag mee. Dan kunt u deze waarnemingen selecteren en eruit filteren. Een afwijkende waarneming gedurende één enkele tijdstap is een outlier. Bij een staptrend is sprake van meerdere tijdstappen. In de uitgebreide validatie beoordeelt u op een grotere tijdschaal (meetreeks).
- Ontbrekende waarnemingen. De tijdstap tussen opeenvolgende waarnemingen is groter dan de ingestelde meetfrequentie.

Uitgebreide validatie

Bij een uitgebreide validatie kijkt u niet alleen naar individuele sensoren, maar ook naar relaties tussen sensoren op verschillende meetlocaties en neemt u langere tijdsperioden in beschouwing. Een uitgebreide validatie voert u minimaal elke twee weken uit. U kunt controleren op:

- Lineaire trend. Lineair verloop van de waarnemingen over een langere tijdsperiode (sensordrift). Het controleren van sensordrift bij grondwaterniveaumetingen vraagt om speciale aandacht. Het grondwaterpeil

Ter visie document Stichting RIONED

vertoont namelijk altijd een stijgende of dalende trend in de tijd. Om sensordrift waar te nemen, moet u dus ook andere grondwatersensoren in de omgeving meenemen in de controle. Let hierbij op dat de sensoren zich in hetzelfde watervoerende pakket bevinden. Bij het beoordelen van een lineaire trend neemt u ook recent gevallen neerslag mee. Om op een lineair verloop te controleren, moet u minimaal een meetperiode van zes maanden in beschouwing nemen.

- Correlatie- en regressieanalyse. Deze analyses gaan uit van een aanwezige statistische relatie tussen waarnemingen op de ene meetlocatie met waarnemingen op een andere meetlocatie in hetzelfde systeem. Als de statistische relatie gaat afwijken van de historische relatie, dan is dit een aanwijzing voor afwijkend systeemgedrag of een fout in de waarnemingen. U onderzoekt of de meetreeks van de sensor waarnaar u kijkt te verklaren is uit de andere meetreeksen. De criteria die u hierbij hanteert (wat u als 'te verklaren' beschouwt), hebt u beschreven in uw meetplan.

  Hoe u deze analyses inricht, is afhankelijk van het type meting. De inrichting verschilt voor het aantal op andere meetlocaties mee te nemen sensoren en de tijdsduur waarover de controle plaatsvindt. Toegepaste methoden zijn bijvoorbeeld autocorrelatie en kruiscorrelatie. Met autocorrelatie onderzoekt u de relatie tussen waarnemingen in dezelfde reeks. Bij kruiscorrelatie vergelijkt u twee meetreeksen van verschillende locaties en onderzoekt u in welk mate het verloop van de waarnemingen van de reeksen op elkaar lijken.
- Reactie van meetparameters en systeem op neerslag.

Toekennen kwaliteitslabel aan meetwaarden

Als resultaat van de validatieprocedure kent u een kwaliteitslabel toe aan elke individuele meetwaarde. U voert de verschillende controles in een vooraf vastgestelde volgorde uit. Deze volgorde bepaalt u op basis van hoe belangrijk u de verschillende controles vindt. Elke controle heeft een eigen kwaliteitslabel. U bepaalt zelf of u toegekende labels in latere controles laat overschrijven of niet. Een meetwaarde krijgt dus het label van de controlestap waar de waarde niet voldoet aan de gestelde criteria. Als alle controlestappen zijn doorlopen zijn en aan alle gestelde criteria is voldaan, krijgt de meetwaarde het label 'goed'.

Het validatieproces is zo veel mogelijk geautomatiseerd. Handmatige validatie vergroot de kans op fouten en kost meer tijd. Maar geautomatiseerd gevalideerde meetdata moet u wel controleren .

Kunstmatige intelligentie

Bij het valideren van meetgegevens gebruiken adviesbureaus en data-analisten steeds vaker kunstmatige intelligentie (artificial intelligence) en algoritmes. De ontwikkelingen op dit gebied gaan snel en bieden vele mogelijkheden voor de validatie en controle van uw meetgegevens. Dergelijke software is standalone verkrijgbaar, maar ook als een online service.

Menselijke controle nodig

Ter visie document Stichting RIONED

Met software gebaseerd op kunstmatige intelligentie detecteert u afwijkend en vreemd systeem- of objectgedrag. Deze software en programma's voeren acties uit waarvoor doorgaans menselijke intelligentie nodig is. De ingebouwde intelligentie is gebaseerd op historische gegevens. Meestal komt dat neer op het herkennen van patronen in de meetgegevens. De software leert als het ware van de historische patronen en baseert beslissingen daarop. Maar in het stedelijk waterbeheer kunnen zich omstandigheden voordoen die de historische patronen dusdanig beïnvloeden dat dit ongewenste gevolgen heeft voor de acties die volgen. Denk aan het wijzigen van in- en/of uitslagpeilen van pompen, het veranderen van drempelpeilen van overstorten of het vervangen van een sensor met een afwijkende NAP-hoogte van het nulpunt (referentieniveau). Als u kunstmatige intelligentie en algoritmes toepast, moet u daarom ook altijd de resultaten controleren.

Ter visie document Stichting RIONED

1.1.2.1 Nauwkeurigheid

In hoeverre een meetwaarde overeenkomt met de werkelijke meetwaarde heet nauwkeurigheid. Hoe groter de nauwkeurigheid, hoe kleiner de afwijking. Nauwkeurigheid bestaat uit juistheid en precisie. Bij het analyseren van meetgegevens controleert u op de nauwkeurigheid. Op deze pagina deel leest u wat betrouwbaarheid en precisie inhouden en hoe u in de praktijk toewerkt naar een zo hoog mogelijke nauwkeurigheid van uw meetdata.

Leveranciers van meetapparatuur geven bij het leveren van hun apparatuur een bepaalde meetnauwkeurigheid aan. Maar wat verstaat een leverancier hieronder? Het is niet altijd duidelijk wat die ‘meetnauwkeurigheid’ inhoudt. Zo kan een zeer precieze meting totaal onbetrouwbaar zijn, of andersom.

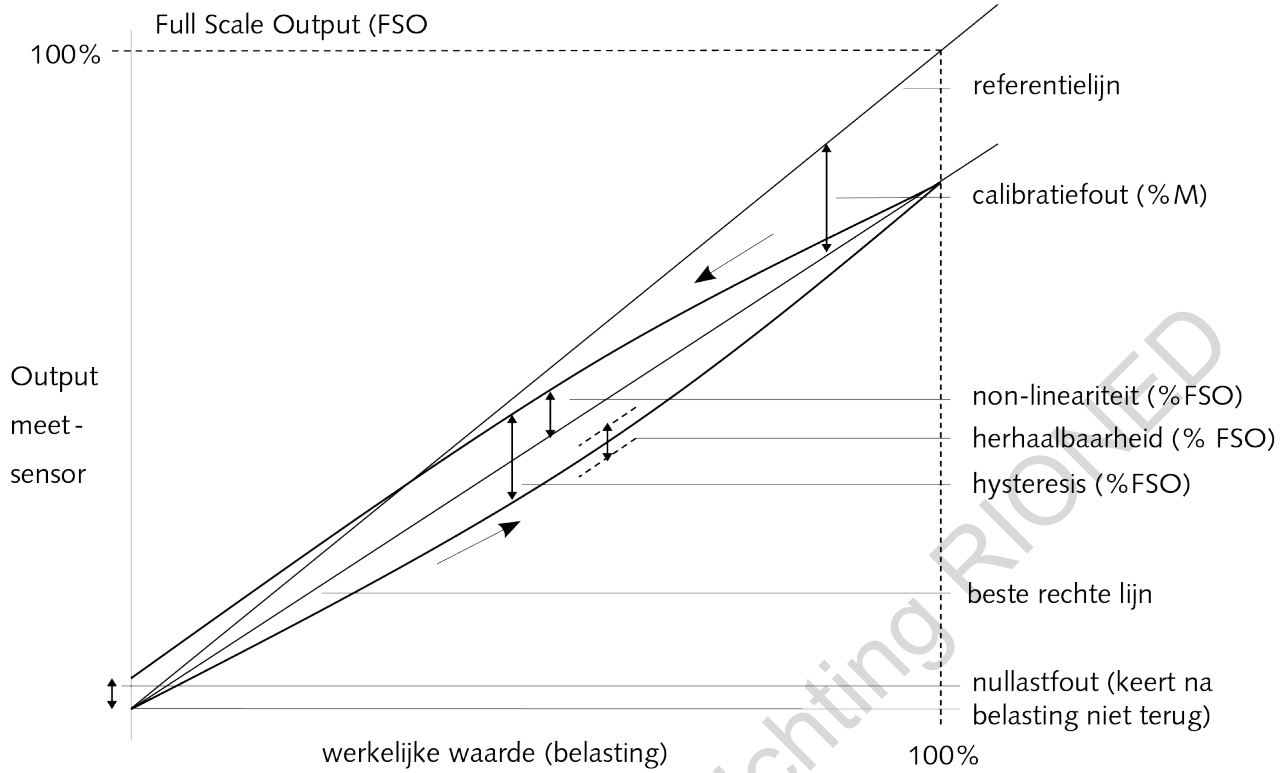
Juistheid en precisie

Bij het beoordelen van de kwaliteit van meetgegevens is zowel de precisie als de juistheid van belang. Onjuistheid betekent een structurele afwijking van een werkelijke meetwaarde. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van het niet correct installeren van een meetinstrument. Precisie (reproduceerbaarheid) heeft te maken met de eigenschappen van een meetinstrument. Meer informatie over juistheid en precisie vindt u op de pagina Meetopzet: welke nauwkeurigheid?

Fouten die invloed hebben op de nauwkeurigheid

In de specificaties van meetapparatuur staan afwijkingen meestal vermeld als een relatieve fout ten opzichte van het ingestelde meetbereik, de zogenaamde FSO (Full Scale Output). De meetnauwkeurigheid bij 1 m meetbereik en een relatieve meetnauwkeurigheid van 0,1% bedraagt bijvoorbeeld 1 mm. Bij een ingesteld meetbereik van 2 m is de meetnauwkeurigheid 2 mm. Figuur A licht meerdere in apparatuurspecificaties genoemde uitdrukkingen, die invloed hebben op de juistheid en precisie, grafisch toe.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Sensoreigenschappen in specificaties (Bron: Schaap, L.H.J. en Zuidberg, H.M. (1982), Mechanical and electrical aspects of the electric cone penetrometer tip. In: Penetration Testing, Second European Symposium on Penetration Testing)

Ter visie document Stichting RIONED

Van invloed op systematische afwijkingen (juistheid) zijn onder meer:

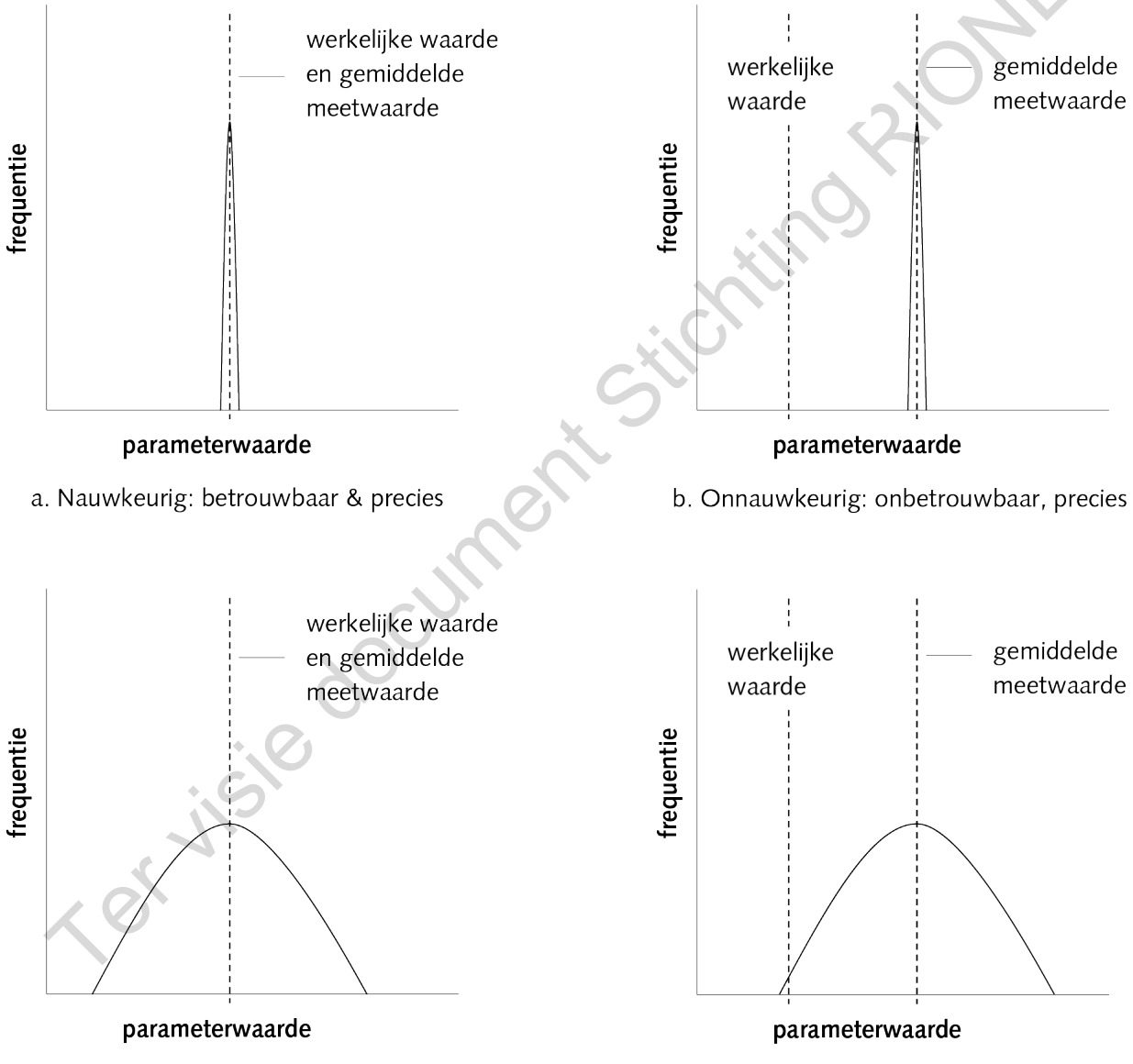
- kalibratiefouten;
- nulpuntsdrift (het verschuiven van het referentieniveau);
- temperatuurdrift (vervorming van het meetsignaal door temperatuurinvloeden);
- verkeerde instellingen in de apparatuur (nullastfout).

Van invloed op de precisie zijn onder meer:

- non-lineariteit (geen rechtlijnig verband);
- herhaalbaarheid (mate van overeenstemming tussen meetwaarden aan eenzelfde grootheid);
- hysteresis (zie het kader).

Hysterese of hysteresis (Grieks voor ‘het achterblijven’) is het verschijnsel dat het verband tussen oorzaak en gevolg niet alleen afhangt van de grootte van de oorzaak, maar ook van de richting waarin de oorzaak verandert. De meting van het verloop van een waterniveau in een put bij een stijgende waterspiegel kan bijvoorbeeld afwijken van de meting bij een dalende waterspiegel (zie figuur A).

De totale onjuistheid (bias) en precisie zijn een optelsom van alle fouten met een verschillende oorzaak (zie figuur B).



Figuur B Effecten van fouten in precisie en betrouwbaarheid (Bron: AIAA, Assessment of Wind Tunnel Data Uncertainty. reston, USA, American Institute of Aeronautics and Astrounautics (AIAA). (AIAA S0-71-1995)

Ter visie document Stichting RIONED

Uiteindelijk is een meting alleen nauwkeurig als deze juist én precies is. De totale meetonnauwkeurigheid is dus + . In figuur B ziet u de effecten van fouten in de precisie en de juistheid en wat dat betekent in termen van nauwkeurigheid.

Maximaliseren juistheid en precisie

Bij het ontwerpen en installeren van uw meetnet houdt u rekening met juistheid en precisie. Onderstaand vindt u verwijzingen met daarin informatie over hoe u juistheid en precisie positief kunt beïnvloeden:

- kies een geschikte meetlocatie waar de omstandigheden gunstig zijn om te meten;
- kies het best passende meetprincipe voor uw situatie;
- kies een bijpassende meetopzet voor uw situatie;
- kies de bij het meetprincipe passende meetapparatuur en installeer de meetapparatuur conform de voorschriften;
- voer een test op locatie uit;
- voer onderhoud uit aan de meetapparatuur (inclusief periodieke kalibratie van de apparatuur).

Ter visie document Stichting RIONED

1.1.2.2 Aanvullen afgekeurde en ontbrekende meetdata

Voordat u de ruwe meetgegevens kunt valideren en labelen, moet u de meetdata eerst voorbewerken. Dit doet u door de tijdreeksen van de gemeten parameters equidistant te maken. Dit houdt in dat u ervoor zorgt dat de tijd tussen twee opeenvolgende waarnemingen in de hele meetreeks gelijk is. Daarbij moet u ontbrekende waarnemingen aanvullen. Deze voorbewerking kunt u doen met interpoleren. Hier leest u hoe u dit werkt en waarmee u daarbij rekening moet houden.

Met interpoleren kunt u ontbrekende meetwaarden aanvullen en meetreeksen equidistant maken. Ook kunt u interpoleren gebruiken om meetwaarden te corrigeren bij realtimecontrol (RTC). Realtimeverwerkingssoftware heeft namelijk complete meetreeksen nodig. Daarom corrigeert u afgekeurde meetwaarden bij realtimetoepassingen en vult u ook daar ontbrekende meetwaarden aan. Het regelsysteem moet immers te allen tijde een betrouwbaar regelsignaal afgeven aan de regelaar. De regelaar mag niet ontregeld raken.

Interpoleren

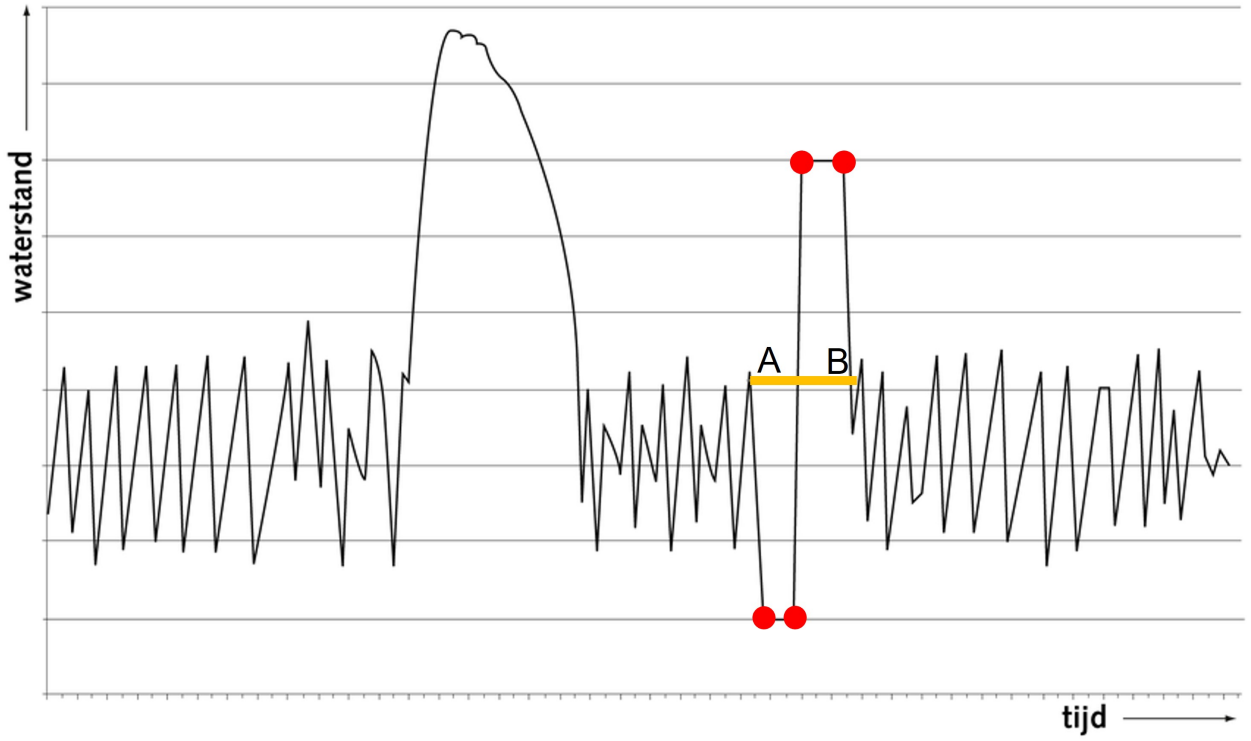
Bij interpoleren leidt u nieuwe meetwaarden af binnen het bereik van uw verzameling meetwaarden. Daarbij gaat u er vanuit dat er een bepaalde relatie aanwezig is tussen die meetwaarden. U gebruikt een wiskundige functie die door een aantal bekende meetwaarden loopt en waarmee u de waarde kunt bepalen voor de ontbrekende meetwaarden.

Lineaire interpolatie (interpolatie in de tijd)

De eenvoudigste vorm is een lineaire interpolatie. U hebt dan slechts twee bekende meetwaarden nodig, de laatst geregistreerde en de eerstvolgende meetwaarde. Voor alle hiertussen ontbrekende meetwaarden bepaalt u dan lineair, uitgaande van deze twee bekende meetwaarden, de ontbrekende of aan te passen meetwaarde.

In figuur A ziet u een voorbeeld van lineaire interpolatie. In de grafiek ziet u geregistreerde waterniveaumetingen over een bepaalde periode. Tussen de meetwaarden A en B zijn de geregistreerde waterniveaumetingen in de validatieprocedure afgekeurd (rode stippen). De oranje lijn geeft de lineair geïnterpoleerde waterniveaumetingen aan, uitgaande van de beide betrouwbare meetwaarden A en B. U moet wel opletten dat u niet te veel ontbrekende meetwaarden interpoleert. Als er te veel meetwaarden ontbreken, is interpolatie niet meer zo zinvol want dan is het resultaat te onbetrouwbaar/onnauwkeurig.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Voorbeeld van waterniveaumetingen in de tijd, waarbij onbetrouwbare meetwaarden met lineaire interpolatie zijn vervangen (Bron: Leidraad Riolering module C2380)

Ter visie document Stic

Integratiepolynoom

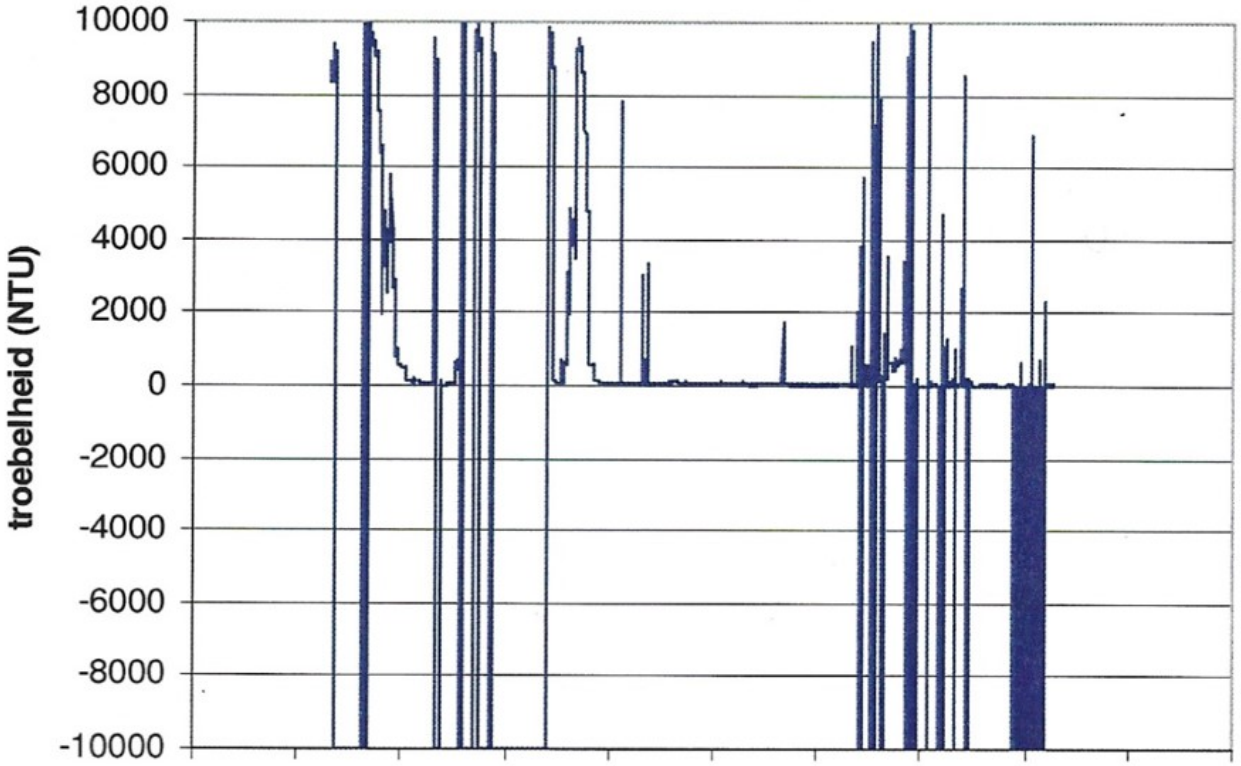
Bij lineaire interpolatie is de functie een rechte lijn en relatief eenvoudig te definiëren. Maar als u bij het interpoleren meerdere bekende meetwaarden gebruikt, definieert u een functie die een kromme (integratiepolynoom) beschrijft die zo goed mogelijk door deze meetwaarden loopt. Hoe meer bekende meetwaarden u gebruikt om de integratiepolynoom te construeren, hoe complexer het op te lossen stelsel vergelijkingen om de coëfficiënten van de polynoom te bepalen. U kunt dan bijvoorbeeld de methode Lagrange toepassen. Ook kunt u toepassingen gebruiken met kunstmatige intelligentie en algoritmes , deze zijn volop in ontwikkeling.

Interpolatie in de ruimte

Naast een interpolatie in de tijd is interpolatie in de ruimte mogelijk. In dat geval gebruikt u metingen op nabijgelegen meetlocaties. Voor een neerslagmeter kunt u bijvoorbeeld de waarde(n) van nabijgelegen neerslagmeters te gebruiken.

Aandachtspunten bij interpoleren

- Wees voorzichtig met interpoleren, u loopt het risico dat u meetwaarden 'verzint' en daarmee tot onbetrouwbare data komt.
- Eigen kwaliteitslabel. Een geïnterpoleerde meetwaarde is uiteraard niet zo nauwkeurig als een goed gemeten meetwaarde. Daarom geeft u een geïnterpoleerde meetwaarde een eigen kwaliteitslabel en kunt u in een later stadium altijd nog besluiten de meetreeks niet te gebruiken in analyses en rapporten.
- Let op de gemeten variabele. U kunt meetreeksen van waterniveaumetingen bijvoorbeeld goed interpoleren omdat het een continu patroon betreft. Maar het interpoleren bij een reeks meetwaarden van een troebelheidssensor vraagt om extra aandacht. Troebelheidsmetingen kunnen namelijk een grillig verloop vertonen (zie figuur B). Door ontbrekende meetwaarden met interpoleren aan te vullen, kan het dus zijn dat u het werkelijke verloop van de metingen (proces) niet goed genoeg benadert. Met name waterkwaliteitsparameters kunnen een grillig verloop vertonen.
- Wees ook voorzichtig met het interpoleren van veel waarnemingen over een langere periode. U loopt dan het risico dat u de informatie van het werkelijk optredende meetpatroon verliest.



Figuur B Grillig verloop gemeten troebelheid in de tijd in een inspectieput (Bron: M. van Bijnen Advies)

Redundantie

Als u in het ontwerp van uw meetnet rekening hebt gehouden met voldoende redundantie , kunt u ook de verzamelde meetdata op andere meetlocaties gebruiken om ontbrekende meetwaarden aan te vullen.

1.1.3 Controleren gevalideerde meetgegevens

Het validatieproces van de meetdata is zo veel mogelijk geautomatiseerd. Handmatige validatie vergroot de kans op fouten en kost meer tijd. Maar geautomatiseerd gevalideerde meetdata moet u wel controleren: hebben waarnemingen terecht het kwaliteitslabel 'fout' of 'twijfelachtig' gekregen? Waar nodig moet u actie ondernemen. Hier leest u hoe u die controle uitvoert.

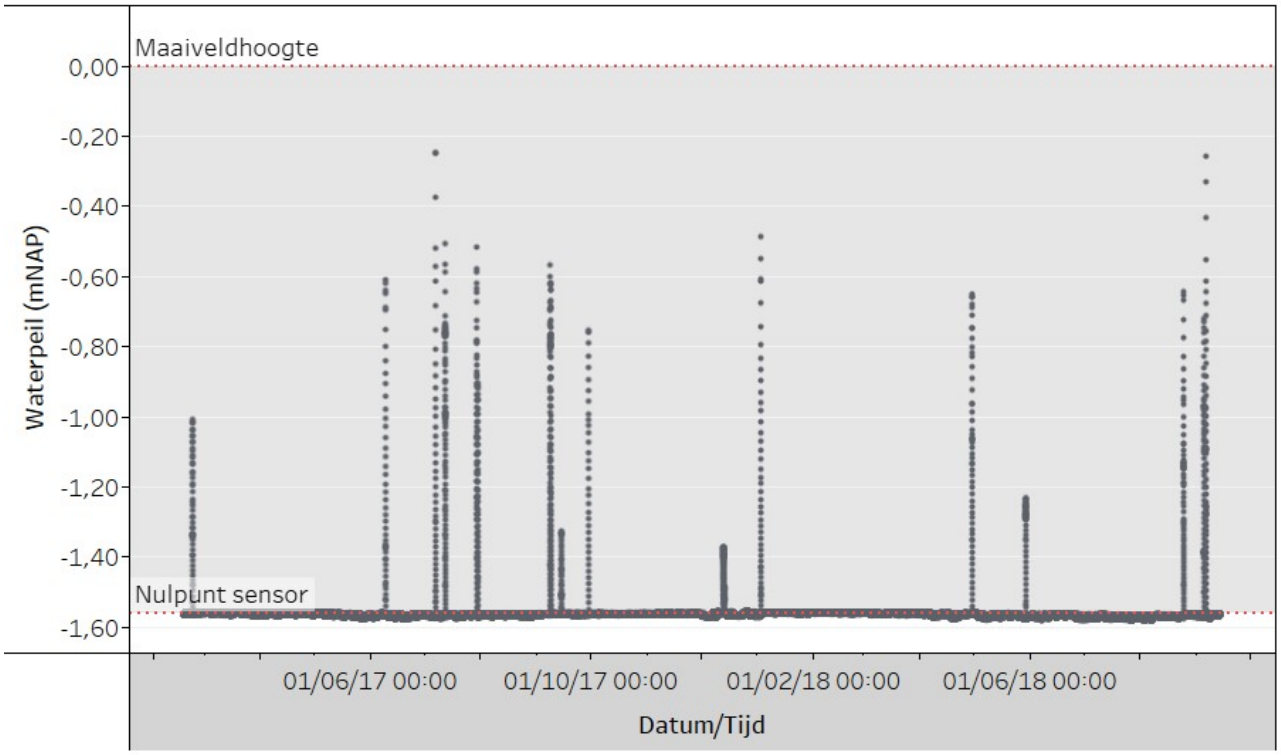
De controle van de gevalideerde meetdata kan aanpassingen aan de validatieroutines tot gevolg hebben. Dit is het geval als het systeemgedrag is gewijzigd, bijvoorbeeld door uitgevoerde werkzaamheden aan het systeem of een aangepast inslagpeil van een pomp. Zeker bij het inregelen van uw validatieroutines moet u meerdere malen aanpassingen in de routines doorvoeren.

Standaardgrafieken

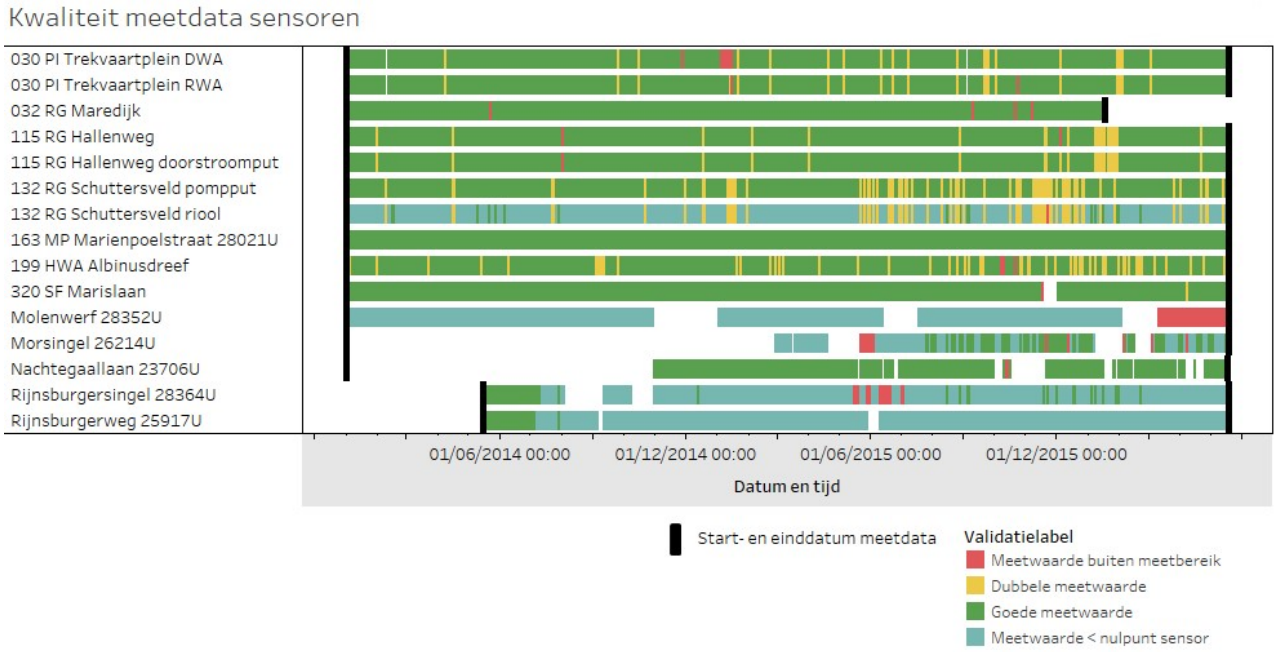
Bij het controleren van de gevalideerde meetdata kunt u grafieken gebruiken. Door de meetgegevens in de tijd en de resultaten van de datavalidatie te visualiseren, krijgt u een goed overzicht van de verzamelde meetgegevens (zie figuur A) en de toegekende kwaliteitslabels (zie figuur B). Om inzicht te krijgen in de verdeling van de meetgegevens en de aanwezigheid van outliers in de meetgegevens, kunt u ook boxplots en histogrammen gebruiken. Een overzicht van de beschrijvende statistiek geeft u informatie over het gemiddelde, de mediaan en de standaardafwijking.

Laat in uw telemetriesysteem in de grafische user interface (GUI) de door u gewenste grafieken en resultaten als standaard inbouwen (zie figuren A en B). Dan kunt u de controle op de datavalidatie snel en overzichtelijk uitvoeren.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Voorbeeldgrafiek voor visuele controle waterniveaumetingen (Bron: M. van Bijnen Advies)



Figuur B Resultaat datavalidatie: de aan de meetwaarden toegekende kwaliteitslabels in de tijd (Bron: gemeente Leiden, M. van Bijnen Advies)

Met name de kwaliteitslabels die u als 'twijfelachtig' classificeert moet u controleren en beoordelen. Hierbij kunt u ook de informatie uit de digitale logboeken gebruiken (bijvoorbeeld de momenten waarop werkzaamheden in de riolering zijn uitgevoerd). Bij de visuele controle vallen zaken op die niet of moeilijk geautomatiseerd te detecteren of verhelpen zijn. U kunt onvolkomenheden corrigeren en oorzaken van eventuele afwijkingen (laten) onderzoeken en beoordelen. Voer deze werkzaamheden routinematig uit, minimaal eens in de twee weken.

Data corrigeren

Als databeheerder moet u zelf de data in de database kunnen corrigeren. In de database moet komen te staan wie de data wanneer heeft aangepast en waarom. Daarbij kunt u als databeheerder het digitale logboek raadplegen en aanpassen. U geeft de meetwaarden die u aanpast een kwaliteitslabel waaruit blijkt dat de meetwaarde is gecorrigeerd.

Ter visie document Stichting RIONED

1.2 Stap 2: Bewerken meetgegevens

Nadat u de ruwe meetgegevens hebt verwerkt, gaat u de data bewerken. Dit betekent dat u waar nodig de meetgegevens in de juiste eenheden zet en parameters afleidt uit de meetdata, zodat u een betrouwbare set hebt die u kunt gebruiken voor de analyse. Ook de bewerkte gegevens valideert en controleert u.

De ruwe meetgegevens die vanuit het meetnet binnenkomen, hebt u in stap 1 verwerkt (opgeslagen, gevalideerd, gelabeld en gecontroleerd). Voordat u de meetgegevens vervolgens kunt analyseren (stap 3) om uw informatievragen te beantwoorden, moet u ze nog bewerken. Hiervoor doorloopt u de volgende deelstappen:

- Omrekenen meetgegevens : De meetgegevens die u met uw meetnet verzamelt, zijn meestal afkomstig van verschillende meetinstrumenten. Daardoor kunnen de gegevens in verschillende eenheden zijn opgeslagen. Om een goede data-analyse te kunnen uitvoeren en rekenfouten te voorkomen, moet u de meetparameters in één standaardeenheid omzetten. Hier leest u hoe u de meetparameters neerslag, waterniveaus en debieten omrekent.
- Afleiden parameters uit meetgegevens : Meetinstrumenten meten niet altijd (rechtstreeks) alle gewenste parameters. Sommige parameters moet u daarom afleiden uit de meetgegevens. Bijvoorbeeld de hoeveelheid gevallen neerslag in de tijd per bemalingsgebied, afgevoerde hoeveelheden van pompen en via overstorten, en waterkwaliteit. De afgeleide parameters registreert u als een nieuwe (meet)reeks. Hier leest u hoe u deze parameters uit meetdata afleidt en hoe u ze opslaat en beheert.
- Valideren en controleren bewerkte meetgegevens : Als u de meetgegevens hebt bewerkt, moet u deze valideren en controleren. Dit doet u op dezelfde manier als bij de verwerkte meetgegevens in stap 1. En ook nu kent u aan elke meetwaarde een kwaliteitslabel toe dat de betrouwbaarheid weergeeft.

Ter visie document Stichting RIONED

1.2.1 Omrekenen meetgegevens

De meetgegevens die u met uw meetnet verzamelt, zijn meestal afkomstig van verschillende meetinstrumenten. Daardoor kunnen de gegevens in verschillende eenheden zijn opgeslagen. Om een goede data-analyse te kunnen uitvoeren en rekenfouten te voorkomen, moet u de meetparameters in één standaardeenheid omzetten. Hier leest u hoe u de meetparameters neerslag, waterniveaus en debieten omrekent.

Ook de tijdstappen waarin de afzonderlijke meetwaarden zijn geregistreerd, moeten uniform zijn. Bij de datavalidatie in stap 1 hebt u ervoor gezorgd dat de tijd tussen twee opeenvolgende meetwaarden in de hele meetreeks gelijk is (equidistant maken). Dit doet u al bij het voorbewerken van uw ruwe meetgegevens.

Omrekenen neerslag

Afhankelijk van de apparatuur en de instellingen registreren neerslagmeters neerslag in verschillende eenheden en tijdstappen. De eenheid is veelal mm, maar ook registratie in tiende mm komt voor. Typische tijdsintervallen voor neerslaggegevens zijn per minuut, 5 minuten, 10 minuten, 15 minuten, uurwaarden en dagwaarden. Om de neerslaggegevens van verschillende neerslagmeters met elkaar te kunnen vergelijken, moet u de neerslaggegevens herleiden naar één eenheid en tijdstap, bijvoorbeeld mm per minuut.

Neerslagmeters kunnen ook cumulatieve neerslag registreren die in een bepaalde periode is gevallen (bijvoorbeeld per 5 minuten of per uur). Daarnaast kan een neerslagmeter de momentane neerslagintensiteit in mm per uur registreren. Ook hier zet u de gegevens om naar een uniforme eenheid en tijdstap. Het omrekenen van eenheden naar een standaardeenheid kunt u geautomatiseerd doen.

Kantelbakje

Meet u neerslag met een kantelbakneerslagmeter ? Laat de neerslag dan cumulatief met een vast tijdsinterval registreren (bijvoorbeeld elke minuut). Wanneer u de hoeveelheid neerslag namelijk per kanteling van het bakje registreert, krijgt u een niet-equidistante tijdreeks met neerslaggegevens. Die reeks moet u dan later voor de analyse weer omzetten naar een equidistante tijdreeks.

Omrekenen waterniveaus

Ook bij het registreren van waterniveaus kunnen de instellingen van de meetapparatuur op verschillende meetlocaties verschillend zijn. Enkele voorbeelden:

Ter visie document Stichting RIONED

- Het gebruik van verschillende eenheden op verschillende meetlocaties (mm versus m).
- Verschillende referentiehoogten voor verschillende meetlocaties, zoals m NAP of m ten opzichte van de kruinhoogte van de overstortdrempel.
- Registratie met afwijkende meetintervallen (bijvoorbeeld 1, 5, 10, of 15 minuten) tussen verschillende meetlocaties.
- Geen equidistante tijdreeksen doordat de apparatuur meetwaarden event-based (loggen op het moment dat er een verandering plaatsvindt) vastlegt of doordat meetwaarden ontbreken.
- Afwijkingen van de tijd van de interne klokken van meetinstrumenten in vergelijking met de werkelijke tijd.

In sommige systemen is het waterniveau in een gemaalkelder uitgedrukt in een % van de totale vulling. In dat geval rekent u het vullingspercentage om naar de gekozen eenheid die u ook bij de andere meetlocaties gebruikt.

Om tot een uniforme registratie van gemeten waterniveaus te komen, kiest u de gewenste eenheid en zet u alle waarnemingen om in de gekozen eenheid. Daarbij gaat de voorkeur uit naar de eenheid m ten opzichte van NAP. Hiermee kunt u verschillende meetlocaties eenvoudig met elkaar vergelijken (zie ook het kader onderaan de pagina).

Omrekenen debieten

Bij debietmetingen kunnen de instellingen ook per meetinstrument verschillen. Zo kan een meetinstrument een debiet in liter per seconde, per minuut of in m^3 per uur opslaan. Om de meetdata te kunnen gebruiken voor de analyse, moet u alle gemeten debieten ook naar dezelfde eenheid vertalen, bijvoorbeeld m^3 per uur.

Als er geen debietmeter aanwezig is, kunt u het verpompte debiet afleiden uit de werking van een pomp. Om dat nauwkeurig te doen, gebruikt u de geregistreerde in- en uitslagtijden van de pomp (draaiuren). Bij het omzetten van draaiuren naar een debiet hebt u ook de pompcurve en de gemeten druk boven- en benedenstrooms nodig.

Eenduidige tijdregistratie (tijdzone)

De tijdregistratie van de data moet eenduidig zijn. Een bekend ‘probleem’ is bijvoorbeeld de overgang van zomer- naar wintertijd. De database moet een standaardtijd aanhouden, bij voorkeur de wintertijd (GMT +1). In de presentatie (grafische user interface) van de meetresultaten moet de gebruiker de data naar de zomer- of wintertijd kunnen omzetten. Dan kunnen geen gegevens verdwijnen doordat de klok een uur teruggaat en kan er geen gat in de data ontstaan doordat de klok een uur vooruitgaat.

Kloksynchronisatie

Om te voorkomen dat tijden uit elkaar gaan lopen, moet u de klokken op de onderstations minimaal dagelijks met de hoofdpost synchroniseren.

Ter visie document Stichting RIONED

Veranderende peilmerken in Nederland

Om overal in Nederland de hoogte ten opzichte van NAP te kunnen bepalen, zijn door het hele land ongeveer 35.000 peilmerken aangebracht. Deze NAP-peilmerken hebben een hoogte ten opzichte van NAP en zijn verankerd in onder meer woonhuizen, bruggen en viaducten. Zo kunnen we gemakkelijk de waterstand bepalen of de hoogte van een bouwwerk.

De grond waarop we leven is aan verzakking onderhevig. Hierdoor zijn de 35.000 bovengrondse peilmerken na verloop van tijd niet meer nauwkeurig. Daarom zijn diep in de grond ook 400 ondergrondse peilmerken aangebracht, gefundeerd op een zandlaag die bijna niet verzakt. Rijkswaterstaat gebruikt deze eens in de tien jaar om de bovengrondse peilmerken in Nederland te controleren. Bij deze correcties gaat het om enkele centimeters. De actualiteit van uw inmetingen voor bijvoorbeeld de nulpunten van sensoren of hoogte van overstortdrempels is dus ook afhankelijk van de meest recente controle van Rijkswaterstaat .

Ter visie document Stichting

1.2.2 Afleiden parameters uit meetgegevens

Meetinstrumenten meten niet altijd (rechtstreeks) alle gewenste parameters. Sommige parameters moet u daarom afleiden uit de meetgegevens. Bijvoorbeeld de hoeveelheid gevallen neerslag in de tijd per bemalingsgebied, afgevoerde hoeveelheden van pompen en via overstorten, en waterkwaliteit. De afgeleide parameters registreert u als een nieuwe (meet) reeks. Hier leest u hoe u deze parameters uit meetdata afleidt en hoe u ze opslaat en beheert.

De volgende onderwerpen komen hier aan de orde:

- Opslaan en beheren afgeleide parameters : De metadata die u gebruikt om nieuwe parameters uit meetgegevens af te leiden, moet u als variabele waarden opslaan. Dit is belangrijk omdat beheerders gemalen kunnen vervangen of reconstrueren en overstortdrempels kunnen verzakken. Als u een meetwaarde achteraf via een handmatige validatie aanpast, moet u ook de daarvan afgeleide datareeks bijwerken. Ook moet u afgeleide data een eigen kwaliteitslabel toekennen. Hier leest u meer over het opslaan en beheren van afgeleide parameters.
- Neerslag per gebied : Wanneer u voor een bemalings- of rioleringsgebied de gevallen hoeveelheid neerslag in de tijd wilt bepalen, moet u deze informatie afleiden uit de geregistreerde neerslag van grondneerslagmeters en/of uit radarbeelden. Hier leest u hoe u dit kunt doen.
- Afgevoerde hoeveelheden : Afgevoerde hoeveelheden van pompen en via overstorten meet u niet rechtstreeks, maar leidt u af uit (gemeten) parameters. Hier leest u hoe u beide kunt afleiden.
- Waterkwaliteit : Als u inzicht wilt in waterkwaliteit, kunt u de vuilvracht van een of meerdere verontreinigende stoffen berekenen. Dit doet u aan de hand van gemeten concentraties in het (afval)water of indicatoren daarvan in combinatie met gemeten hoeveelheden (kwantiteit).

Ter visie document Stichting RIONED

1.2.2.1 Opslaan en beheren afgeleide parameters

De metadata die u gebruikt om nieuwe parameters uit meetgegevens af te leiden, moet u als variabele waarden opslaan. Dit is belangrijk omdat beheerders gemalen kunnen vervangen of reconstrueren en overstortdrempels kunnen verzakken. Als u een meetwaarde achteraf via een handmatige validatie aanpast, moet u ook de daarvan afgeleide datareeks bijwerken. Ook moet u afgeleide data een eigen kwaliteitslabel toekennen. Hier leest u meer over het opslaan en beheren van afgeleide parameters.

Metadata en formules

Om nieuwe parameters af te leiden, gebruikt u metadata en formules. Wilt u bijvoorbeeld de hoeveelheid overgestort water inschatten, dan hebt u de breedte van de overstortdrempel nodig en de afvoercoëfficiënt van de overstort. De nauwkeurigheid van deze brongegevens zijn bepalend voor de nauwkeurigheid van de reeks met afgeleide waarden. Daarom moet u bijvoorbeeld ook de breedte en hoogte van een overstortdrempel voldoende nauwkeurig inmeten en niet alleen aandacht besteden aan een correcte installatie van de waterniveaumeter. Als een overstortdrempel niet waterpas is, dan past u bij voorkeur een mes toe.

Opslaan metadata

Bewaar de metadata niet als constante waarde, maar als variabele. Dit is belangrijk omdat beheerders gemalen kunnen vervangen of reconstrueren en overstortdrempels kunnen verzakken. Bij het bepalen van de afgeleide waarden rekent u dan met andere metaparameters.

Voorbeeld

Een pomp in een gemaal is vervangen door een pomp met een andere capaciteit. Stel dat de beheerder het gemaal op 27 juni 2009 heeft gerenoveerd en de capaciteit is toegenomen. De capaciteit van het gemaal behoort tot de metadata en is niet constant, maar variabel in de tijd. Als uit de datavalidatie blijkt dat een hydrostatische drukopnemer last heeft van nulpuntsdrift, dan moet u een historische meetreeks van de sensor kunnen corrigeren. Deze functionaliteit moet u laten opnemen in uw telemetriesysteem .

Bijwerken afgeleide parameters na aanpassen brondata

Als u een meetwaarde achteraf via een handmatige validatie aanpast, moet u ook de daarvan afgeleide datareeks bijwerken. Hiervan is sprake als een waterniveaumeter bij een overstortdrempel het waterniveau meet en uw

Ter visie document Stichting RIONED

verwerkingssoftware deze metingen omzet naar een overstortende hoeveelheid. Na een visuele controle enige tijd later blijken meerdere waterniveaus niet correct en corrigeert de databeheerder deze handmatig in de database. De hieruit afgeleide overstorthoeveelheden moet hij dus ook opnieuw bepalen. Het aanpassen van afgeleide parameters na handmatige correctie van meetwaarden kunt u het best automatiseren in uw telemetriesysteem. Dan kan niemand dat vergeten.

Toekennen kwaliteitslabel afgeleide data

De afgeleide data krijgen ook een kwaliteitslabel mee. Als de brondata twijfelachtig zijn, is de afgeleide waarde dat vanzelfsprekend ook. Maar als de brondata betrouwbaar zijn, kunnen de afgeleide meetdata alsnog twijfelachtig zijn, namelijk als de omzetting onzekere parameters bevat. Dit kan blijken uit de resultaten van uw datavalidatie.

Aggregeren meetgegevens

Om bijvoorbeeld een waterbalans over een maand of een jaar op te stellen, moet u de meetgegevens aggregeren (bij elkaar brengen). Ook dit aggregeren levert afgeleide data op.

Ter visie document Stichting RIONED

1.2.2.2 Neerslag per gebied afleiden uit meetdata

Wanneer u voor een bemalings- of rioleringsgebied de gevallen hoeveelheid neerslag in de tijd wilt bepalen, moet u deze informatie afleiden uit de geregistreerde neerslag van grondneerslagmeters en/of uit radarbeelden. Hier leest u hoe u dit kunt doen.

Neerslagmeter of -radar

Een grondneerslagmeter meet alleen de gevallen neerslag op de locatie (puntneerslagmeting). Deze hoeveelheid neerslag is niet meer representatief voor de gevallen neerslag op een locatie kilometers verderop. Met een radar kunt u neerslag meten met een grotere ruimtelijke resolutie. U krijgt dan een veel betere benadering van de verdeling van de neerslag over een gebied. Welke meetapparatuur of neerslaggegevens u kiest, is afhankelijk van de informatie die u voor een specifieke beheertaak nodig hebt. Meer informatie vindt u bij Neerslagmeters en -radar .

Neerslaghoeveelheden per bemalings- of rioleringsgebied

Als u neerslaghoeveelheden per bemalings- of rioleringsgebied wilt hebben, moet u de data vanuit grondneerslagmeters en/of radarbeelden bewerken. Daarbij moet u rekening houden met:

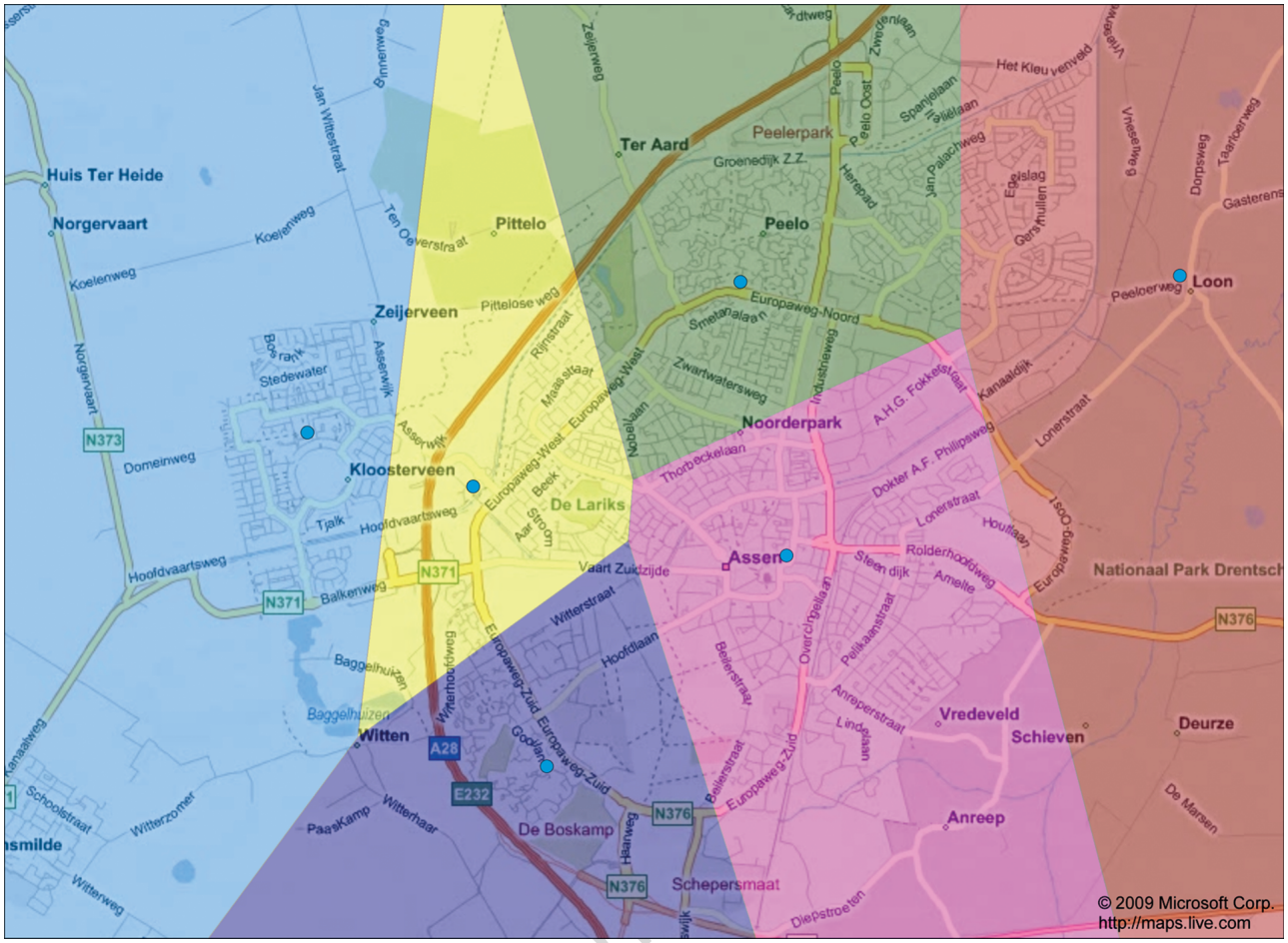
- de geografische ligging van de neerslagmeters en/of radarbeelden;
- de geografische ligging van het bemalings- of rioleringsgebied;
- de grootte van het bemalings- of rioleringsgebied (gebiedsreductiefactor).

Methoden om neerslag per gebied te bepalen

De neerslag per gebied kunt u met verschillende methoden bepalen:

- De eenvoudigste methode is het gebruik van Thiessen-polygonen (zie figuur A). Daarbij construeert u om elk grondneerslagstation een polygoon. De hoeveelheid neerslag in een polygoon is gelijk aan de gemeten neerslag. Via een GIS-bewerking legt u de shapefile van het gebied over de Thiessen-polygonen. Hieruit berekent u met een gewogen gebiedsgemiddelde de hoeveelheid neerslag voor het gebied.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Voorbeeld vlakverdeling per grondregenmeter volgens de Thiessen-Polygonenmethode (Bron: Leidraad Riolering module C2380)

Ter visie document

- Een andere methode is Kriging. Daarbij krijgt elk bemalingsgebied een virtueel meetstation. Met een ruimtelijke interpolatiemethode bepaalt u uit de neerslaghoeveelheden van de omliggende stations de neerslaghoeveelheden van het virtuele meetstation. Stations die dichterbij liggen, krijgen een hoger gewicht dan verder gelegen stations.
- Ook kunt u grondneerslagmeters combineren met radarbeelden. U gebruikt de neerslagradarbeelden voor de ruimtelijke interpolatie van de grondneerslagmeters. U corrigeert de radarbeelden uitgaande van de gemeten neerslag bij de grondneerslagmeters. In de tussenliggende gebieden interpoleert u de neerslagwaarden, rekening houdend met de neerslagintensiteit volgens het radarbeeld.

Deze methode is een verbetering van Kriging, omdat u het invloedsgebied van een grondneerslagmeter dynamisch bepaalt. Als volgens het radarbeeld de neerslag net buiten het gebied valt, past u de invloedssfeer van een nabijgelegen station hierop aan. Meer informatie vindt u bij Radar en neerslagmeters combineren .

1.2.2.3 Afgevoerde hoeveelheden afleiden uit meetdata

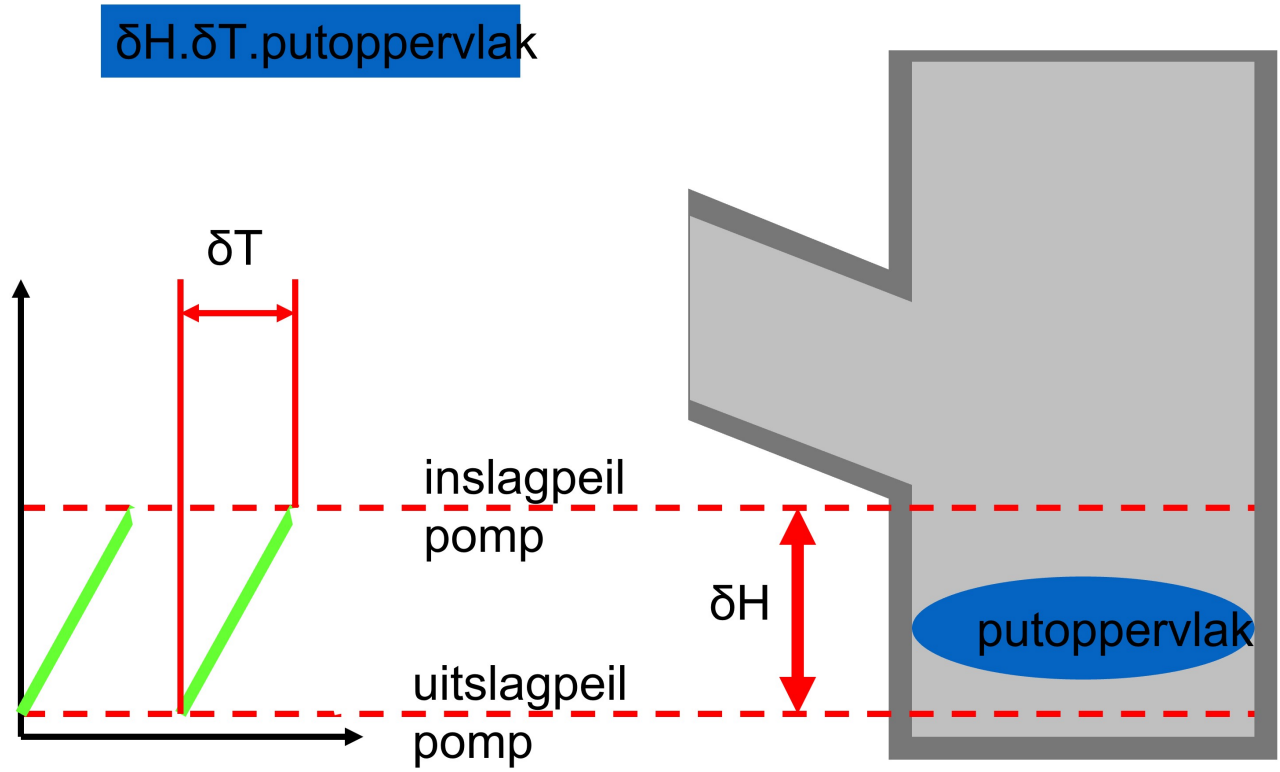
Afgevoerde hoeveelheden van pompen en via overstorten meet u niet rechtstreeks, maar leidt u af uit (gemeten) parameters. Hier leest u hoe u beide kunt afleiden.

Afgevoerde hoeveelheden van een pomp

De afgevoerde hoeveelheid van een pomp kunt u bepalen met een debietmeter. Op basis van het gemeten waterniveau en de gemeten snelheid van het water berekent de software in de debietmeter het debiet en de afgevoerde hoeveelheid in de tijd. Dit gebeurt in combinatie met een bekende leidingdiameter. Een debietmeter leidt het debiet en de afgevoerde hoeveelheden dus ook af van gemeten parameters.

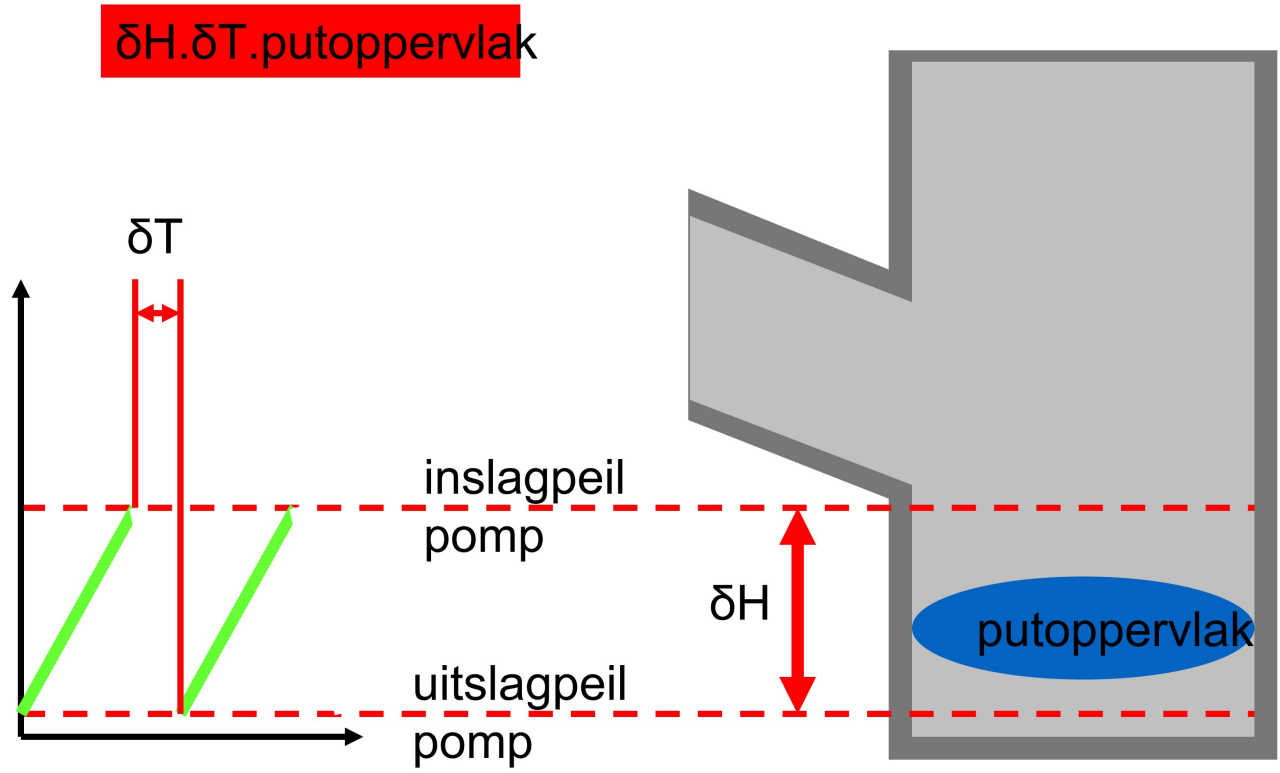
Als u geen debietmeter tot uw beschikking hebt, kunt u de capaciteit van een pomp inschatten door eerst de droogweerafvoer te schatten uitgaande van de vullingstijd van de pompkelder (zie figuur A). Deze inschatting gebruikt u om de aanvoer van afvalwater tijdens het ledigen van de kelder te corrigeren (zie figuur B). Een voorbeeld van deze aanpak vindt u op de pagina Analyseren functioneren gemaal .

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Inschatten van de aanvoer van afvalwater bij droog weer door de inhoud van de pompkelder tussen in- en uitslagpeil te vermenigvuldigen met de tijd die nodig is om de kelder te vullen (Bron: Didrik Meijer)

Ter visie document St



Figuur B Inschatten van de capaciteit van een gemaal bij droog weer door de inhoud van de pompkelder tussen in- en uitslagpeil te vermenigvuldigen met de tijd die nodig is om de kelder te legen. Deze hoeveelheid corrigeert u met de aangevoerde hoeveelheid afvalwater tijdens het ledigen (zie figuur A) (Bron: Didrik Meijer)

Ter visie document St

Afgevoerde hoeveelheden via een overstort

Voor een indicatie van het overstortvolume meet u de waterniveaus in de overstortconstructie waar u het volume wilt berekenen. Om van een gemeten waterniveau naar een overstortdebiet en -volume te komen, gebruikt u een niveau-afvoerrelatie (Q-H-relatie). Deze relatie wordt voor overstorten waarbij het benedenstroomse waterniveau geen invloed uitoefent op het overstortdebiet, beschreven met de standaardformule voor volkomen korte overlaten . Als het benedenstroomse waterniveau wel invloed heeft op het overstortdebiet, gebruikt u de formule voor een onvolkomen korte overlaat . U moet dan ook het waterniveau benedenstrooms (h_2) van de constructie meten.

Uit het gemeten waterniveau in combinatie met een overstortformule kunt u per tijdstap een debiet afleiden. Hieruit kunt u vervolgens een volume herleiden. Een voorbeeld vindt u op de pagina Voorbeeld meetopzet voor emissie uitlaat /overstort . Houd er wel rekening mee dat met de formules berekende overstortvolumes aanzienlijk kunnen afwijken van de werkelijkheid.

1.2.2.4 Waterkwaliteit afleiden uit meetdata

Als u inzicht wilt in waterkwaliteit, kunt u de vuilvracht van een of meerdere verontreinigende stoffen berekenen. Dit doet u aan de hand van gemeten concentraties in het (afval)water of indicatoren daarvan in combinatie met gemeten hoeveelheden (kwantiteit).

Als u bijvoorbeeld de vuilemissie vanuit het rioolstelsel in het oppervlaktewater wilt kwantificeren, moet u de vuilvracht van een of meerdere verontreinigende stoffen berekenen. Hiervoor vermenigvuldigt u de gemeten concentraties van deze stoffen met de kwantiteitsmetingen (debieten, volumes) van de waterstromen. In Voorbeeld meetopzet emissie uitlaat/overstort vindt u een meetopzet voor het bepalen van de emissie vanuit een uitlaat en/of overstort.

Om waterkwaliteitsparameters en daarvan afgeleide informatie goed te kunnen interpreteren, moeten de kwantiteitsmetingen die u gebruikt van goede kwaliteit zijn. Zorg er daarom voor dat de betreffende meetapparatuur voldoet aan de installatie-eisen en dat de meetopzet past bij uw meetdoel(en). Denk hierbij bijvoorbeeld aan de nauwkeurigheid, meetbereik en logfrequentie.

Meer informatie over waterkwaliteitsmetingen vindt u bij Meetopzet: welke variabelen? en bij Waterkwaliteitssensoren .

Bij waterkwaliteit gaat het over veel verschillende stoffen die in het water aanwezig zijn en die ervoor zorgen dat processen optreden. Het gaat om biologische, chemische of fysische processen. In het onderdeel Waterkwaliteit vindt u basiskennis van de begrippen en werkwijzen rond waterkwaliteit.

Ter visie document Stichting RIONED

1.2.3 Valideren en controleren bewerkte meetgegevens

Als u de meetgegevens hebt bewerkt, moet u deze valideren en controleren. Dit doet u op dezelfde manier als bij de verwerkte meetgegevens in stap 1. En ook nu kent u aan elke meetwaarde een kwaliteitslabel toe dat de betrouwbaarheid weergeeft.

Voor de validatie van de bewerkte meetdata kunt u dezelfde methoden en routines gebruiken als voor de validatie van ruwe meetgegevens . Ook kunt u de bewerkte meetgegevens op eenzelfde manier controleren .

Na de controle weet u als (data)beheerder of sprake is van een fout meetgegeven of van bijzondere omstandigheden. Bijvoorbeeld storingen in een gemaal, reconstructiewerkzaamheden of de lozing van een bronbemaling in het rioolstelsel. Met de goedgekeurde set bewerkte meetgegevens kunt u analyseren hoe het meetnet, afzonderlijke objecten of systemen functioneren. Zo krijgt u uiteindelijk antwoord op uw informatievraag en kunt u uw meetdoel realiseren.

Ter visie document Stichting RIONED

1.3 Stap 3: Analyseren meetgegevens

Om antwoord te krijgen op uw informatievraag (meetdoel realiseren), gaat u de bewerkte meetgegevens analyseren. U kunt analyseren hoe het meetnet, afzonderlijke objecten en systemen functioneren. Hier vindt u voorbeeldanalyses van een gemaal, een bergbezink- en bergingsbassin, een rioolstelsel en een grondwatermeetnet. Ook analyse van meetdata in combinatie met rekenmodellen komt hier kort aan bod.

U kunt meetgegevens op de volgende manieren analyseren:

- Functioneren meetnet : Om te controleren of uw meetnet goed functioneert, hoeft u niet te wachten tot u alle meetgegevens beschikbaar hebt. Zeker aan het begin van de operationele fase is het verstandig om een indruk te krijgen van de kwaliteit en bruikbaarheid van uw meetgegevens. Met relatief eenvoudige overzichten en grafieken kunt u al informatie afleiden uit zowel ruwe als gevalideerde meetgegevens. Hier vindt u enkele voorbeelden.
- Functioneren objecten : Als u het functioneren van objecten wilt analyseren, bekijkt u of de objecten doen wat ze moeten doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een gemaal en een bassin (opgedeeld in een bergbezinkbassin en een bergingsbassin).
- Functioneren systemen : Wanneer u het functioneren van een systeem wilt analyseren, bekijkt u of het systeem doet wat het moet doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Vertoont het systeem afwijkend gedrag? Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een rioolstelsel en een grondwatermeetnet.
- Analyse en het gebruik van modellen : Als u de meetgegevens met modelberekeningen combineert, kunt u ook de hydraulische prestaties van een rioolstelsel beoordelen en de kwaliteit van uw theoretische rioleringsmodel toetsen. Hiervoor hebt u wel neerslaggegevens nodig.

Bij de analyses kunt u ook kunstmatige intelligentie (artificial intelligence) en algoritmes gebruiken. De ontwikkelingen op dit gebied gaan snel en bieden veel mogelijkheden om afwijkend object- of systeemgedrag te detecteren. De software is standalone en als online service verkrijgbaar (zie Valideren ruwe meetgegevens).

Ter visie document Stichting RIONED

1.3.1 Analyse functioneren meetnet

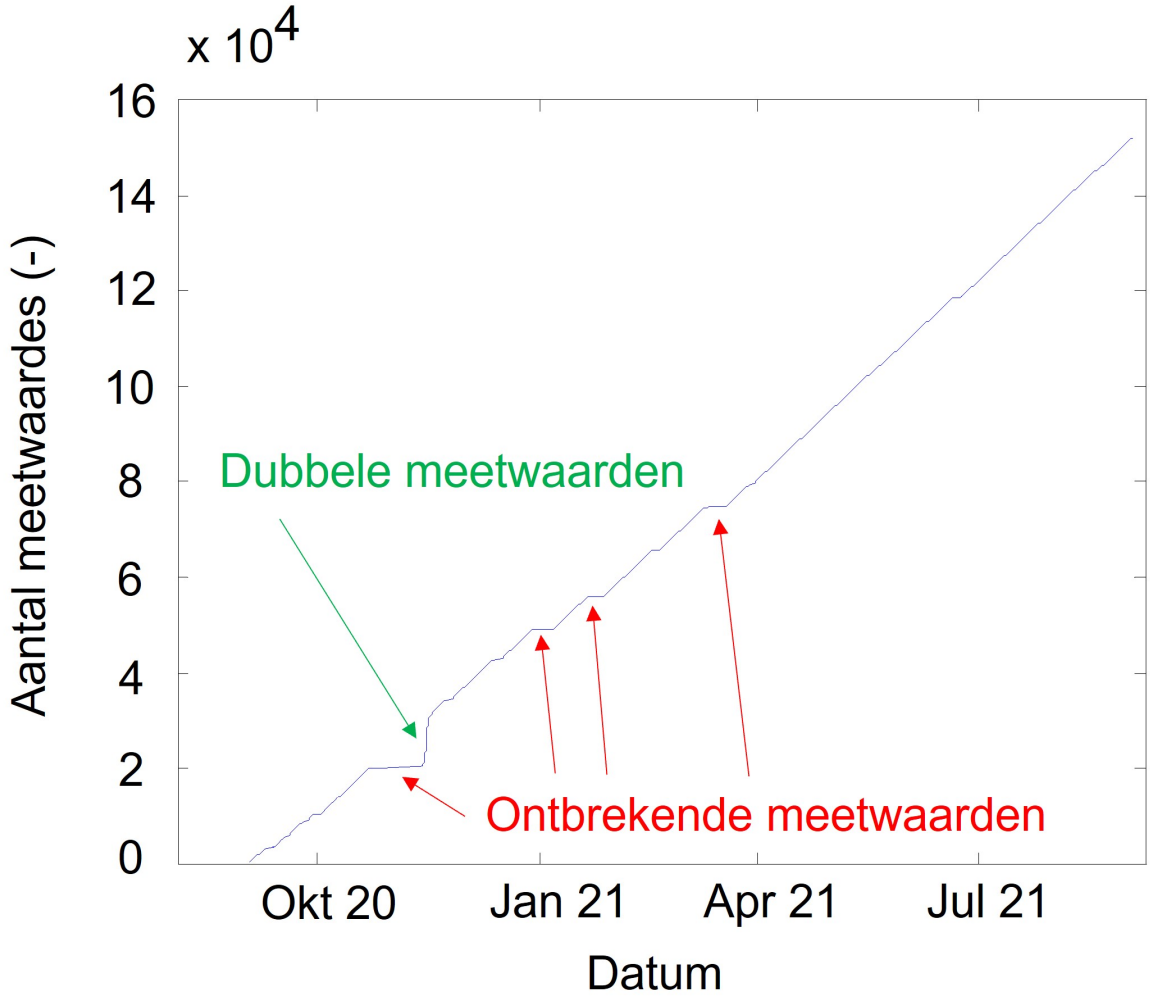
Met relatief eenvoudige overzichten en grafieken kunt u al informatie afleiden uit zowel ruwe als gevalideerde meetgegevens. Bijvoorbeeld ontbrekende of dubbele meetwaarden en perioden met geschikte neerslaggebeurtenissen om met hydraulische rekenmodellen door te rekenen en te vergelijken met gemeten meetgegevens. Hier vindt u enkele voorbeeldanalyses waarmee u een eerste indruk krijgt van de kwaliteit en bruikbaarheid van uw meetgegevens.

Om te controleren of uw meetnet goed functioneert, hoeft u niet te wachten tot u alle meetgegevens beschikbaar hebt. Zeker aan het begin van de operationele fase is het verstandig om een indruk te krijgen van de kwaliteit en bruikbaarheid van uw meetgegevens.

Analyse ontbrekende en dubbele meetwaarden

In figuur A ziet u circa 150.000 meetwaarden van geregistreerde waterstanden in een inspectieput. De helling van de lijn (richtingscoëfficiënt) geeft u een eerste indruk van de logfrequentie. Horizontale lijnen geven de ontbrekende meetwaarden aan (rode pijlen). Naarmate de tijd vordert (horizontale as), neemt het aantal ontbrekende meetwaarden niet toe (verticale as). Verticale lijnen geven dubbele meetwaarden weer (groene pijl), het aantal meetwaarden neemt toe op hetzelfde tijdstip. Een dubbele meetwaarde wil zeggen dat er meerdere meetwaarden (hier tot 25 maal) in de dataset voorkomen met identieke tijdstempels en meetwaarden. Bij het valideren van de meetgegevens geeft u deze meetwaarden een herkenbaar kwaliteitslabel mee.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Ontbrekende en dubbele meetwaarden in verzamelde meetgegevens (Bron: Partners4UrbanWater)

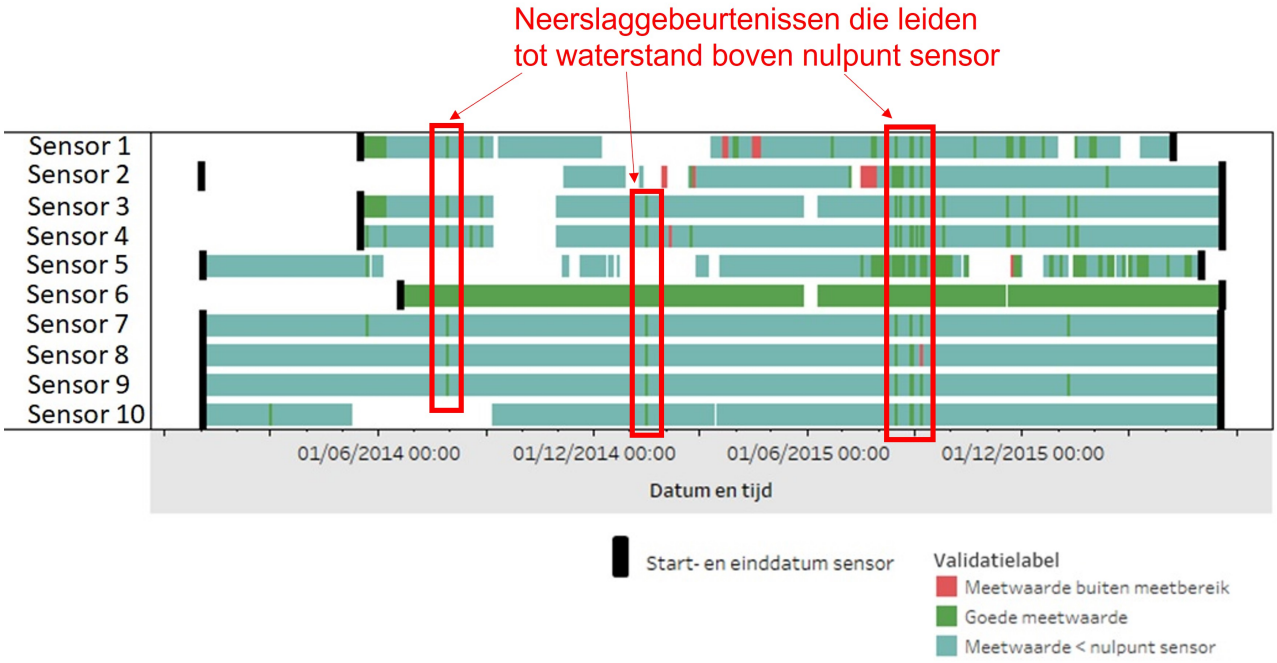
Ter visie docu

Sensoren met een kleiner meetbereik dan de range waarbinnen waterstanden kunnen optreden

In dit voorbeeld zijn bij externe overstorten enkele waterniveaumeters aangebracht. Het nulpunt van deze sensoren ligt op relatief korte afstand (0,5 m) onder het drempelniveau van de overstort. Het is dus niet mogelijk om een waterniveau lager dan 0,5 m onder het drempelniveau van de overstort te meten en registreren.

Bij het valideren van de meetgegevens bij deze sensoren moet u dus rekening houden met het feit dat het nulpunt van de sensor relatief hoog ligt. Een gemeten waterpeil onder de NAP-hoogte van het nulpunt van de sensor moet u in de

validatieprocedure voorzien van een eigen kwaliteitslabel (zie figuur B). Als het waterpeil boven het nulpunt van de sensor stijgt, krijgt de meetwaarde het label 'goed' wanneer uit de datavalidatie blijkt dat er geen sprake is van afwijkingen.



Figuur B Resultaat datavalidatie, met in het lichtblauw meetwaarden die lager liggen dan het nulpunt van de sensor (Bron: M. van Bijnen Advies)

Ter visie document

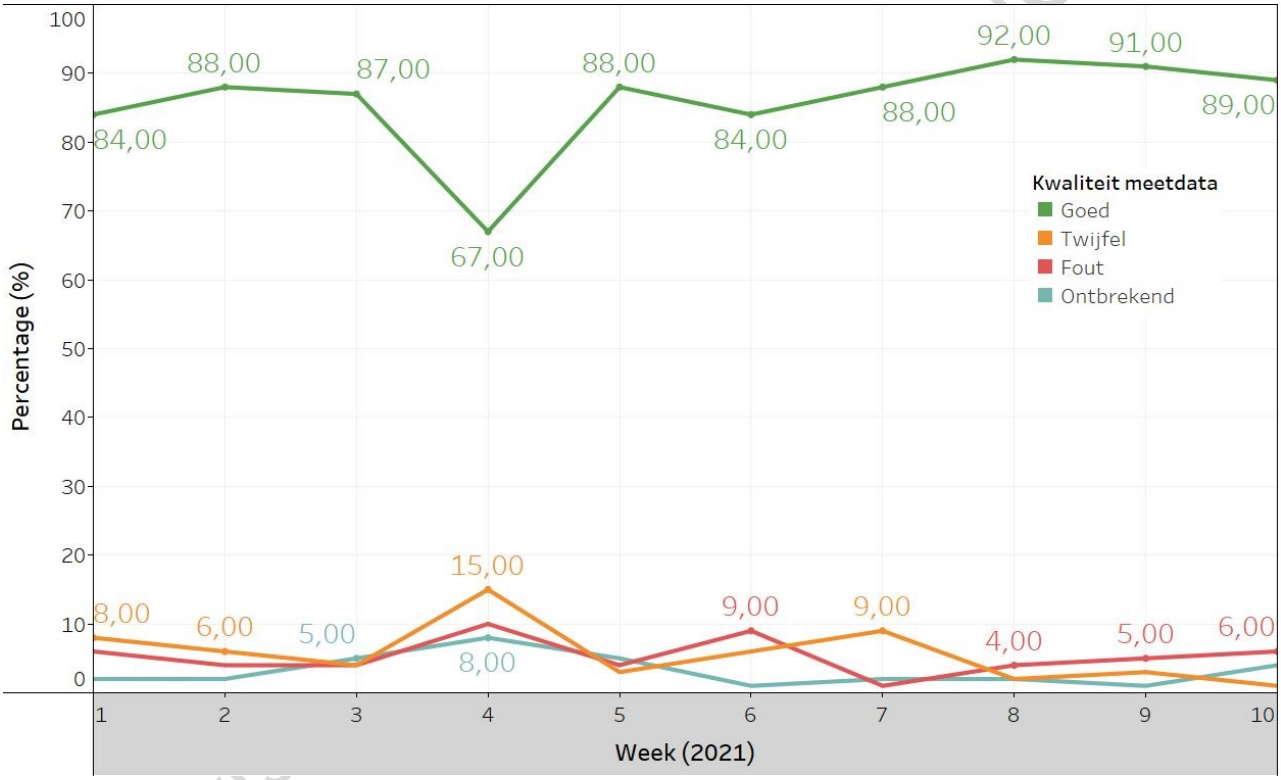
Onder de NAP-hoogte van het nulpunt is niet direct te bepalen of data ontbreken of dat de sensor niet goed functioneert. Als een datum/tijd-stempel met meetwaarde NAP-hoogte nulpunt sensor is geregistreerd, kunt u ervan uitgaan dat het waterniveau onder het nulpunt van de sensor staat en de logger dus goed functioneert. Als u ook deze waarden voorziet van een eigen kwaliteitslabel, kunt u ook een inschatting maken van eventuele ontbrekende meetwaarden. Twee opeenvolgende meetwaarden met een tussenliggende tijdsperiode groter dan de ingestelde tijdstap, zijn dan een indicatie voor ontbrekende data en het niet goed functioneren van logger en/of sensor.

In figuur B is duidelijk te zien dat de sensoren die relatief hoog in de overstortput hangen, alleen informatie leveren bij voldoende rioolinloop door neerslag. De neerslagperioden die ervoor zorgen dat het waterniveau bij deze sensoren tot boven het nulpunt stijgt, zijn direct waarneembaar. Op basis hiervan kunt u neerslaggebeurtenissen selecteren met een hoge meetopbrengst. Deze zijn interessant om bijvoorbeeld te gebruiken in rekenmodellen om gemeten en berekende waterstanden te vergelijken.

In de praktijk kiest u bij voorkeur voor een meetbereik dat loopt van de minimaal optredende waterstand tot de maximaal optredende waterstand bij de locatie waar u de sensor installeert.

Datakwaliteit en meetopbrengst

In figuur C ziet u de resultaten van het validatieproces van de meetgegevens van een meetnet riolering. Het meetnet bestaat uit 24 waterniveaumeters, vier debietmeters en twee neerslagmeters. U ziet de ontwikkeling van de datakwaliteit per week, van week 1 tot en met week 10 in 2021, voor het totale meetnet. De kwaliteit is uitgedrukt in een percentage foute, twijfelachtige, goede en ontbrekende data.



Figuur C Ontwikkeling datakwaliteit en meetopbrengst meetnet riolering (Bron: M. van Bijnen Advies)

In week 4 daalt het percentage goed beoordeelde meetdata plotseling. Uit nader onderzoek bleek dat in een deel van het rioolstelsel werkzaamheden hadden plaatsgevonden. Na controle van de meetwaarden zijn de labels handmatig aangepast.

Door voor elke afzonderlijke sensor een overzicht te maken, kunt u het verloop van de datakwaliteit beoordelen, bekijken of onderhoud nodig is en beoordelen of de gegevens geschikt zijn voor verdere toepassing.

Meer voorbeelden van standaardgrafieken vindt u bij Controleren gevalideerde meetgegevens .

Ter visie document Stichting RIONED

1.3.2 Analyse functioneren objecten

Als u het functioneren van objecten wilt analyseren, bekijkt u of de objecten doen wat ze moeten doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een gemaal en een bassin (opgedeeld in een bergbezinkbassin en een bergingsbassin).

Meetgegevens verwerken en bewerken

Voorafgaand aan de objectanalyse moet u de binnenkomende meetgegevens controleren en beoordelen op kwaliteit en bruikbaarheid (zie Stap 1: Verwerken meetgegevens). Tijdens dit proces toetst u de data onder meer op nauwkeurigheid, beschikbaarheid, logfrequentie en eenheden van de meetparameters. Voor de analyse is het ook belangrijk dat u dezelfde parameters op dezelfde wijze registreert. Bijvoorbeeld een debiet: registreert u momentaan of een volume per tijdseenheid (zie Stap 2: Bewerken meetgegevens). Als uw meetgegevens volledig en van voldoende kwaliteit zijn, kunt u de objectanalyse starten. Voldoen de meetdata niet, dan moet u eerst uw meetnet en/of data verbeteren.

Stappen objectanalyse

Om het functioneren van een object met meetdata te analyseren, doorloopt u de volgende stappen:

1. u legt het gewenste gedrag van het object vast in concrete indicatoren;
2. u verzamelt de benodigde gegevens voor elke indicator;
3. u vergelijkt het huidige functioneren met het gewenste functioneren;
4. u bepaalt welke handeling of maatregel nodig is.

Deze vier stappen zijn uitgewerkt in twee voorbeeldanalyses:

- Functioneren gemaal
- Functioneren bergbezinkbassin en bergingsbassin

Ter visie document Stichting RIONED

1.3.2.1 Analyseren functioneren gemaal

Als u het functioneren van objecten met meetdata wilt analyseren, bekijkt u of de objecten doen wat ze moeten doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een gemaal.

Bij deze analyse doorloopt u de volgende stappen:

1. Vastleggen gewenst gedrag object in concrete indicatoren

Om het functioneren van gemalen te beoordelen, moet u concrete indicatoren opstellen. Voor dit voorbeeld zijn dat:

- inslagpeil en uitslagpeil;
- inslagpeil niet boven laagste binnenkomende buis;
- te verpompen debiet;
- controle op juiste logfrequentie debietmeter.

2. Verzamelen benodigde gegevens voor elke indicator

Om de indicatoren te kunnen beoordelen, moet u de volgende gegevens hebben:

- inslagpeil en uitslagpeil: meten waterniveau in de gemaalkelder en de geometrie van de gemaalkelder;
- inslagpeil niet boven laagste binnenkomende buis: meten waterniveau in de gemaalkelder en hoogteligging laagste binnenkomende buis;
- te verpompen debiet: meten debiet in uitgaande persleiding of waterniveau in de gemaalkelder en de geometrie van de gemaalkelder;
- controle op logfrequentie debietmeter: meten debiet in uitgaande persleiding en meten waterniveau in gemaalkelder.

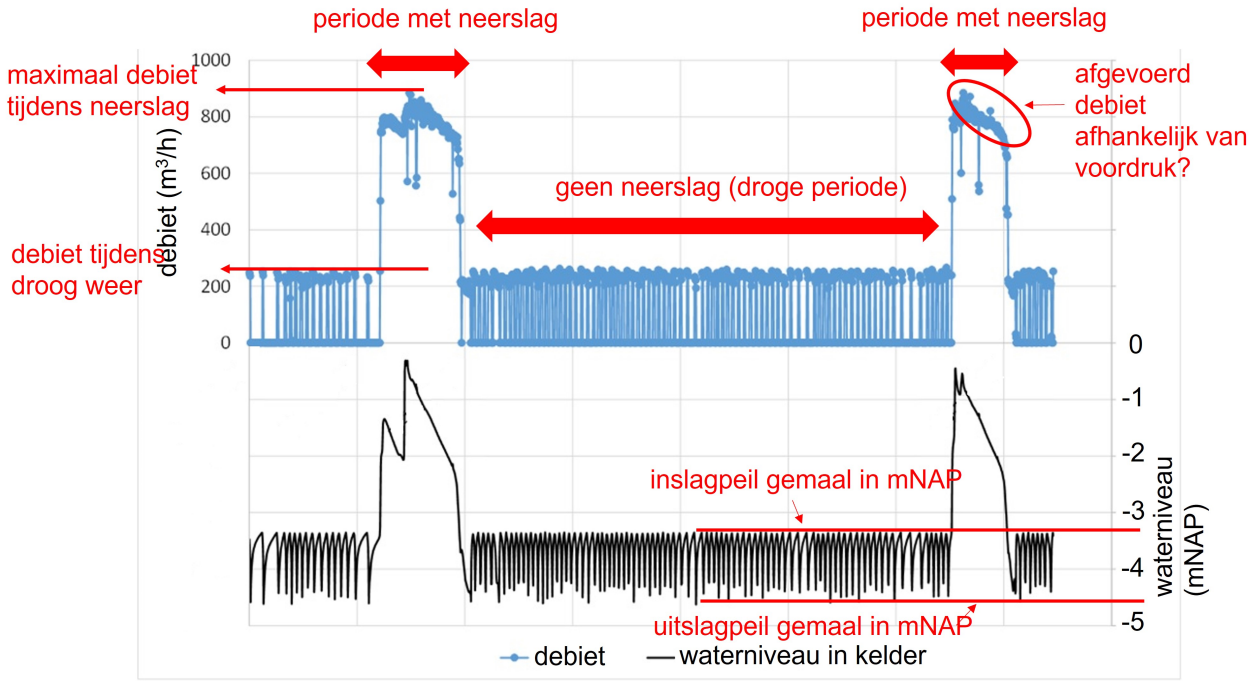
3. Vergelijken huidig functioneren met gewenst functioneren

U gebruikt de verzamelde (meet)gegevens om het functioneren van een gemaal inzichtelijk te maken. Dat vergelijkt u met het gewenste functioneren, uitgaande van de vastgestelde indicatoren. Hieronder leest u voor elke indicator uit stap 2 hoe u dat kunt doen.

Inslagpeil en uitslagpeil

In figuur A ziet u de gemeten debieten (blauw) in de uitgaande persleiding en de gemeten waterniveaus in de kelder (zwart) van een gemaal. De waarnemingen zijn afgebeeld over een periode van acht dagen.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Analyseren functioneren object gemaal op basis van gemeten waterniveaus en afvoer (Bron: Partners4UrbanWater)

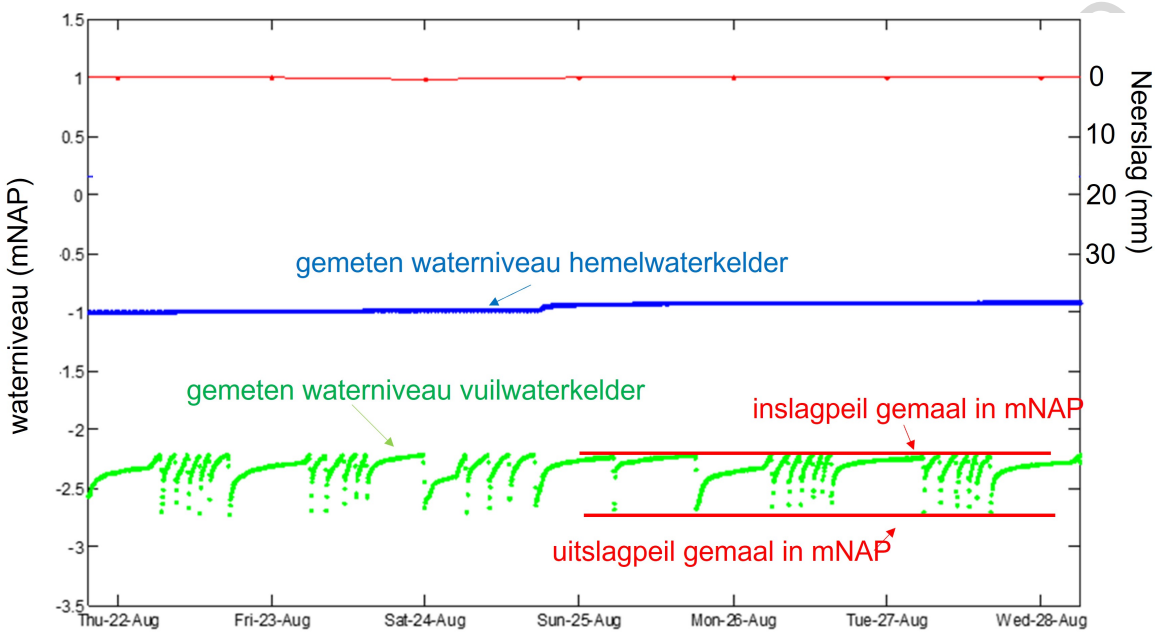
Ter visie document Stichting

Het in- en uitslagpeil van het gemaal kunt u afleiden uit de gemeten waterniveaus in de gemaalkelder. U selecteert een droge periode en bepaalt vervolgens het in- en uitslagpeil uit de gemeten waterniveaus. Het maximaal gemeten waterniveau in de kelder is het inslagpeil, het minimaal gemeten waterniveau is het uitslagpeil (zie het voorbeeld in figuur A). De afgeleide in- en uitslagpeilen kunt u vervolgens vergelijken met de vermelde peilen in uw beheersysteem en/of de opgenomen peilen in uw rioleringsmodel. Afhankelijk van de kwaliteit van uw meetgegevens (resultaten validatieproces) kunt u bijvoorbeeld ook werken met de waarde van het 95e-percentiel voor het inslagpeil en het 5e-percentiel voor het uitslagpeil.

Inslagpeil niet boven laagste binnenkomende buis

In het beheersysteem van de gemeente in dit voorbeeld staat dat de laagste binnenkomende leiding in een gemaal -2,63 mNAP bedraagt. Deze hoogte is in het veld gecontroleerd en is correct. Volgens het gemalenbeheersysteem is het inslagpeil van het vuilwatergemaal ook -2,63 mNAP.

In figuur B ziet u de gemeten waterniveaus (in mNAP), in de kelder van zowel het vuilwater- als het hemelwatergemaal, tijdens een periode zonder neerslag (22 tot 28 augustus). De lijn van de gemeten waterniveaus in het vuilwatergemaal buigt af, wat betekent dat berging in het vuilwaterstelsel als pendelberging wordt benut. De geometrie van de kelder wijzigt niet met de hoogte.



Figuur B Analyse gebruik vuilwaterstelsel als pendelberging: inslagpeil ligt hoger dan de binnenkomende buis (Bron: Partners4UrbanWater)

Ter visie docum

Het maximaal gemeten waterniveau in de vuilwaterkelder bedraagt -2,22 mNAP. Het inslagpeil van het vuilwatergemaal ligt dus 0,41 m hoger dan het gemalenbeheersysteem aangeeft.

De afmetingen van de vuilwaterkelder zijn ingemeten. De inhoud van de kelder tussen in- en uitslagpeil bedraagt 1,2 m^3. Uit figuur B volgt dat het vuilwatergemaal, tijdens perioden zonder neerslag, de kelder (met uitzondering van zondag) circa vijf tot zes keer per dag ledigt. Dit komt overeen met een dagvolume van circa 6 - 7 m^3. De theoretische omvang van het huishoudelijk afvalwater is 15 m^3/dag. Uitgaande van deze theoretische hoeveelheid voert het vuilwatergemaal elke lediging van de kelder circa 2,5 - 3 m^3 af. Een eerste indicatie van de als pendelberging benutte stelselberging komt daarmee op circa 1,3 - 1,8 m^3.

Te verpompen debiet

De afvoer van het gemaal kunt u met of zonder een debietmeter controleren:

- **Bepalen afvoer gemaal met debietmeter**

Als u een debietmeter hebt geïnstalleerd om het debiet door de uitgaande persleiding te meten, dan bepaalt u het debiet van het gemaal tijdens neerslag en bij droog weer. In figuur A ziet u het maximale debiet van het gemaal tijdens neerslag en bij droog weer. Eventueel werkt u met de waarde van het 95e-percentiel.

Nu het maximaal te verpompen debiet tijdens neerslag bekend is, onderzoekt u of deze capaciteit binnen de door u gestelde range valt. Als de capaciteit van het gemaal kleiner is dan uw vastgestelde ondergrens, neemt de vuilemissie uit de overstorten in het rioolstelsel toe. Ook duurt het langer om het rioolstelsel te legen. Om u een indicatie te geven: als de pompovercapaciteit met 0,1 mm/h afneemt, neemt de jaaremissie met circa 12 - 15% toe. Een afname van 0,2 mm/h leidt tot een toename van de jaaremissie van circa 25%. Als de capaciteit groter is dan de bovengrens, heeft dit gevolgen voor het ontvangende systeem. De vuilemissie in het ontvangende systeem neemt bijvoorbeeld toe of er ontstaan problemen op de rwzi.

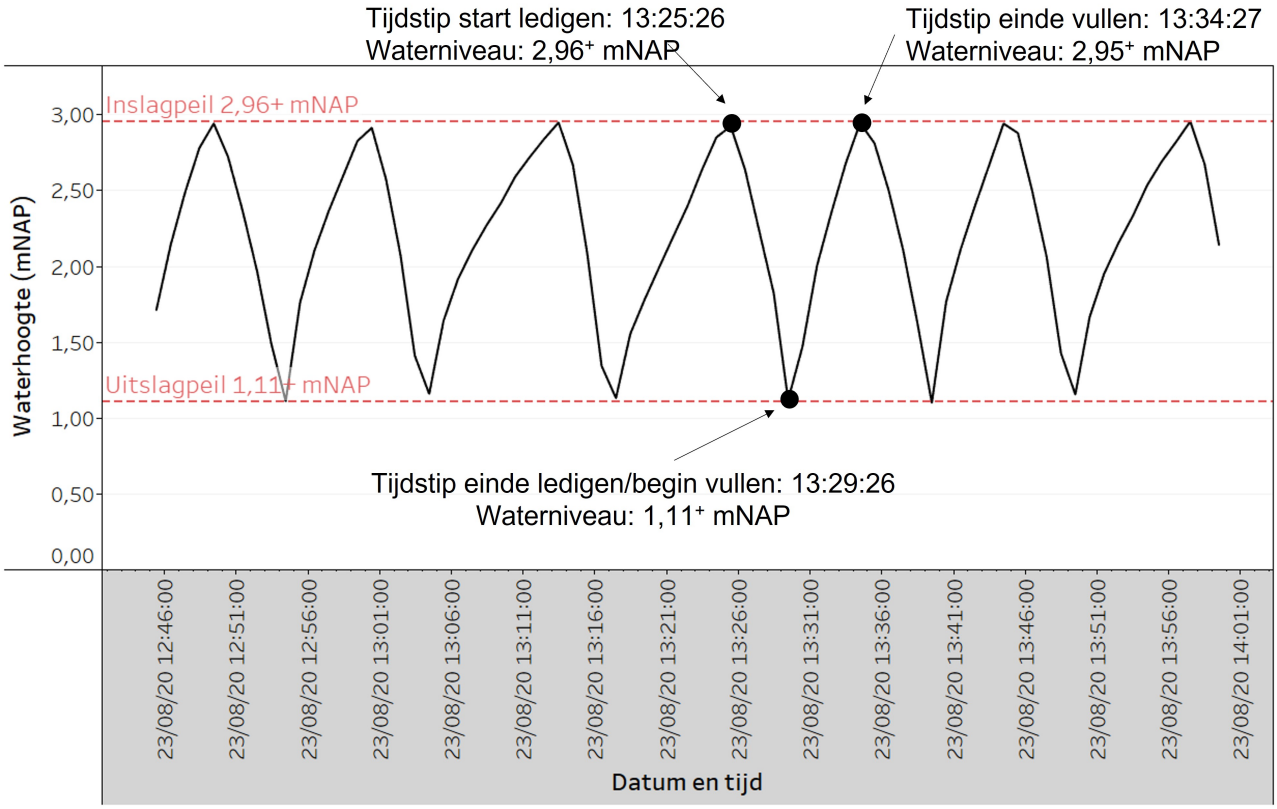
In figuur A ziet u dat het maximaal geregistreerde debiet, als alle pompen in het gemaal in werking zijn, enigszins varieert in de tijd. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van een lager waterniveau in de gemaalkelder en/of een hoger waterniveau bij het lozingspunt. Hierdoor neemt de totale opvoerhoogte toe en het debiet af.

- **Bepalen afvoer gemaal zonder debietmeter**

Als er geen debietmeter is, kunt u de capaciteit van het gemaal inschatten door het vullen en ledigen van de kelder te analyseren. U bepaalt eerst indicatief de droogweerafvoer uitgaande van de vullingstijd van de kelder. Deze inschatting gebruikt u om de aanvoer van afvalwater tijdens het ledigen van de kelder te corrigeren.

In figuur C ziet u het gemeten waterniveau in de kelder van een gemaal. De oppervlakte van de kelder bedraagt 15 m^2. Uit de gemeten waterniveaus kunt u het verschil berekenen tussen start vullen en einde vullen van de gemaalkelder, dit is 1,84 m. Het vullen van de kelder (bij droog weer) duurt 5 minuten. De inhoud van de kelder berekent u door de oppervlakte van de kelder te vermenigvuldigen met het verschil in waterniveau: 15 m^2 * 1,84 m = 27,6 m^3. De aanvoer van afvalwater komt dan overeen met circa 331 m^3/h.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur C Gemeten waterniveau gemaalkelder (Bron: M. van Bijnen Advies)

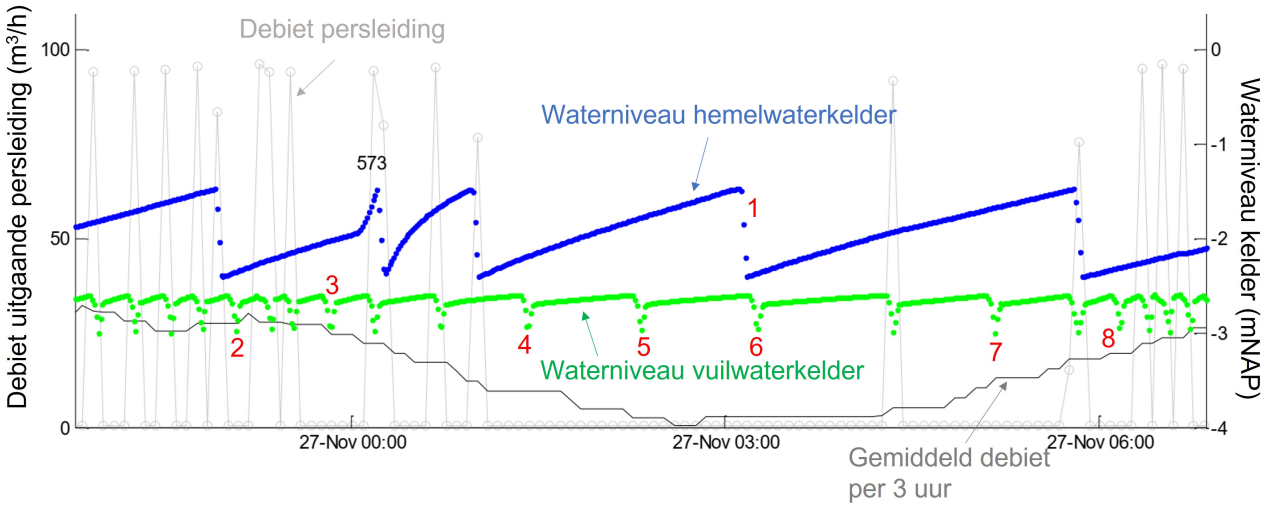
Ter visie document St

De pomp leegt de kelder tussen start en einde in 4 minuten (zie figuur C). Dit komt overeen met een hoeveelheid van (1,85 m * 15 m ^{2})/4 = 6,9 m ^{3} per minuut, zijnde circa 416 m ^{3} /h. Verminderd met de aanvoer van afvalwater tijdens het ledigen, is een eerste indicatie van de gemaalcapaciteit 416 + 331 = 747 m ^{3} /h.

Controleren logfrequentie debietmeter

De logfrequentie waarmee u de afvoer van afvalwater met een debietmeter meet, is belangrijk voor de betrouwbaarheid van de metingen. Om de werkelijke afvoer goed in beeld te krijgen, moet de logfrequentie passen bij de tijdschaal van het proces dat optreedt. In figuur D ziet u het gemeten waterniveau in de vuilwater- en hemelwaterkelder van een gemaal en het gemeten debiet door de uitgaande persleiding. De logfrequentie van de waterniveaumeters bedraagt 1 minuut en de debietmeter logt per 5 minuten.

0 Geen registratie van ledigen door debietmeter



Figuur D Gemeten waterniveau vuilwater- en hemelwaterkelder gemaal en debiet in uitgaande persleiding (Bron: Partners4UrbanWater)

In figuur D is te zien dat de logfrequentie van de debietmeter te laag is om de werkelijke afvoer goed in beeld te krijgen. De debietmeter registreert 25 keer een debiet. Het gemaal ledigt de vuilwaterkelder twintig keer en de hemelwaterkelder vijf keer. Tijdens acht situaties ledigt het gemaal een kelder en registreert de debietmeter niets. Op basis hiervan kunt u concluderen dat de debietmeter het werkelijke debiet met circa 30% onderschat.

Met deze instellingen kan de debietmeter de afvoer ook overschatten. Het legen van de hemelwaterkelder duurt 2,5 minuut. Een registratie van de debietmeter komt overeen met een werktijd van de pomp van 5 minuten. Dit leidt tot een overschatting van de werkelijke afvoer.

4. Bepalen welke handeling of maatregel nodig is

Door de logfrequentie van de debietmeter te verkleinen naar bijvoorbeeld 1 minuut, benadert u de werkelijke afvoer beter. Ook kunt u ervoor kiezen om cumulatieve waarden per tijdstap te laten registreren in plaats van momentane waarden.

Ter visie document Stichting

1.3.2.2 Analyseren functioneren bassin

Als u het functioneren van objecten met meetdata wilt analyseren, bekijkt u of de objecten doen wat ze moeten doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een bassin. Hierbij is onderscheid gemaakt in een bergbezinkbassin en een bergingsbassin.

Bij deze analyse doorloopt u de volgende stappen:

1. Vastleggen gewenst gedrag object in concrete indicatoren

Om het functioneren van de beide objecten te beoordelen, moet u concrete indicatoren opstellen. Voor dit voorbeeld zijn dat:

Bergbezinkbassin:

- controle drempelpeil in- en externe overstort;
- ledigen bassin na vullen.

Bergingsbassin:

- vullen van het bassin;
- ledigen van het bassin.

2. Verzamelen benodigde gegevens voor elke indicator

Om de indicatoren te kunnen beoordelen, moet u de volgende gegevens hebben:

Bergbezinkbassin:

- controle drempelpeil in- en externe overstort: meten waterniveau in het rioolstelsel direct voor de interne overstortdrempel en in het bassin;
- controle op ledigen van de voorziening nadat deze gevuld is: meten waterniveau in het bassin.

Bergingsbassin:

- controle op vullen en ledigen: meten waterniveau in het gemengde compartiment en in het hemelwatercompartiment van het bassin.

Ter visie document Stichting RIONED

3. Vergelijken huidig functioneren met gewenst functioneren

U gebruikt de verzamelde (meet)gegevens om het functioneren van de voorzieningen inzichtelijk te maken. Dat vergelijkt u met het gewenste functioneren, uitgaande van de vastgestelde indicatoren. Hieronder leest u voor de indicatoren uit stap 2 hoe u dat kunt doen.

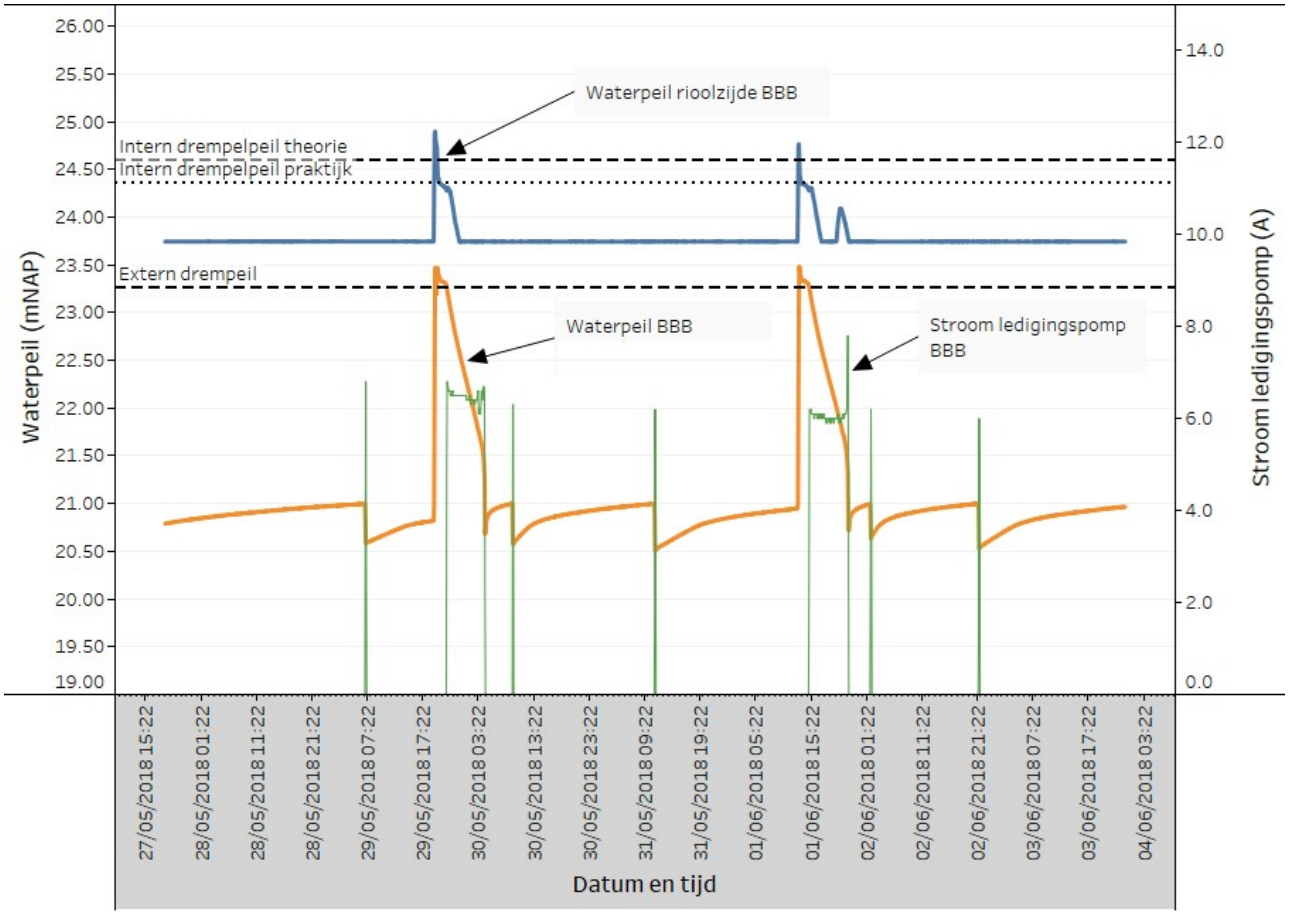
Controle drempelpeilen bergbezinkbassin

In dit voorbeeld gaat het om een bergbezinkbassin achter een overstort in een gemengd rioolstelsel. Volgens het rioolbeheersysteem van de gemeente heeft de interne overstortdrempel van het bergbezinkbassin een hoogte van 24,59 + mNAP, de externe overstortdrempel is 23,26 + mNAP. Het bassin heeft een ledigingspomp.

In figuur A ziet u de gemeten waterniveaus in het bergbezinkbassin en in het rioolstelsel direct voor de interne overstort. In de figuur is te zien dat het bassin begint te vullen nadat het waterpeil in het rioolstelsel is gestegen tot 24,35 + mNAP. Op basis van de praktijkmetingen bedraagt de hoogte van de interne overstort dus ongeveer 24,35 + mNAP en wijkt daarmee af van de in het rioolbeheersysteem geregistreerde hoogte van 24,59 + mNAP.

Ook is te zien dat de externe overstortdrempel lager ligt dan de interne overstortdrempel. Het bassin is niet conform de gangbare manier ontworpen.

Ter visie document Stichting RIONED



Figuur A Functioneren bergbezinkbassin achter gemengd rioolstelsel (Bron: M. van Bijnen Advies)

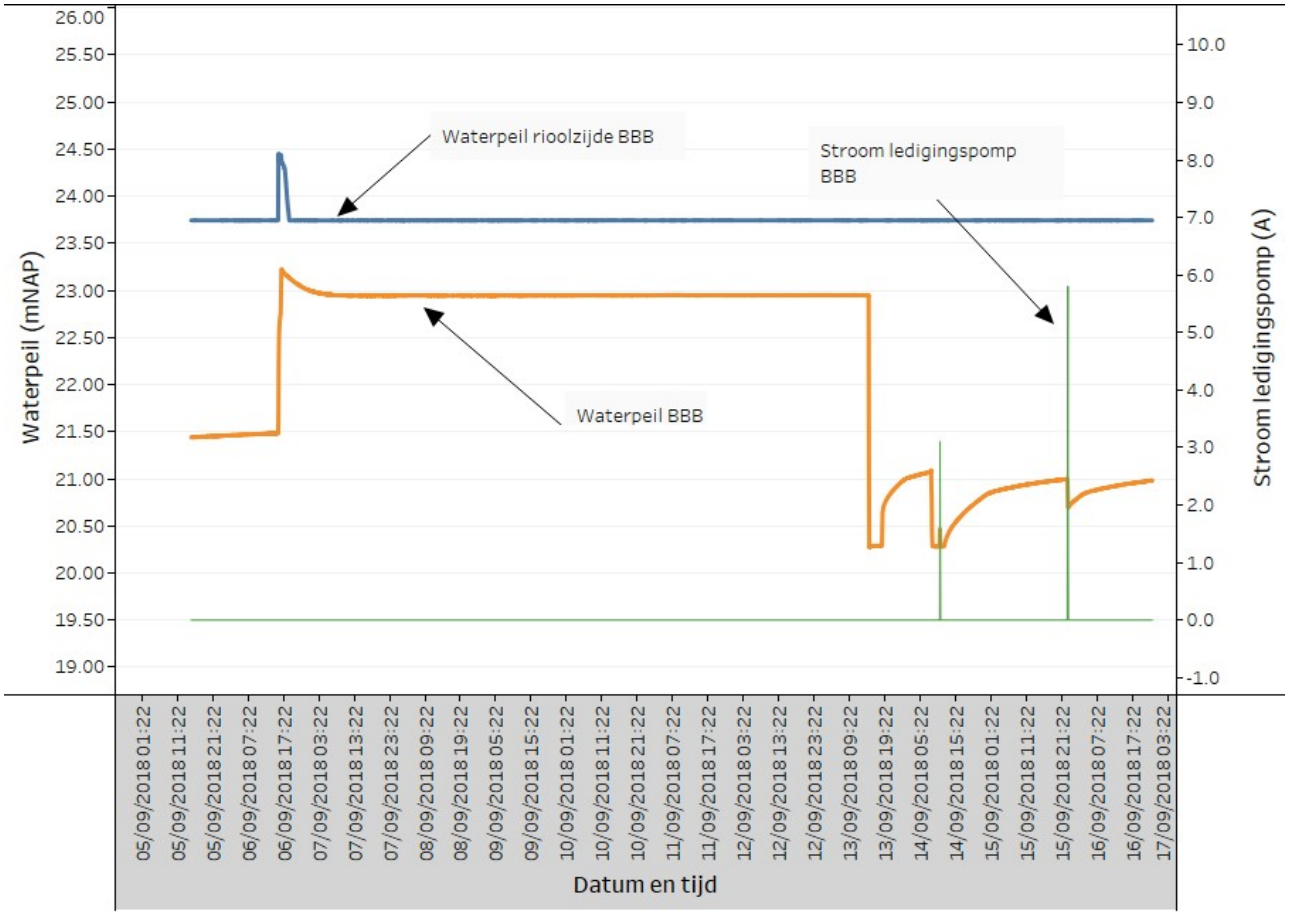
Ter visie document

De hoogte van de externe overstortdrempel ligt op 23,27 + mNAP (zie figuur A) en komt daarmee overeen met de hoogte in het rioolbeheersysteem.

Controleren ledigen bergbezinkbassin

In figuur A ziet u dat de ledigingspomp in werking treedt nadat het waterniveau in het bassin na vullen is gezakt tot onder het waterniveau van 24,35 + mNAP. In de weergegeven periode vult het bassin zich twee keer. Nadat het waterniveau weer is gezakt tot 24,35 + mNAP, treedt de ledigingspomp in werking en loopt het bassin leeg. De ledigingspomp treedt frequenter in werking doordat lekwater het bassin binnenstroomt.

Het bassin is niet altijd leeg bij aanvang van een nieuwe bui die het bassin vult. Soms vult het bassin zich, maar slaat de ledigingspomp niet aan. Dan loopt het bassin pas lange tijd later weer leeg. Dit patroon wordt vaker waargenomen in het bassin (zie figuur B).



Figuur B Geen lediging bergbezinkbassin (Bron: M. van Bijnen Advies)

Ter visie docume

Op 6 september 2018 stijgt het waterniveau in het rioolstelsel tot boven de interne drempelhoogte. Na enige tijd daalt het waterniveau weer tot onder het niveau van 24,35 + mNAP. In tegenstelling tot in figuur A treedt de ledigingspomp nu niet in werking. Er is ook geen stroomverbruik. Het bassin blijft gevuld. Het waterpeil in de voorziening blijft stabiel op 22,96 + m NAP.

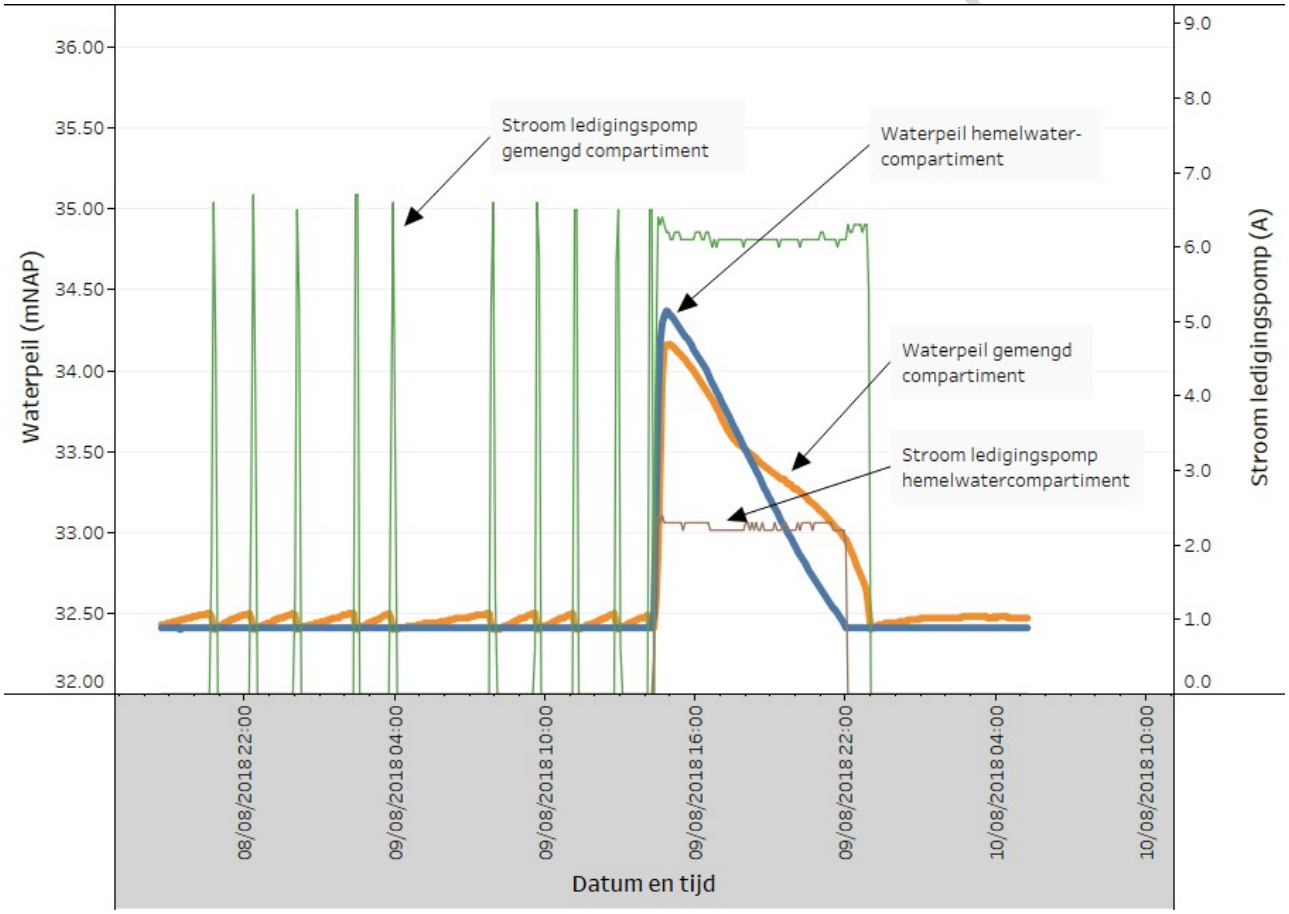
Op 6 september om circa 17: 30 uur verlaagt het waterniveau en loopt de voorziening leeg terwijl de ledigingspomp niet in werking was. Een verklaring hiervoor is een opening met een diameter van 150 mm in de externe overstortdrempel op een hoogte van 22,95 + mNAP. De opening is ontdekt na een controle in het veld.

Controle vullen en ledigen bergingsbassin

In dit voorbeeld gaat het om een bergingsbassin in een rioolstelsel dat tijdelijk water kan opslaan tijdens hevige neerslag. Het bergingsbassin bestaat uit twee compartimenten: een gemengd en een hemelwatercompartiment. Beide compartimenten hebben een ledigingspomp. De pomp in het hemelwatercompartiment voert af naar het gemengde compartiment, de pomp in het gemengde compartiment voert af naar een nabijgelegen rioleringsgebied.

Als de beide compartimenten zich vullen tijdens neerslag, is over het algemeen te zien dat de ledigingspompen in werking treden en dat het hemelwatercompartiment (blauw in figuur C) eerder in de tijd leeg is dan het gemengde compartiment (oranje in figuur C). De voorziening functioneert conform verwachting. Soms komt het voor dat het hemelwatercompartiment zich nauwelijks vult en het gemengde compartiment wel volloopt. Dit is te verklaren uit het feit dat de ledigingspomp in het hemelwatercompartiment afvoert naar het gemengde compartiment.

RIONED



Figuur C Geregistreerde waterniveaus en stroomverbruik ledigingspompen bergingsbassin tijdens neerslag op 9 en 10 augustus 2018 (Bron: M. van Bijnen Advies)

4. Bepalen welke handeling of maatregel nodig is

Bergbezinkbassin

De hoogte van de interne overstort komt niet overeen met de waarnemingen in de metingen. U moet de hoogte van de interne overstort en van het nulpunt van de waterniveaumeter meten op locatie en de instellingen in de meetapparatuur (laten) controleren. Indien past u de instellingen (bijvoorbeeld meetbereik en/of hoogte nulpunt waterniveaumeter) aan.

Bergingsbassin

Op basis van de metingen concludeert de gemeente dat de voorziening conform verwachting functioneert. Er zijn dus geen maatregelen nodig.

Ter visie document Stichting RIONED

1.3.3 Analyse functioneren systemen

Als u het functioneren van een systeem wilt analyseren, bekijkt u of het systeem doet wat het moet doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Vertoont het systeem afwijkend gedrag? Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een rioolstelsel en een grondwatermeetnet.

Meetgegevens verwerken en bewerken

Voorafgaand aan de systeemanalyse moet u de binnenkomende meetgegevens controleren en beoordelen op kwaliteit en bruikbaarheid (zie Stap 1: Verwerken meetgegevens). Tijdens dit proces toetst u de data onder meer op nauwkeurigheid, beschikbaarheid, logfrequentie en eenheden van de meetparameters. Voor de analyse is het ook belangrijk dat u dezelfde parameters op dezelfde wijze registreert. Bijvoorbeeld een debiet: registreert u momentaan of een volume per tijdseenheid (zie Stap 2: Bewerken meetgegevens). Als uw meetgegevens volledig en van voldoende kwaliteit zijn, kunt u de systeemanalyse starten. Voldoen de meetdata niet, dan moet u eerst uw meetnet en/of data verbeteren.

Stappen systeemanalyse

Om het functioneren van een systeem met meetdata te analyseren, doorloopt u de volgende stappen:

1. u legt het gewenste gedrag vast in concrete indicatoren;
2. u verzamelt de benodigde gegevens voor elke indicator;
3. u vergelijkt het huidige met het gewenste functioneren;
4. u bepaalt welke handeling of maatregel nodig is.

De stappen 1 tot en met 3 zijn uitgewerkt in twee voorbeeldanalyses:

- Functioneren rioolstelsel
- Functioneren grondwatermeetnet

Passende (integrale) maatregelen voor het verbeteren van systeemfunctioneren bepaalt u in de praktijk op basis van meerdere factoren (bijvoorbeeld lokale omstandigheden en afstemming met plannen van andere vakdisciplines in de openbare ruimte).

Ter visie document Stichting RIONED

1.3.3.1 Analyseren functioneren rioolstelsel

Als u het functioneren van een systeem met meetdata wilt analyseren, bekijkt u of het systeem doet wat het moet doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Vertoont het systeem afwijkend gedrag? Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een rioolstelsel.

Bij deze analyse doorloopt u de volgende stappen:

1. Vastleggen gewenst gedrag rioolstelsel in concrete indicatoren

Om het functioneren van een rioolstelsel te beoordelen, moet u concrete indicatoren opstellen. Voor dit voorbeeld zijn dat:

- omvang droogweerafvoer (gemiddelde en variatie tijdens seizoenen);
- ledigingstijd;
- inzicht in de werking van de externe overstorten;
- maximaal optredende waterniveau boven de overstortdrempels;
- bij gescheiden rioolstelsel geen respons op neerslag in het vuilwaterstelsel.

2. Verzamelen benodigde gegevens voor elke indicator

Om de indicatoren te kunnen beoordelen, moet u de volgende gegevens hebben:

- omvang droogweerafvoer (gemiddelde en variatie tijdens seizoenen): meten debiet bij eindgemaal en inzicht in hoeveelheid gevallen neerslag;
- ledigingstijd: meten waterniveau bij het eindgemaal en inzicht in gevallen neerslag en aanwezigheid van voorzieningen die naleveren (bijvoorbeeld groene daken);
- werking van de externe overstorten: meten waterniveau bij de overstorten, verzamelen gegevens overstorten (drempelhoogte en -breedte) en inzicht in gevallen neerslag;
- bij gescheiden rioolstelsel geen respons op neerslag in het vuilwaterstelsel: meten waterniveau in vuilwaterstelsel en inzicht in gevallen neerslag;
- inzicht in de hoeveelheid hemelwater naar riolering en/of rwzi.

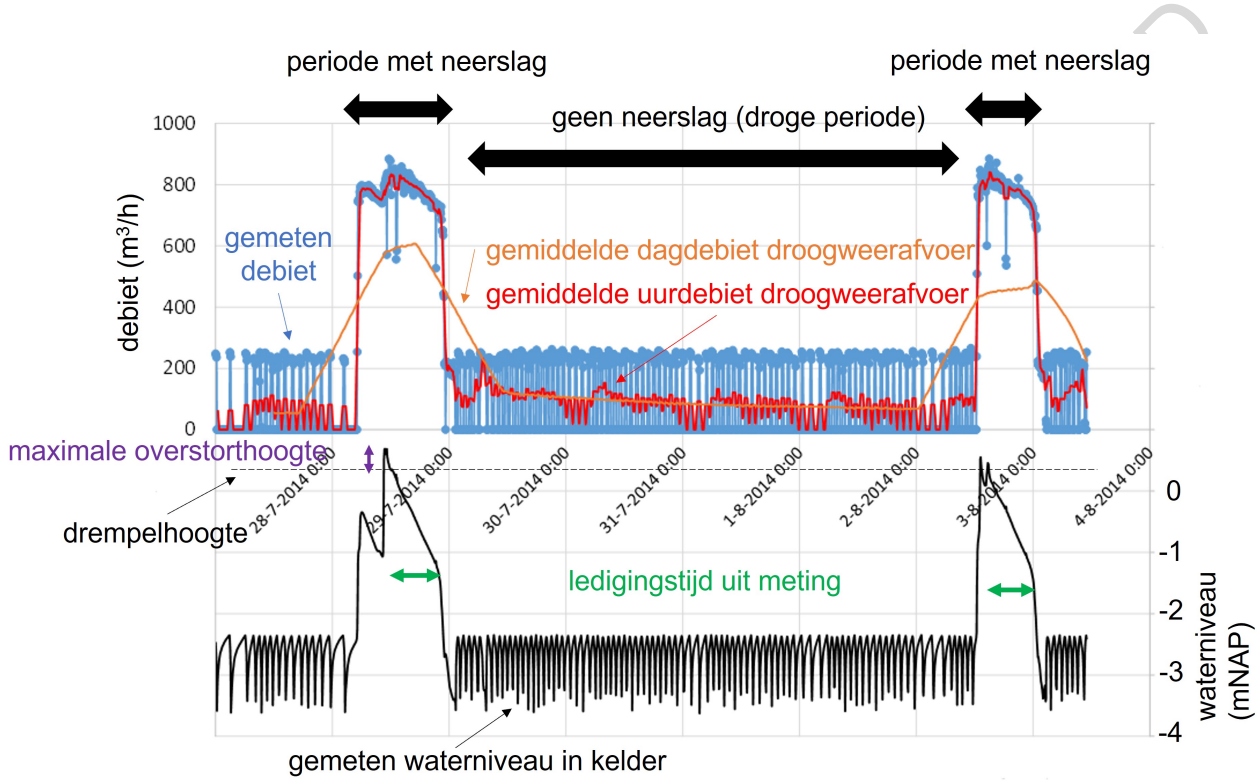
3. Vergelijken huidig functioneren met gewenst functioneren

U gebruikt de verzamelde (meet)gegevens om het functioneren van een rioolstelsel inzichtelijk te maken. U zoekt naar afwijkend gedrag van het stelsel. Dat doet u door het huidige functioneren te vergelijken met het gewenste functioneren, uitgaande van de vastgestelde indicatoren. Hieronder leest u voor elke indicator uit stap 2 hoe u dat kunt doen.

Ter visie document Stichting RIONED

Omvang droogweerafvoer (dwa)

Figuur A geeft gemeten waarnemingen bij een gemaal weer. In het blauw ziet u de afgevoerde debieten (momentaan) en in het zwart het waterniveau in de kelder (momentaan). Om de dwa te bepalen, zijn twee lijnen toegevoegd: het lopende gemiddelde van het debiet per uur (rood) en per 24 uur (oranje). In de grafiek leest u nu de omvang van de dwa af tijdens een periode waarin geen neerslag is gevallen.



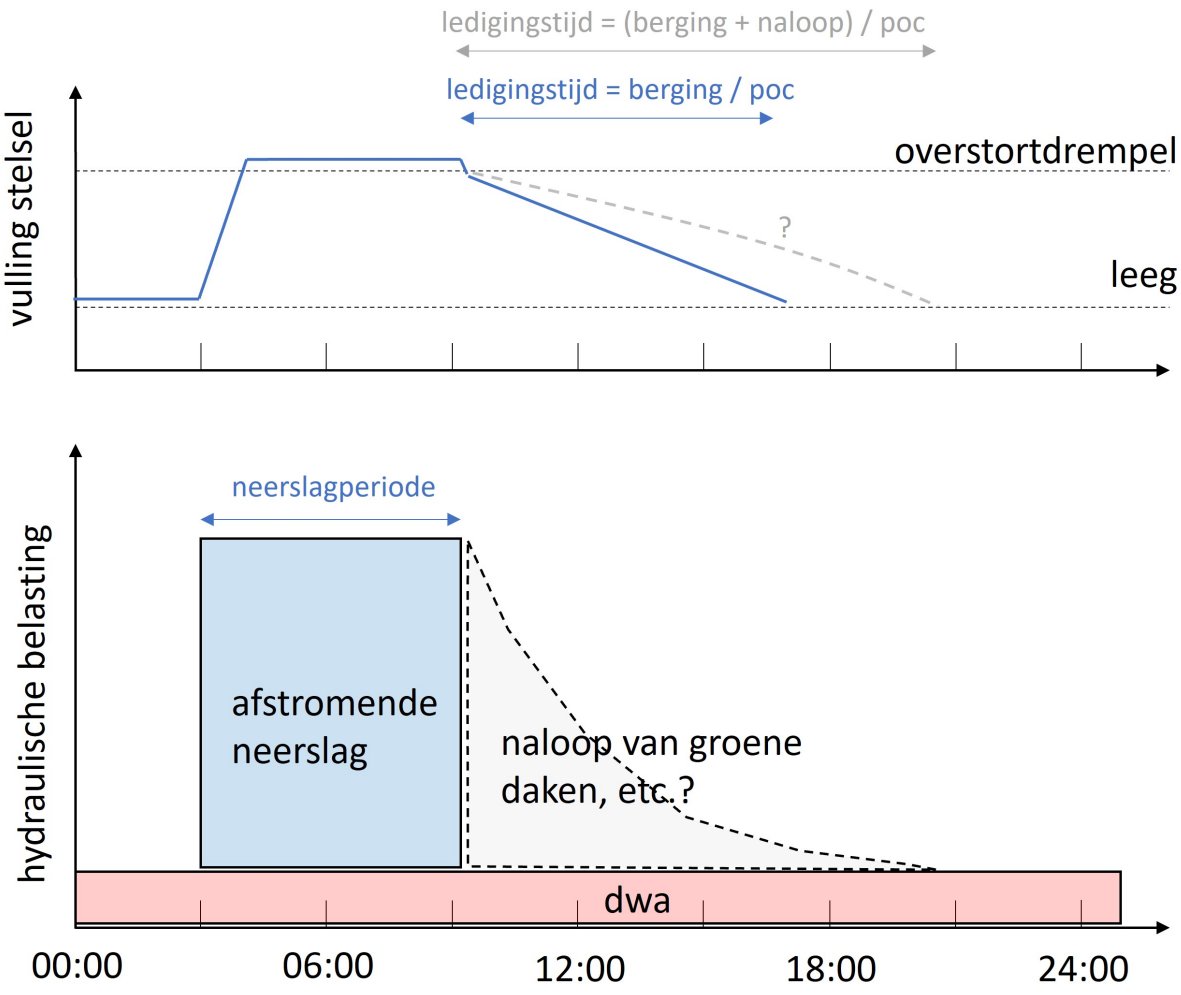
Figuur A Analyseren functioneren rioolstelsel met meetgegevens: gemeten waarnemingen bij een gemaal (Bron: Partners4UrbanWater)

Ter visie dc

U vergelijkt de uit de metingen afgeleide dwa met de theoretische waarden. Afhankelijk van het verschil beslist u of nader onderzoek noodzakelijk is. Als de werkelijke dwa hoger is dan de theoretische afvoer, dan duidt dit op de aanwezigheid van rioolvreemd water. Meer informatie vindt u bij Rioolvreemd water inventariseren .

Ledigingstijd

De ledigingstijd van een rioolstelsel (of voorziening) is gedefinieerd als de berging gedeeld door de pompovercapaciteit (zie figuur B). Als u de ledigingstijd van een rioolstelsel bepaalt, moet u er rekening mee houden dat er voorzieningen kunnen zijn (bijvoorbeeld groene daken) die water naleveren (zie figuur B). Daarom is het zinvol de ledigingstijd af te leiden uit uw meetgegevens en deze te vergelijken met de theoretische waarde.



Figuur B Bepalen ledigingstijd rioolstelsel uit meetgegevens (Bron: Partners4UrbanWater)

Als u het waterniveau bij het gemaal meet, kunt u deze metingen gebruiken om de ledigingstijd te bepalen. Ook kunt u de gegevens analyseren om meer inzicht in te krijgen in het effect van het naleveren van water. Hiervoor gebruikt u

buien die hebben geleid tot een overstorting. Het rioolstelsel is dan helemaal gevuld geweest. U bepaalt het tijdstip waarop de overstorting eindigt en het tijdstip waarop het stelsel weer leeg is. Het verschil in tijd is de ledigingstijd van het stelsel (zie de groene pijlen in figuur A).

Werking externe overstorten

Wilt u uit uw meetgegevens informatie krijgen over de werking van externe overstorten, de duur van een overstorting, het overstortvolume en of water instroomt? Dan moet u waterniveaus meten bij de overstorten en deze voorzien van een datum/tijd-stempel. Als de buitenwaterstand aan de andere zijde van de overstortdrempel invloed uitoefent op de hoeveelheid overstortend water, moet u het waterniveau aan beide zijden van de overstortdrempel meten. Daarnaast moet u de drempelhoogten en -breedten kennen en moet u inzicht hebben in de hoeveelheid gevallen neerslag.

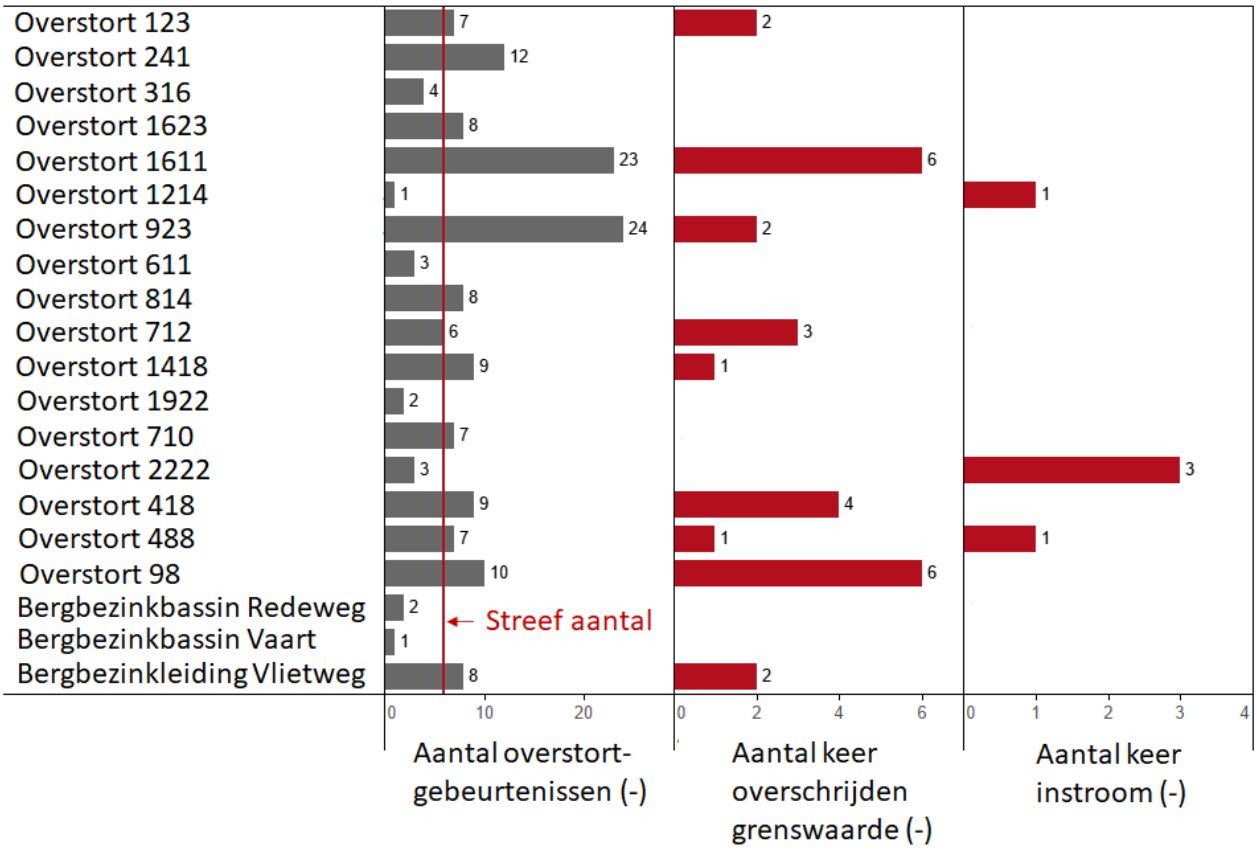
De duur van een overstorting kunt u bepalen uit het verschil in tijd tussen de start en het einde van de gebeurtenis. Afhankelijk van de omstandigheden kunt u de hoeveelheid overstortend water inschatten met formules die de relatie tussen waterniveau en debiet weergeven.

Figuur C geeft voor het jaar 2019 voor meerdere overstorten en randvoorzieningen het volgende weer:

- Aantal keer dat de overstort of voorziening in 2019 in werking is getreden. De verticale rode lijn geeft het streefaantal aan. In dit voorbeeld is deze waarde ingesteld op 6.
- Aantal keer dat tijdens het overstorten de ingestelde grenswaarde is overschreden. In dit voorbeeld is de waarde ingesteld op een volume van 10.000 m^3.
- Aantal keer dat tijdens het overstorten water in het rioolstelsel of in de randvoorziening is gestroomd.

In figuur C is onder andere te zien dat overstort 2222 in 2019 driemaal in werking is getreden en alle drie de keren is water in het rioolstelsel gestroomd in plaats van het stelsel uit. De overstorten 1611 en 923 treden in 2019 relatief vaak in werking. Als de overstorten 98, 712 en 418 in werking treden, is het overstortvolume in circa 50% van de gevallen minimaal 10.000 m^3. De bergbezinkbassins Redeweg en Vaart zijn in 2019 achtereenvolgens slechts twee- en eenmaal volledig gevuld geweest.

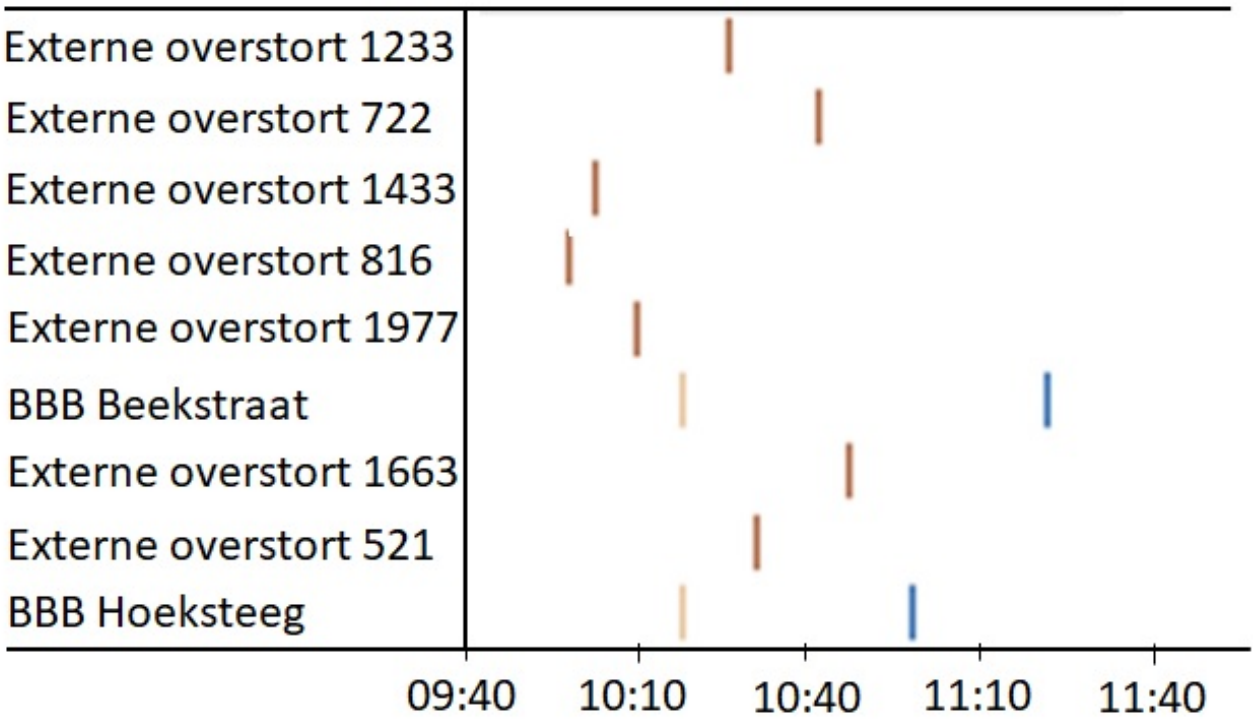
Ter visie document Stichting RIONED



Figuur C Gegevens van overstorten en randvoorzieningen in het 2019: het aantal keer dat de voorziening in werking is getreden, het aantal keer dat het overstortvolume een ingestelde grenswaarde heeft overschreden en het aantal keer dat water in de voorziening is gestroomd in plaats van eruit (Bron: M. van Bijnen Advies)

Ter visie document

Figuur D laat de start- en eindtijden van overstortingen bij meerdere externe overstorten en randvoorzieningen zien. De overstorten en randvoorzieningen maken onderdeel uit van hetzelfde rioolstelsel. Met dit overzicht hebt u direct inzicht in de werking van de externe overstorten in vergelijking met de overstorten waar een randvoorziening aanwezig is. Uit de weergegeven tijdstippen is te zien dat de externe overstorten 816, 1433 en 1977 eerder overstorten in het oppervlaktewater dan dat de beide randvoorzieningen beginnen met vullen. Dat is een ongewenste situatie.



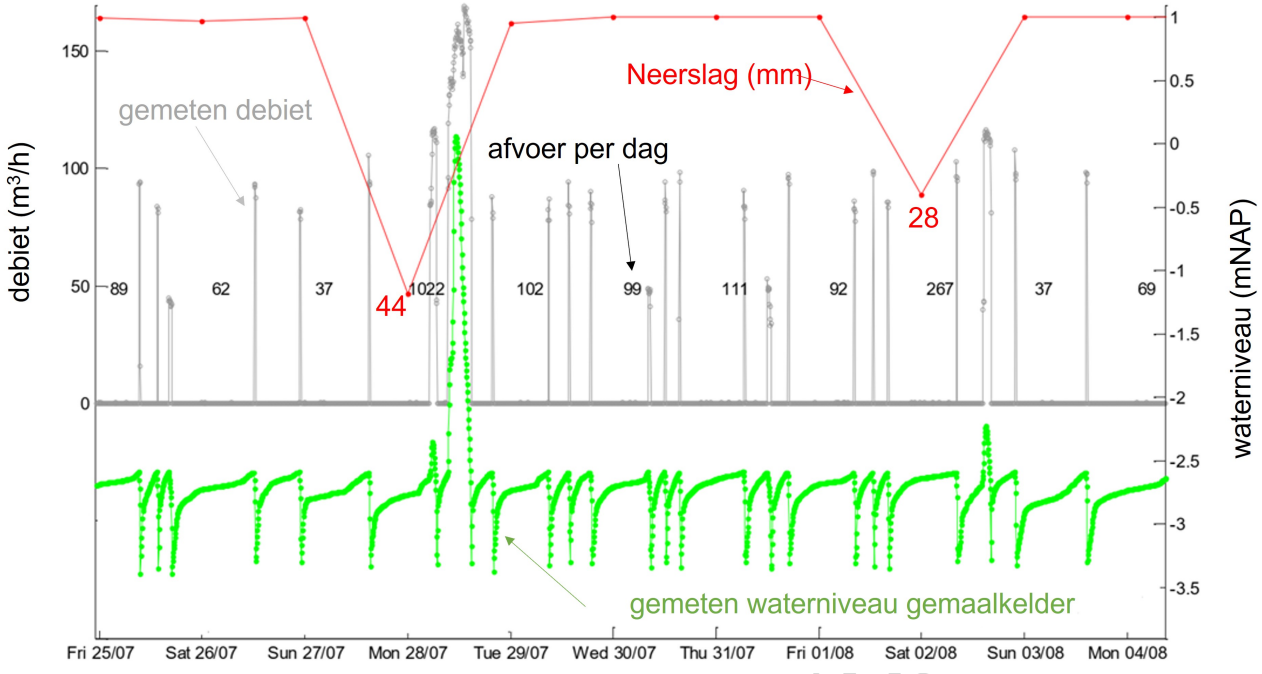
Figuur D Externe overstorten en randvoorzieningen: de tijden waarop een externe overstort (donkerbruin) gaat lozen in oppervlaktewater, een randvoorziening begint te vullen (lichtbruin) en een randvoorziening volledig gevuld is en gaat lozen in oppervlaktewater (blauw) (Bron: M. van Bijnen Advies)

Ter visie document Stic

Geen respons op neerslag in vuilwaterstelsel

Bij een gescheiden rioolstelsel hoort het waterniveau in het vuilwaterstelsel tijdens neerslag niet te stijgen. Door het waterniveau bij het gemaal (meestal het laagste punt in het stelsel) te meten, kunt u dit controleren. Daarnaast moet u informatie hebben over de gevallen neerslag.

In figuur E ziet u het gemeten waterniveau (groene lijn) bij een gemaal in een vuilwaterstelsel, het gemeten debiet (momentaan, grijze lijn) en de gevallen neerslag (rode lijn). De zwarte getallen in de figuur geven de afgevoerde daghoeveelheid in m^3 aan.



Figuur E Gemeten waterniveau en afgevoerde debieten vuilwatergemaal (Bron: Partners4UrbanWater)

Ter visie document Stichting

In de figuur kunt u zien dat tijdens dagen met neerslag (28 juli en 2 augustus) het waterpeil in de gemaalkelder stijgt en het afgevoerde debiet toeneemt. Op 28 juli valt er 44 mm neerslag. Het waterniveau stijgt tot maximaal circa 0,00 mNAP en de afvoer neemt die dag toe tot 1.022 m^3. Het vuilwatergemaal voert tijdens neerslag een significante hoeveelheid af naar de rwzi.

Inzicht in hoeveelheid hemelwater naar riolering en/of rwzi

Om relatief snel en eenvoudig inzicht te krijgen in de hoeveelheid hemelwater die het rioolstelsel afvoert en naar de rwzi gaat, kunt u de methode HAAS (Hemelwater Afvoer Systematiek) toepassen. Met deze methode bekijkt u een eenvoudige waterbalans van een gebied over een langere periode. Dit levert geen detailinformatie op, maar zo kunt u wel onderzoeken in hoeverre de belasting op een rioolstelsel en de afgevoerde hoeveelheden via het gemaal overeenkomen.

1.3.3.2 Analyseren functioneren grondwatermeetnet

Als u het functioneren van een systeem met meetdata wilt analyseren, bekijkt u of het systeem doet wat het moet doen, uitgaande van opgestelde relevante en begrijpelijke indicatoren. Dit proces is hier beschreven met een voorbeeldanalyse van een grondwatermeetnet. U analyseert de gemeten grondwaterstanden en krijgt daarmee inzicht in de optredende grondwaterstanden en of deze voldoen aan de door u vastgestelde criteria.

Bij deze analyse doorloopt u de volgende stappen:

1. Vastleggen gewenst gedrag systeem in concrete indicatoren

In dit voorbeeld hebt u in uw gemeente peilbuizen geplaatst om meer inzicht te krijgen in de optredende grondwaterstanden gedurende langere perioden. Hiervoor hebt u de volgende indicatoren opgesteld:

- inzicht in de jaargemiddelde grondwaterstanden;
- afwijking van de optredende grondwaterstanden op de verschillende locaties ten opzichte van het gemiddelde gedurende het jaar;
- inzicht in de locaties en tijdstippen waar de grondwaterstand niet aan de gestelde ontwateringseis voldoet.

2. Verzamelen benodigde gegevens voor elke indicator

Om de indicatoren te kunnen beoordelen, moet u gegevens hebben. Inzicht in de optredende grondwaterstanden en de afwijkingen ten opzichte van het jaargemiddelde krijgt u door op meerdere locaties de grondwaterstanden te meten. Om te beoordelen op welke locaties u wel en niet aan de gestelde ontwateringseis voldoet, moet u de eis nader specificeren. In dit voorbeeld mag de ontwateringsdiepte gedurende een aaneengesloten periode van twee weken niet kleiner zijn dan 0,7 m.

3. Vergelijken huidig functioneren met gewenst functioneren

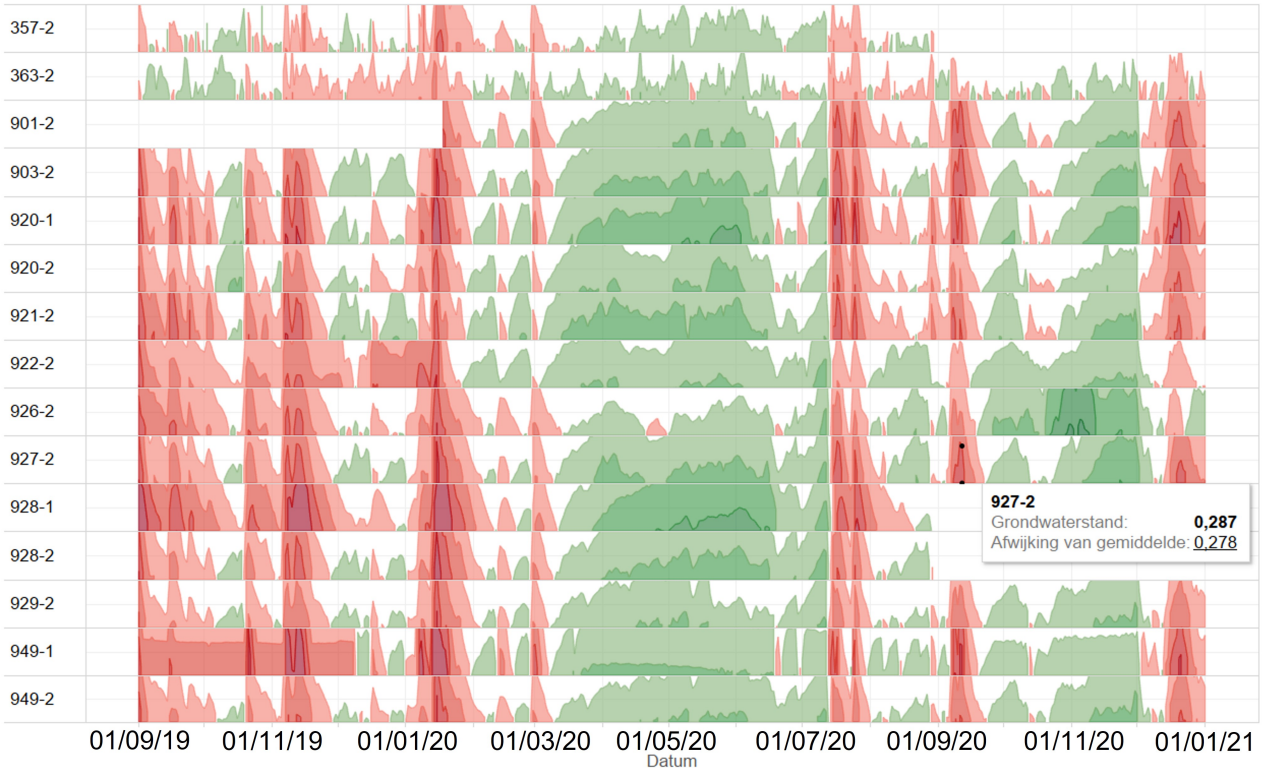
U gebruikt de verzamelde (meet)gegevens om het functioneren van het grondwatermeetnet inzichtelijk te maken. Dat vergelijkt u met het gewenste functioneren, uitgaande van de vastgestelde indicatoren. Hieronder leest u hoe u dat kunt doen.

Inzicht in grondwaterstanden en afwijking ten opzichte van jaargemiddelde

Om voor elke peilbuis meer inzicht te krijgen in de optredende grondwaterstanden en de afwijking ten opzichte van het jaargemiddelde, kunt u grafieken laten maken. In figuur A ziet u een voorbeeld. De figuur laat over een periode van

Ter visie document Stichting RIONED

zestien maanden de gemeten grondwaterstanden per peilbuis zien. In het groen ziet u grondwaterstanden die lager zijn dan het jaargemiddelde voor die peilbuis. Hoe donkerder de kleur groen, hoe groter de afwijking ten opzichte van het jaargemiddelde. Grondwaterstanden hoger dan het jaargemiddelde zijn in het rood weergegeven. Ook hier geldt hoe donkerder de kleur rood, hoe groter de afwijking ten opzichte van het jaargemiddelde.



Figuur A Optredende grondwaterstanden bij verschillende peilbuizen, inclusief de afwijking ten opzichte van de jaargemiddelde grondwaterstand. Hoe donkerder de kleur, hoe groter de afwijking ten opzichte van het jaargemiddelde (Bron: M. van Bijnen Advies)

Ter visie doc

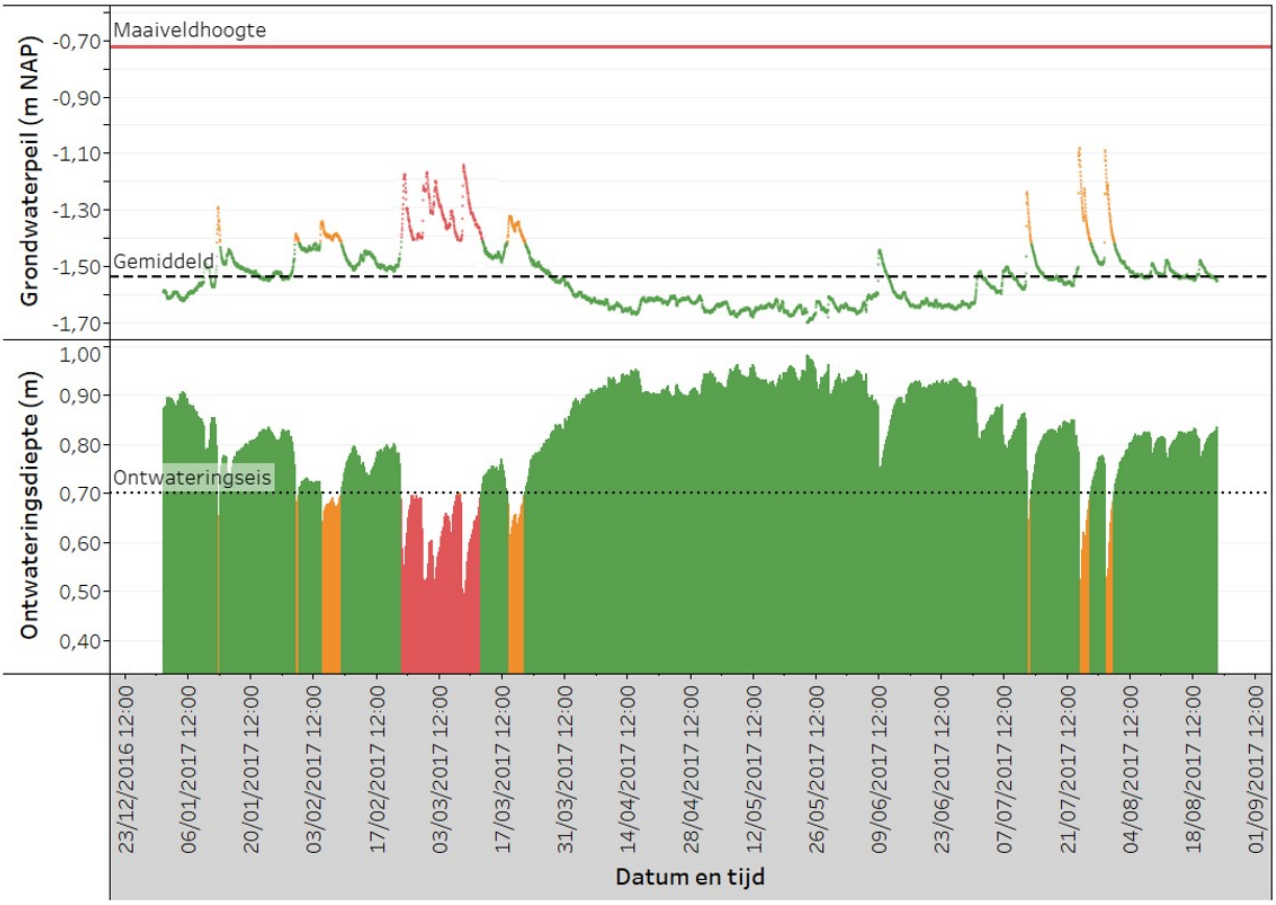
Inzicht in locaties die niet voldoen aan gestelde ontwateringseis

In dit voorbeeld hebt u als eis vastgesteld dat de ontwateringsdiepte gedurende een aaneengesloten periode van twee weken niet kleiner mag zijn dan 0,7 m. Om dit te visualiseren, laat u voor elke peilbuis grafieken zoals figuur B maken. Figuur B geeft de gemeten grondwaterstanden (bovenste grafiek) en de daarbij behorende ontwateringsdiepte (onderste grafiek) weer. In de figuur ziet u:

- de grondwaterstanden die voldoen aan de ontwateringseis van 0,7 m (groen);
- de grondwaterstanden die niet voldoen aan de ontwateringseis van 0,7 m over een periode van minder dan twee weken (oranje);

- de grondwaterstanden die niet voldoen aan de ontwateringseis van 0,7 m over een periode van twee aaneengesloten weken of langer (rood).

Met deze grafiek krijgt u dus snel inzicht in de locaties en tijdsperioden waarin de grondwaterstand wel en niet aan de ontwateringseis voldoet.



Figuur B Gemeten grondwaterstanden (boven) en bijbehorende ontwateringsdiepte (onder) (Bron: M. van Bijnen Advies)

Ter visie

1.3.4 Analyse en het gebruik van modellen

Met meetgegevens kunt u analyseren hoe het meetnet, afzonderlijke objecten en systemen functioneren. Als u de meetgegevens met modelberekeningen combineert, kunt u ook de hydraulische prestaties van een rioolstelsel beoordelen en de kwaliteit van uw theoretische rioleringsmodel toetsen. Hiervoor hebt u wel neerslaggegevens nodig.

Meer informatie met modelberekeningen

Met meetapparatuur meet u op bepaalde locaties in de riolering, bijvoorbeeld de opgetreden waterstanden en debieten. Met een rekenmodel berekent u op alle locaties in het systeem de waterstanden en debieten, dus ook waar geen praktijkmetingen plaatsvinden. Daardoor krijgt u meer informatie, ook over de onderlinge relaties tussen de metingen.

Wanneer u meetgegevens met rekenmodellen combineert, moet u in het rekenmodel dezelfde neerslaggebeurtenis gebruiken als de neerslaggebeurtenis die tijdens de meting plaatsvond. De meetwaarden zijn namelijk het gevolg van de neerslag die gevallen is.

Mogelijke analyses

U vergelijkt en analyseert meetgegevens met de uitkomsten van hydraulische berekeningen om:

- De hydraulische prestaties van een rioolstelsel (zoals water op straat of de werking van in- en externe overstorten) te beoordelen. U beoordeelt dan of het rioolstelsel zich heeft gedragen zoals u dat gegeven de omstandigheden zou verwachten.
- De kwaliteit van uw theoretische rioleringsmodel te toetsen. U onderzoekt in hoeverre u met het model opgetreden en in de praktijk waargenomen situaties kunt reproduceren. Analyse van de afwijkingen tussen de gemeten en de berekende waarden geeft u informatie over structurele en geometrische fouten in uw rioleringsmodel. Om uw rioleringsmodel zo nauwkeurig mogelijk te krijgen, kunt u het model kalibreren . Daarbij stemt u gemeten en berekende waarden zo goed mogelijk op elkaar af door modelparameters aan te passen.

Meer informatie over het combineren van metingen en modellen vindt u bij Modelleren hydraulisch functioneren .

Ter visie document Stichting RIONED