

Protocol voor datakwaliteitscontrole (QC)

versie 2.0

Kwaliteitsborging grondwaterstands- en
stijghoogtegegevens

Vastgesteld door Landelijke Werkgroep Grondwater 12/04/2018

Protocol voor datakwaliteitscontrole (QC)

versie 2.0

Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens

Platform meetnetbeheerders grondwaterkwantiteit | Maart 2018

Uitgave

Platform meetnetbeheerders grondwaterkwantiteit van de
gezamenlijke provincies

Uitvoering en procesbegeleiding

KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
(de inhoud van dit rapport komt overeen met rapport KWR 2017.034)

Projectmanager

Edu Dorland

Kwaliteitsborger(s)

Erwin Vonk, Flip Witte

Stuur- en begeleidingsgroep

Zie bijlagen D en E

Auteur(s)

Jos von Asmuth

Jaar van publicatie

2018

Meer informatie

Henny Kempen
Secretaris Platform meetnetbeheerders

Postbus 9090
6800 GX Arnhem
T +31 (0)26 3598829
E h.kempen@gelderland.nl



Maart 2018 ©Platform meetnetbeheerders

Alle rechten voorbehouden.

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

Leeswijzer

De afgelopen jaren is het inzicht gegroeid dat de kwaliteit en betrouwbaarheid van grondwaterstands- en stijghoogtegegevens van wezenlijk belang zijn voor het gebruik ervan. Het is daarbij niet alleen belangrijk dat de kwaliteit van de gegevens 'gemiddeld gezien hoog' is, minstens zo belangrijk is dat de kwaliteit 'bekend en van een gegarandeerd niveau' is. De kwaliteit dient, met andere woorden, geborgd te zijn volgens gestandaardiseerde, eenduidige en heldere procedures en methoden. Het is vanuit die optiek dat de Kaderrichtlijn Water (KRW) het toepassen van een gestandaardiseerd protocol voor datakwaliteitscontrole verplicht stelt.

Het platform meetnetbeheerders grondwaterkwantiteit van de gezamenlijke provincies heeft daarom het realiseren van een dergelijk protocol ter hand genomen, met KWR en TNO als samenwerkingspartners en opdrachtnemers. In het kader daarvan zijn eerder een drietal ondersteunende rapporten verschenen (Von Asmuth, J.R. en F.C. Van Geer, 2013, Leunk, I., 2014, Von Asmuth, J.R. en F.C. Van Geer, 2015). In het eerste rapport is een aanzet gegeven voor een landelijke standaard, met daarin o.a. een inventarisatie en overzicht van methoden voor geautomatiseerde controle van de plausibiliteit van meetgegevens. In het tweede rapport zijn de fouten en afwijkingen die in de praktijk optreden in grondwaterstandsgegevens, en wat de relatieve grootte en belang daarvan is, vervolgens beter in beeld gebracht. Het derde rapport bevat de technisch-inhoudelijke definities van, en toelichting op, de systematiek en methodiek voor datakwaliteitscontrole (QC) die de basis vormen van het protocol. Na deze voorbereidende projecten is vervolgens protocol 'werkversie 1.0' verschenen (Von Asmuth, J.R., 2015). Deze voorganger van het huidige protocol was bedoeld als evaluatie- of werkversie, een aantal zaken waren daarin om praktische redenen nog niet of niet voldoende uitgewerkt (o.a. onderdeel meetopstelling).

Het onderhavige rapport vormt het eigenlijke protocol versie 2.0, en bevat de werkwijzen, controles en daarbij te hanteren criteria die in de praktijk door de meetnetbeheerders van de verschillende provincies (minimaal) gehanteerd zullen worden. De verbeteringen en uitbreidingen t.o.v. werkversie 1 (zie paragraaf 1.7 versiehistorie) zijn het resultaat van een pilotproject, waarin protocol versie 1.0 is geëvalueerd en geïmplementeerd in een stuk voorbeeldsoftware (een QC-Wizard). In dat project (waar geen apart rapport van is verschenen) zijn daarnaast verschillende lacunes verder ingevuld en is de opzet van het protocol en volgorde van de QC-onderdelen herzien en verbeterd. Protocol versie 2.0 is voorzien van versienummering en versiebeheer, wat allereerst voorziet in het feit dat de verdere toepassing en ervaringen in de praktijk kunnen leiden tot aanpassing en verbetering. Grondwatermonitoring vindt daarnaast plaats in een omgeving met snelle technologische ontwikkelingen. Ook dat kan aanleiding geven tot verdere verbetering en/of uitbreiding van het protocol.

Omdat toepassing van dit protocol in de praktijk rust op het draagvlak daarvoor, is gekozen voor een zorgvuldige sturing, begeleiding en terugkoppeling van het keuzeproces dat nodig was om tot dit protocol te komen, binnen de provincies, maar ook daarbuiten. Toepassing van dit protocol buiten de provincies wordt actief aangemoedigd, omdat een hoge, uniforme datakwaliteit en een gedeeld en helder begrippenkader in het belang is van iedereen.

Inhoudsopgave

Leeswijzer	2
1. Inleiding	6
1.1 Voorbereidende projecten en rapporten	6
1.2 Visie op kwaliteitsborging (QA/QC)	7
1.3 QC-systematiek en -terminologie	8
1.4 QC-volgorde en -nummering	9
1.5 QC-standaard en -aanbevelingen	10
1.6 QC-labels en -status	11
1.7 Samenhang en opzet van het protocol	12
1.8 Versiehistorie	13
2. Controles	14
2.1 Inleiding	14
2.2 QC0: Meetopstelling	14
2.3 QC1: Data-integriteit	17
2.4 QC2: Meetinstrument	19
2.5 QC3: Consistentie	23
2.6 QC4: Plausibiliteit	24
2.7 QC5: Synthese	26
2.8 Hercontrole van gegevens uit het verleden	26
3. Proces	28
3.1 Inleiding	28
3.2 Stappen in het meetproces	28
3.3 Verschil in werkwijze en gebruikte hulpmiddelen	29
4. Meten	32
4.1 Inleiding	32
4.2 Luchtdruk (indien relevant)	32
4.3 Waterdruk en/of -stand	32
5. Omrekenen	34
5.1 Inleiding	34
5.2 Tijdsregistratie	34
5.3 Verschilberekening	34
5.4 Luchtdruk (indien relevant)	35
5.5 Waterdruk (indien relevant)	35
5.6 Waterkolom of waterdiepte	36
6. Controleren, corrigeren en keuren	38
6.1 Inleiding	38
6.2 Tijdsregistratie	38
6.3 Luchtdruk (indien relevant)	38

6.4	Waterstand (eerste controle)	39
6.5	Waterstand (definitieve controle)	40
7.	Opslaan en uitwisselen	42
7.1	Inleiding	42
7.2	Transparantie, reproduceerbaarheid en gegevensinhoud	42
7.3	Data-integriteit en resolutie	42
8.	Softwarematige implementatie	44
8.1	De QC-Wizard: voorbeeld en evaluatiesoftware	44
8.2	QC0: Meetopstelling	45
8.3	QC1: Data-integriteit	45
8.4	QC2: Meetinstrument	46
8.5	QC3: Consistentie	47
8.6	QC4: Plausibiliteit	48
9.	Lacunes en vervolgstappen	52
9.1	Inleiding	52
9.2	QC-onderdelen	52
9.3	Implementatie	53
	Literatuur	54
	Bijlage A: Data-integriteitscontroles	56
	Bijlage B: Consistentiecontroles	57
	Bijlage C: Omrekening van luchtdrukmetingen	58
	Bijlage D: Begeleidingsgroep	59
	Bijlage E: Stuurgroep	60
	Bijlage F: QC-statusvoorbeelden	61

1 Inleiding

1.1 Voorbereidende projecten en rapporten

In het kader van het verkenning- en besluitvormingsproces dat voorafgegaan is aan protocol versie 2.0 is een viertal projecten uitgevoerd waar bijbehorende rapporten van zijn verschenen:

1. **Von Asmuth, J.R. en F. C. Van Geer (2013)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogte-gegevens: op weg naar een landelijke standaard; rapportnr. KWR 2013.027, KWR Watercycle Research Institute / TNO, Nieuwegein / Utrecht.
2. **Leunk, I. (2014)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: validatiepilot, analyse van bestaande data; rapportnr. KWR 2014.059, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
3. **Von Asmuth, J.R. en F. C. Van Geer (2015)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: systematiek en methodiek voor datakwaliteitscontrole (QC); rapportnr. KWR 2015.004, KWR Watercycle Research Institute / TNO, Nieuwegein / Utrecht.
4. **Von Asmuth, J.R. (2015)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: Protocol voor datakwaliteitscontrole (QC, werkversie 1.0); rapportnr. KWR 2015.013, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

In het eerste rapport is (analoog aan de titel) een aanzet gegeven voor een landelijke standaard, met daarin o.a. een inventarisatie en overzicht van methoden voor geautomatiseerde controle van de plausibiliteit van meetgegevens. In het tweede rapport zijn de fouten en afwijkingen die in de praktijk optreden in grondwaterstandsgegevens, en wat de relatieve grootte en belang daarvan is, vervolgens beter in beeld gebracht. Het derde rapport bevat de technisch-inhoudelijke definities van en toelichting op de systematiek en methodiek voor datakwaliteitscontrole (QC), die in protocol 'werkversie 1.0' gebruikt zijn. Deze 'werkversie 1.0' van het QC-protocol is het vierde rapport. Het protocol bevat de werkwijzen, controles en daarbij te hanteren criteria die in de praktijk door de meetnetbeheerders van de verschillende provincies (minimaal) gehanteerd dienen te worden.

Voor meer details over de lessen die volgden uit dit verkenning- en besluitvormingsproces verwijzen we graag naar de verschillende rapporten. Kort samengevat is uit het eerste rapport gebleken dat het realiseren van één gemeenschappelijk datacontrolesysteem voorlopig onhaalbaar en onwenselijk werd geacht. Het tweede rapport, dat een weerslag vormt van een pilot of analyse van de orde-grootte en type fouten in bestaande data, liet vervolgens zien dat fouten geen marginaal verschijnsel zijn, maar soms in het overgrote deel van de geanalyseerde gegevens aanwezig zijn (bijv. conflicten tussen verschillende kopieën van dezelfde data). Tijdens de totstandkoming van het derde rapport bleek dat de bestaande systematiek en terminologie rond datakwaliteit of QC onvoldoende onderscheidend en helder was om het protocol op te kunnen baseren. Om die reden is een eigen systematiek en terminologie ontwikkeld en beschreven, ten behoeve van het protocol. In dat rapport werd bovendien geconcludeerd dat geautomatiseerde plausibiliteitscontrole (QC4) onvoldoende ver ontwikkeld is om gestandaardiseerd en geprotocolleerd toe te kunnen passen.

Bij het vierde rapport gaat het om de eerste versie of voorganger van dit protocol, die bedoeld was als evaluatie- of werkversie. In deze werkversie 1.0 waren een aantal zaken om praktische redenen nog niet of niet voldoende uitgewerkt (o.a. onderdeel QCo) meetopstelling). Het onderhavige QC-protocol versie 2.0 is het resultaat van een pilotproject, waarin werkversie 1.0 is geëvalueerd en geïmplementeerd in voorbeeldsoftware (een QC-Wizard). In dat project (waar geen apart rapport van is verschenen) zijn daarnaast verschillende lacunes verder ingevuld en is de opzet van het protocol en volgorde van de QC-onderdelen herzien en verbeterd (zie ook paragraaf 1.7 versiehistorie).

1.2 Visie op kwaliteitsborging (QA/QC)

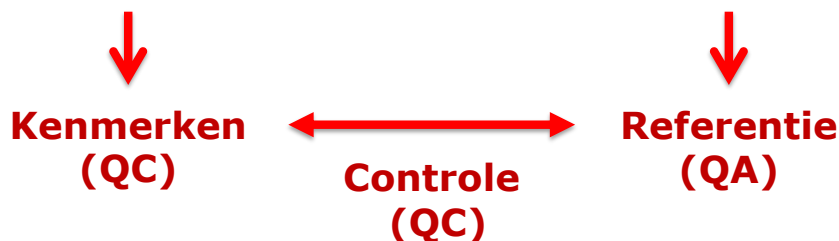
Waar in relatie tot het controleren van data ook wel over validatie gesproken wordt (zie bijv. <https://nl.wikipedia.org/wiki/validatie>) kiezen we hier bewust voor het ruimere begrip 'kwaliteit' als uitgangspunt. Reden daarvoor is dat de term 'valide' in het algemeen iets als 'geldig' of 'juist' betekent, terwijl datacontroles in het algemeen niet in staat zijn om zwart-wituitspraken over de juistheid van gegevens te doen. Deze keuze sluit aan bij de internationale ISO 8000 norm rond Data Quality die in ontwikkeling is, waarin het begrip kwaliteit ook centraal staat (ISO, 2011).

De keerzijde van de keuze voor een ruimer en abstracter begrip als kwaliteit is dat de betekenis ervan in specifieke gevallen niet altijd even evident is (zie bijv. von Asmuth en Tomassen (2017), waar onderstaande tekst deels aan ontleend is). We besteden daarom hieronder aandacht aan de visie en definitie van 'kwaliteit' en de daaraan gerelateerde begrippen, die we in dit protocol hanteren. Het Nederlandse woord kwaliteit is ontleend aan het Latijnse *qualitas*, en wordt zowel op een objectieve en neutrale, als op een subjectieve manier gebruikt. In de eerste zin van het woord betekent kwaliteit eenvoudigweg 'hoedanigheid' of 'eigenschap'. In de tweede betekenis is kwaliteit te omschrijven als 'het geheel van positieve eigenschappen en kenmerken van een object'. Deze tweede betekenis is uiteraard degene waar het hier om gaat.



ISO 9000 kwaliteitsnorm:

'Degree to which a set of inherent characteristics fulfills requirements'



Figuur 1. Definitie van kwaliteit volgens de ISO-9000 kwaliteitsnorm (ISO, 2005), in relatie tot voorschrift of referentie (QA) en kenmerken en controle (QC).

In de ISO 9000 kwaliteitsnorm (ISO 2005, zie ook bijv. Crosby 1979) wordt kwaliteit gedefinieerd als 'degree to which a set of inherent characteristics fulfills requirements'. Om een uitspraak te kunnen doen over de kwaliteit van een object zijn, algemeen gesteld, niet alleen metingen van objectieve 'characteristics' of kenmerken daarvan nodig, maar ook een vergelijking met subjectieve 'requirements'. 'Requirement' laat zich in het algemeen vertalen in 'verwachting' of 'behoefte', en meer specifiek voor dit protocol in 'voorschrift' of 'referentie' (zie Figuur 1). Maten voor kwaliteit zijn daarmee afhankelijk van het stelsel van normen en waarden van de beoordelaar, die vooraf bekend moeten zijn of opgesteld dienen te worden. In lijn daarmee hanteren we hier de volgende definities:

- **Kwaliteit (Q)** mate waarin de kenmerken voldoen aan de voorschriften of referentie
- **Kwaliteitsvoorschrift (QA)** richtlijnen voor zowel het uitvoeren van activiteiten als referentie(waarden) voor kwaliteit
- **Kwaliteitscontrole (QC)** het vergelijken van de kenmerken van een specifiek object met de referentie(waarden) daarvoor
- **Kwaliteitsborging (QA/QC)** het geheel aan gehanteerde kwaliteitsvoorschriften en kwaliteitscontroles

Omdat kwaliteitscontrole (QC) in meer of minder kwantitatieve vorm uitgevoerd kan worden, kan de voorkeur soms uitgaan naar meer kwalitatieve termen als voorschriften (QA), kenmerken en vergelijking (QC) daarvan, en soms naar meer kwantitatieve zoals referentiewaarden (QA), metingen en controle (QC).

1.3 QC-systematiek en -terminologie

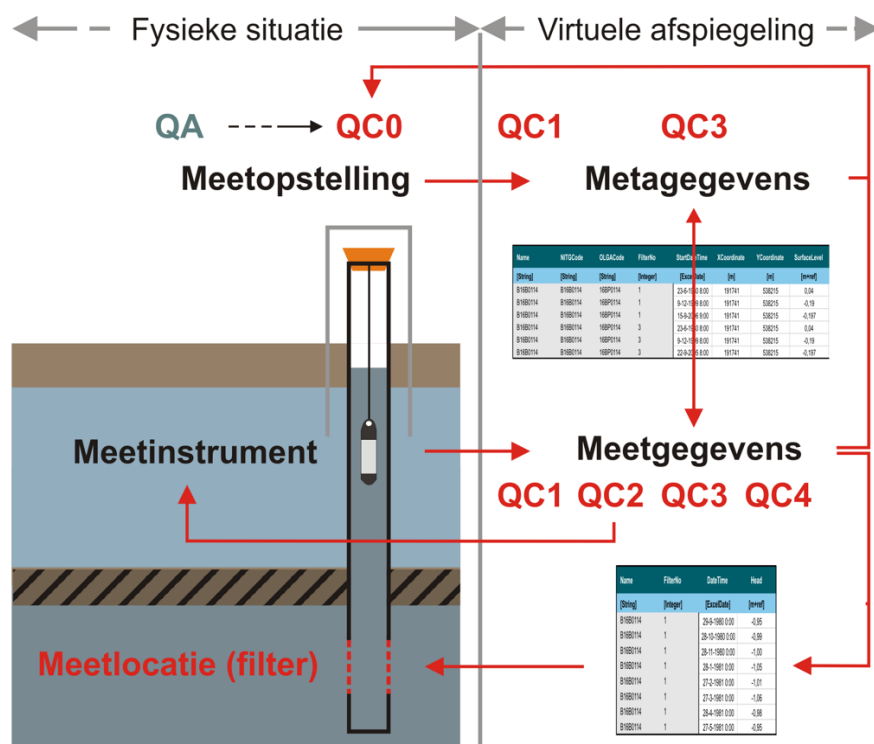
Zoals gezegd is de systematiek en terminologie die hier gehanteerd wordt gebaseerd op (Von Asmuth en Van Geer (2015)). De QC-onderdelen zijn echter herzien qua volgorde, verbeterd en aangevuld met onderdeel QC₀: Meetopstelling. We onderscheiden in dit protocol op basis daarvan de volgende QC-onderdelen:

Tabel 1. Overzicht van QC onderdelen

	QC-term	QC-type	QC-resultaat
QC₀	Meetopstelling	Representativiteit	Gradueel
QC₁	Data-integriteit	Administratief	Binair
QC₂	Meetinstrument	Controlemeting	Gradueel
QC₃	Consistentie	Logisch	Binair
QC₄	Plausibiliteit	Statistisch	Gradueel
QC₅	Synthese	Karakterisatie	Gradueel

Het onderscheid tussen de verschillende QC-onderdelen is gebaseerd op principiële verschillen in het type controle dat uitgevoerd wordt en de aard van de gecontroleerde kenmerken en de gebruikte criteria daarbij. De meerwaarde van de indeling op principiële gronden is dat de resulterende QC-systematiek en terminologie generiek zijn en toepasbaar op (meet)gegevens in het algemeen. Dat maakt dat deze QC-systematiek breed gebruikt kan worden, wat ook actief gestimuleerd dient te worden omdat een helder en gedeeld begrippenkader in het belang is van iedereen. In hoofdstuk 2 zullen de verschillende onderdelen verder gedefinieerd en afgebakend worden, en de verschillende kenmerken, referenties en criteria verder worden uitgewerkt.

1.4 QC-volgorde en -nummering



Figuur 2. QC-onderdelen en -volgorde in relatie tot meetopstelling en meetinstrument in de fysieke of veldsituatie, en metagegevens en meetgegevens in de virtuele afspiegeling daarvan.

In de hiervoor beschreven systematiek wordt een volgorde en nummering gehanteerd die om toelichting vraagt, mede omdat de volgorde van de QC-onderdelen niet noodzakelijkerwijs eenduidig is of overeenkomt met de volgorde van het QC-proces (zie ook Figuur 2). QC-onderdeel 'meetopstelling' is in deze versie van het protocol nieuw toegevoegd, en vormt in feite zowel de basis als randvoorwaarde voor de kwaliteit van de gegevens die daaruit voortkomen. De resulterende meetgegevens zijn in principe onbruikbaar, wanneer de meetopstelling waar ze uit voort komen niet representatief is voor het proces dat gemonitord zou moeten worden, ook als de gegevens alle mogelijke verdere controles doorstaan.

Het betrekken van de meetopstelling in dit protocol brengt een nieuw en principieel onderscheid met zich mee: het verschil tussen de 'fysieke situatie' in het veld en de 'virtuele afspiegeling' daarvan op kantoor. Waar de knip tussen 'fysiek' en 'virtueel' precies ligt is echter geen objectief gegeven, maar afhankelijk van keuzes die daarbij gemaakt worden. De toestand en kwaliteit van een meetopstelling kan (al dan niet deels) visueel en in het veld voorafgaand aan de meting gecontroleerd worden, waarbij zo nodig onderhoud- en/of herstelwerkzaamheden verricht worden. In dat geval hoeven er geen gegevens ingewonnen te worden, en begint de eigenlijke datacontrole bij QC1: Data-integriteit. Het kan echter ook nuttig of nodig zijn om aanvullende gegevens te verzamelen t.a.v. mogelijke gebreken van de meetopstelling. Een voorbeeld daarvan is de invoer van Electrical Conductivity (EC)-metingen t.b.v. automatische controle op punt 'QCoc: Niet-representatieve saliniteit'. Deze QCoc-controle komt noodzakelijkerwijs pas ná de QC1-controle op de ingevoerde gegevens. Het gaat in dat geval weliswaar niet om dezelfde set van 'metagegevens' en 'meetgegevens' waar de andere QC-onderdelen op gericht zijn, maar ook die laatste kunnen indicaties geven van gebreken in de meetopstelling. Vanwege het afwijkende karakter heeft onderdeel meetopstelling code al met al QC0 gekregen, mede omdat controlesoftware daarmee in ieder geval altijd begint bij stap QC1: Data-integriteit.

1.5 QC-standaard en -aanbevelingen

De keuze welk kwaliteitsniveau minimaal nodig en gemiddeld wenselijk is, is per definitie subjectief. De inspanning die nodig is om een bepaald kwaliteitsniveau te realiseren is in principe wel in geld uit te drukken, de resulterende baten daarvan echter niet of nauwelijks. Om verschillende meetnet-beheerders de keuzevrijheid van een verschillend ambitieniveau te laten, en tegelijkertijd aan de noodzaak tot standaardisatie en uniformiteit tegemoet te komen, is aan de controles en richtlijnen in dit protocol één van beide statussen toegekend:

- **Standaard** - controles of richtlijnen die dusdanig van belang zijn dat ze altijd gedaan of gevolgd dienen te worden.
- **Aanbevolen** - controles of richtlijnen die de datakwaliteit verbeteren, maar bijvoorbeeld vanwege de benodigde inspanning niet tot de standaard behoren.

Omdat een keuze op kwantitatieve basis hierbij niet mogelijk was, is het volgende principiële onderscheid in fouttypen gebruikt:

- **Zekere fouten** - hieronder vallen de data-integriteits- en consistentiefouten (QC1, QC2). Alle controles in deze onderdelen dienen standaard uitgevoerd te worden, vanuit het principe dat gegevens die zeker fout zijn niet thuis horen in een fatsoenlijke database.
- **Systematische fouten** - deze treden op bij fouten in bijv. het sensornulpunt (QC4) en fouten in de metadata of gegevens van de meetopstelling (QC2). Omdat deze in meerdere of zelfs alle metingen tegelijk doorwerken, werken systematische fouten ook direct door in statistieken, analyses en modelberekeningen, en zijn dus van groot belang.
- **Toevallige fouten** - deze vormen een ruis op de metingen, die weliswaar het zicht op bijvoorbeeld nulpuntsverschuivingen kan vertroebelen of statistieken, analyses en modelberekeningen onzekerder maakt, maar niet per definitie fout. Het opsporen daarvan valt hoofdzakelijk onder QC3.

De toepassing van het standaardprotocol is formeel pas vereist voor de vervaardiging van het eerstvolgende, derde KRW-stroomgebiedsbeheerplan in 2021.

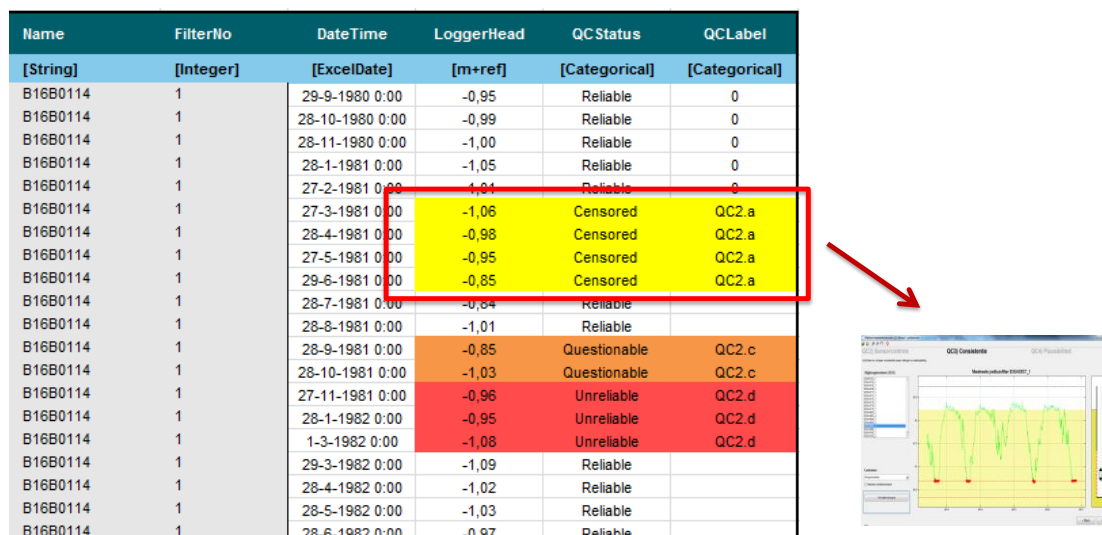
1.6 QC-labels en -status

Als resultaat van de controle en keuring worden de gegevens voorzien van de bij de controles behorende QC-labels en QC-status. Deze worden toegelicht in onderstaande tabel, een overzicht van de verschillende QC-labels van dit protocol en hun precieze betekenis is te vinden in hoofdstuk 2. Gebruikers van de gegevens kunnen op deze manier terecht bij het QC-protocol voor nadere informatie daarover.

Tabel 2. Toelichting op de tot dit protocol behorende QC-labels en QC-status

Veld- of kolomnaam	Datatype	Omschrijving
QCLabel	Categorical	Controleresultaat en oorzaak van een kwaliteitsoordeel. Voor een overzicht en de betekenis van individuele labels, zie hoofdstuk 2.
QCStatus	Categorical	Status of eindoordeel over de kwaliteit van een meting, met als opties: → reliable (betrouwbaar) → questionable (twijfelachtig) → unreliable (onbetrouwbaar) → censored (gecensureerd) → estimated (geschat) → missing (ontbrekend)

Om bruikbaar te zijn, zowel voor de meetnetbeheerder als voor derden, dienen de resulterende QC-Labels en QC-statussen opgeslagen en uitgewisseld te kunnen worden. In bijlage F zijn voorbeelden opgenomen en een toelichting op de minder voor zich sprekende QC-statussen 'censored', 'estimated' en 'missing'.



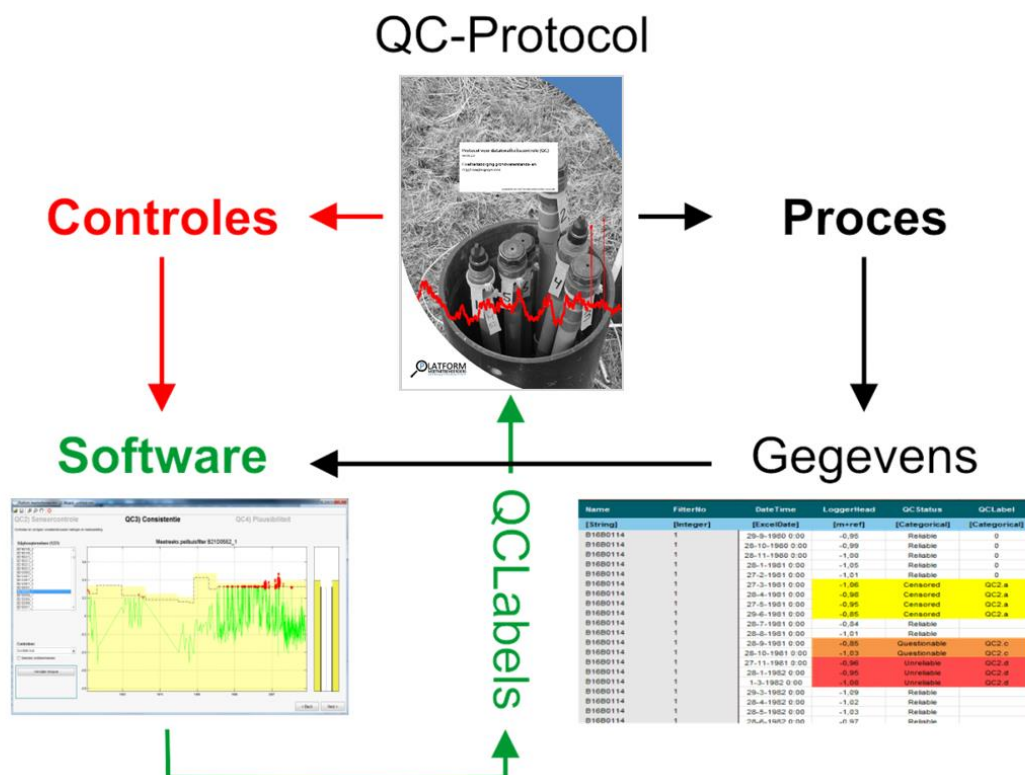
Figuur 3. Voorbeeld van opslag en uitwisseling van gegevens die aangerijkt zijn met een QCstatus en QCLabel, volgens het HydroMonitor format (von Asmuth en Vonk, 2017).

1.7 Samenhang en opzet van het protocol

Qua opzet volgt dit protocol een driedeling in:

- **Controles** (hoofdstuk 2) hier wordt per QC-onderdeel beschreven welke controles op welke manier uitgevoerd moeten worden, en tot welk resultaat, afhandeling en/of label ze leiden.
- **Proces** (hoofdstuk 3 t/m 7) hier wordt stap voor stap beschreven welke (controle)gegevens op welke manier verzameld moeten worden.
- **Software** (hoofdstuk 8) hier wordt beschreven hoe de QC-controles geïmplementeerd kunnen worden in software.

Proces, controles en software zijn daarbij onlosmakelijk met elkaar verbonden (Figuur 4). Voor het uitvoeren van de controles is het noodzakelijk dat de benodigde gegevens voorhanden zijn, en op de voorgeschreven wijze verzameld. Om toepassing van de controles te faciliteren en uniformeren, dienen deze geïmplementeerd te zijn in een bijbehorende stuk software. Met behulp van deze software kunnen de gegevens gecontroleerd, gecorrigeerd en gekeurd worden conform de richtlijnen van dit QC-protocol. Als resultaat daarvan worden de gegevens vervolgens aangerijkt met QC-labels, zoals beschreven in de vorige paragraaf.



Figuur 4. Samenhang tussen controles en software, proces en gegevens, labels en protocol.

1.8 Versiehistorie

Dit protocol is voorzien van versienummering en versiebeheer. De verschenen versies zijn:

Tabel 3. Overzicht van verschenen protocolversies

Versie	Datum	Omschrijving
2.0	2018-03-08	Tweede, operationele versie van het protocol. De wijzigingen t.o.v. werkversie 1.0 worden hieronder in meer detail beschreven
Werkversie 1.0	2015-04-16	Eerste (werk)versie van het protocol. Deze versie is vastgesteld door het platform meetnetbeheerders grondwaterkwantiteit van de provincies, met als kanttekening dat deze een aantal inhoudelijke lacunes bevat en in de praktijk geëvalueerd dient te worden.

Wijzigingen t.o.v. de vorige versie (werkversie 1.0):

De volgende hoofdstukken zijn nieuw toegevoegd:

- Hoofdstuk 7:** Hier wordt de eindstap 'opslaan en uitwisselen' in het meetproces behandeld, vanuit het inzicht dat deze beter apart gezien kan worden.
- Hoofdstuk 8:** Hier wordt de ten behoeve van het protocol vervaardigde QC-Wizard behandeld als evaluatiesoftware en voorbeeldimplementatie per QC-onderdeel

De volgende paragrafen zijn toegevoegd om het protocol te verhelderen en beter zelfstandig leesbaar te maken:

- 1.2 Visie op kwaliteitsborging (QA/QC)
- 1.3 QC-systematiek en -terminologie
- 1.4 QC-volgorde en -nummering
- 1.5 QC-standaard en -aanbevelingen
- 1.6 QC-labels en -status
- 3.2 Stappen in het meetproces

De tekst over de verschillende QC-onderdelen in hoofdstuk 2 is op de volgende punten verbeterd en/of uitgebreid:

- Er zijn QC-labels toegevoegd, gerelateerd aan de afhandeling van de controleresultaten en status van de gegevens
- De definitie van de QC-onderdelen is aangescherpt en waar mogelijk gekoppeld aan de QC-labels
- De referentie die gebruikt wordt als maatstaf voor kwaliteit is uitgewerkt
- De QC-richtlijnen zijn nu geordend op QC-label

Tenslotte zijn bij de afzonderlijke QC-onderdelen de wijzigingen als volgt:

- QCo: Meetopstelling:** Dit onderdeel is nieuw toegevoegd en op hoofdlijnen uitgewerkt
- QC1: Data-integriteit:** Er is een verwijzing naar controle ('validatie') van XML- en JSON-bestanden toegevoegd. Controle op eenvoudige logische of fysieke relaties wordt nu bovendien tot QC1 gerekend.
- QC2: Meetinstrument:** Hoofdstuk 2 verwees hier kortweg naar de tekst onder werkproces, maar QC2 is nu ook uitgewerkt conform de andere.
- QC4: Plausibiliteit:** Dit onderdeel bevat nu concretere controles en richtlijnen, en is minder terughoudend van insteek.
- QC5: Synthese:** Dit onderdeel omvat het eerdere onderdeel 'Nauwkeurigheid', dat voorgeschreven is vanuit de KRW, maar is breder dan dat. Het is Pro Memorie opgenomen, en wordt in een later stadium uitgewerkt.

2 Controles

2.1 Inleiding

De kwaliteit van de meetopstelling bepaalt de basiskwaliteit van de meetgegevens die ingewonnen worden. Vanuit meetnet en meetopstelling stromen de gegevens richting de database van de meetnetbeheerder. De database bevat de schat aan gegevens, zoals die over een lange periode en met de nodige inspanning en kosten verzameld is. De beschikbare gegevens vormen de basis waar nieuw ingewonnen gegevens op rusten (gegevens meetopstelling) of bij aansluiten (meetreeksen). Zowel meetopstelling, basisgegevens als nieuw ingewonnen gegevens dienen op een aantal standaardpunten gecontroleerd te worden.

We behandelen de verschillende QC-onderdelen hieronder één voor één, en geven een overzicht van de standaardcontroles en richtlijnen die daar onder vallen. Een toelichting op gebruikte termen als 'standaard' en 'aanbevolen' is te vinden in hoofdstuk 1 (respectievelijk paragraaf 1.5).

2.2 QC0: Meetopstelling

Definitie en afbakening:

Dit QC-onderdeel richt zich op de vraag in hoeverre de meetopstelling representatief is voor het proces dat gemonitord dient te worden. Problemen met de meetopstelling kunnen verband houden met een niet-representatieve toestand van het of de:

- Locatie
- Constructie
- Onderhoud
- Functioneren

Waarbij de genoemde punten elkaar aanvullen, maar niet onderling uitsluiten. Gebreken in de representativiteit van de meetopstelling zijn ofwel:

- Structureel
- Periodiek

Met 'structureel' wordt bedoeld dat het gebrek optreedt totdat het desbetreffende probleem actief verholpen is. De volgende structurele problemen kunnen zich voordoen bij peilbuizen:

- Niet-representatieve locatie en/of filter
- Niet-representatieve buisinhoud (water)
- Beschadiging
- Verzakking
- Lekken
- Verstopping

Periodieke problemen die op kunnen treden zijn:

- IJsvorming
- Vol- of overlopen
- Droogval

De laatstgenoemde twee problemen komen geregeld voor, en kunnen relatief eenvoudig geconstateerd worden door de meetwaarden te vergelijken met de specificaties van de meetopstelling. We scharen deze daarom hier onder onderdeel QC3: Consistentie. IJsvorming in de peilbuis kan het

doen van een goede, handmatige meting lastig of zelfs onmogelijk maken. Het effect van ijsvorming op bijv. druksensormetingen is zover bekend nog niet goed onderzocht en niet goed te voorzien. Ijsvorming rekenen we voorsnag tot dit QC-onderdeel.

Referentie:

In het algemeen gesteld is het de QA-richtlijn m.b.t. de constructie, installatie en onderhoud van de meetopstelling die eveneens fungeert als referentie voor de vraag wat de representativiteit en kwaliteit van een bepaalde meetopstelling is. Omdat er op moment van schrijven geen voldoende scherpe en breed geaccepteerde QA-richtlijn m.b.t. peilbuizen voorhanden is, is het niet goed mogelijk om scherpe QC-richtlijnen te geven t.a.v. alle relevante punten. We gaan hier uit van de consensus die er impliciet wel is, namelijk dat 'een peilbuis de stijghoogte van het grondwater op een bepaalde locatie in een bepaalde bodemlaag' dient te meten. Vanuit dat beeld kunnen in ieder geval een aantal algemene richtlijnen gegeven worden.

QCLabels, status en afhandeling:

T.a.v. QC-onderdeel meetopstelling kent het protocol de volgende labels, met bijbehorende afhandeling en status:

Tabel 4. Overzicht van QC-labels met bijbehorende status en afhandeling op dit onderdeel

	QCLabel	Onderwerp	QCStatus	Afhandeling
QCoa	Niet-representatieve locatie	Locatie	Onbetrouwbaar	Buis verplaatsen
QCob	Niet-representatief filter	Filter	Onbetrouwbaar	Filter vervangen
QCoc	Niet-representatieve saliniteit	Buisinhoud	Onbetrouwbaar	Buis vervangen
QCod	Verzakking locatie	Locatie	Diverse	Nameten, corrigeren
QCoE	Verzakking buis	Buis	Diverse	Nameten, corrigeren
QCof	Beschadiging buis	Buis	Diverse	Herstellen, corrigeren
QCog	Lekke omstorting	Boorgat	Onbetrouwbaar	Boorgat vervangen
QCoh	Lekke buis	Buis	Onbetrouwbaar	Buis vervangen
QCoi	Verstopt filter	Filter	Onbetrouwbaar	Schoonspoelen of vervangen
QCoj	Ijsvorming in buis	Buisinhoud	(Onbekend)	(Onbekend)

Richtlijnen (preventie- en detectie):

QCoa) Representativiteit meetlocatie (waterstand of -druk)

- (Standaard:) Beoordeel de representativiteit van de meetlocatie aan de hand van de topografische ligging en tijdreeksanalyse. Controleer op:
 - Meetlocaties waar lokale factoren domineren en die niet representatief zijn voor hun omgeving, tenzij dat expliciet hun meetdoel is.
 - Meetlocaties waarvan de dynamiek op geen enkele manier te verklaren is en sterk afwijkt van die van omliggende meetlocaties.

QCoa) Representativiteit meetlocatie (luchtdruk)

- (Aanbevolen:) Reken KNMI-luchtdrukmetingen om van NAP-niveau naar de hoogte van de waterspiegel in de peilbuis. Gebruik hiervoor de formule uit het KNMI-handboek, zie bijlage C (KNMI, 2000).

- *(Aanbevolen:)* Schat de luchtdruk ter plaatse van de peilbuis m.b.v. de metingen van de omliggende KNMI-stations en interpolatie.

QCob) Representativiteit filterstelling

- *(Standaard:)* Beoordeel de representativiteit van de filterstelling. Controleer op:
 - Meetlocaties waarvan het filter al dan niet deels in slecht of ondoorlatende lagen gelegen is.
 - Meetlocaties waarvan het filter rond het zoet-zoutgrensvlak ligt.

QCoc) Representativiteit saliniteit (peilbuisfilters in brak tot zout grondwater)

- *(Standaard:)* Controleer de peilbuis op afwijkingen in saliniteit via een EC-meting van het bovenste peilbuiswater voorafgaand aan de stijghoogtemeting. Noteer en bewaar deze.
- *(Standaard:)* Spoel peilbuizen met een filter in brak tot zout grondwater, die verdacht worden van lekken en/of het hebben van een filter rond het zoet-zoutgrensvlak, periodiek of voorafgaand aan de stijghoogtemeting.

QCode) Verzakking buis of omgeving

- *(Aanbevolen:)* Controleer de maaiveldhoogte op de meetlocatie op verschillen van meer dan 50 centimeter met het AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland). Het AHN is niet overal even nauwkeurig, maar is wel eenvoudig inzetbaar voor het opsporen van grotere fouten.
- *(Standaard:)* Meet de bovenkant van de peilbuis en maaiveld om de 10 jaar opnieuw in. Op locaties waarvan bekend is dat bodemdaling of inklinking optreedt, dient dit frequenter te gebeuren.

QCof) Beschadiging buis

- *(Standaard:)* Controleer de peilbuis op beschadigingen in het veld. Herstel deze zo snel mogelijk, en noteer de aard en datum waarop de beschadiging geconstateerd en hersteld is.

QCogh) Lekken omstorting en/of buis

- *(Aanbevolen:)* Controleer de peilbuis op lekken met behulp van aanvullende gegevens zoals de stijghoogte in eventuele boven en onder gelegen filters, of EC- en/of temperatuurmetingen langs het profiel van de peilbuis indien relevant.

QCoi) Verstopping filter

- *(Standaard:)* Pomp de peilbuis tenminste om de 10 jaar leeg en schoon, om verstopping van het filter en opvulling met sediment tegen te gaan.

QCoj) IJsvorming in de peilbuis

- *(Standaard:)* Controleer en registreer ijsvorming in de peilbuis indien deze in het veld geconstateerd wordt.

Overige periodieke problemen

- Zie QC3: Consistentie

2.3 QC1: Data-integriteit

Definitie en afbakening:

Dit QC-onderdeel richt zich op de vraag of gegevens over of van de:

- Meetreeksen
- Meetopstelling

integer en integraal bewaard en beschikbaar zijn. De desbetreffende gegevens dienen allereerst ingelezen en geïnterpreteerd te kunnen worden met behulp van hun:

- Bestandsformat
- Datadefinitie

Format en datadefinitie dienen daarbij:

- Bekend
- Eenduidig
- Correct

te zijn om problemen bij het lezen van de gegevens te voorkomen. Binnen het begrip datadefinitie kunnen weer verschillende deelaspecten onderscheiden worden, zoals:

- Oorsprong
- Notatie
- Eenheid en/of referentieniveau
- Waardenbereik of categorielijst

waarvan de relevantie afhangt van het datatype ('eenheid' is bijvoorbeeld alleen voor numerieke gegevens relevant). Bovenstaande punten hebben betrekking op individuele gegevens. Als meerdere gegevens of datasets in beschouwing genomen worden, dan zijn ook de volgende aspecten van belang:

- Uniciteit
- Volledigheid
- Status
- Administratieve relaties en/of kardinaliteit

Op het laatstgenoemde punt raakt dit QC-onderdeel aan onderdeel QC3: Consistentie. We rekenen hier zowel administratieve als eenvoudige fysisch-logische relaties tot QC1: Data-integriteit, mede omdat die laatste vaak ook omgeschreven kunnen worden naar administratieve (voorbeeld: opslag van de bovenkant en lengte van een filter, in plaats van zowel onderkant als bovenkant).

Referentie:

M.b.t. data-integriteitsproblemen fungeren in het algemeen het bestandsformat en datamodel als referentie. Het format beschrijft de vorm waarin de gegevens opgeslagen zijn. De regels waaraan die vorm dient te voldoen kunnen vervolgens gebruikt worden om databestanden te controleren op correctheid qua format ('well formed'). Het datamodel of schema beschrijft de gegevensinhoud met bijbehorende datadefinitie, en relatie tussen verschillende gegevens. Ook aan het datamodel en de datadefinitie zijn regels te ontleen, die gebruikt kunnen worden voor controle van de gegevens op correctheid qua definitie ('valid'). Om volledig eenduidig te zijn dient een databestand een expliciete verwijzing te bevatten naar het format en datamodel of schema waaraan het voldoet, wat automatische controle of validatie van bestanden mogelijk maakt. Voorbeelden hiervan zijn:

- XML-bestanden met bijbehorende DTD- of XSD-schemas en validatoren
- JSON-bestanden met bijbehorende JSON-schemas en validatoren

Deze formats hebben echter, bij uitwisseling van gegevens tussen mensen of mens en machine, als nadeel dat ze relatief complex, ontoegankelijk en onoverzichtelijk zijn. Om die reden worden gegevens vaak in Excel- of tekstbestanden opgeslagen en uitgewisseld. Het format van dergelijke bestanden is echter veel losser gedefinieerd, en kent geen standaardoplossing voor het definiëren van het bijbehorende datamodel of schema. Omdat gegevens in deze formats daarmee vanuit hun aard niet eenduidig zijn, vormt deze praktijk een grote bron van dataproblemen. Het zogenaamde HydroMonitor-format biedt een oplossing voor dit probleem, door gegevens in XLSX- en/of CSV-format te koppelen aan een format- en datadefinitie, zie:

http://hydromonitor.nl/downloads/hydromonitor_data_exchange_format.pdf

Doordat de datadefinitie in dit format in het bestand zelf opgenomen is, is ook in dat geval automatische controle of validatie van de gegevens mogelijk.

N.B.: in het bovenstaande zijn de termen 'valid', 'validatoren' en 'validatie' gebruikt, omdat dit de gebruikelijke termen zijn in de context die behandeld wordt. We benadrukken hier eens te meer dat het ook hier meer om de vorm en structuur van de gegevens gaat, en dat het op deze manier 'valideren' van gegevens niets zegt over de vraag of deze ook inhoudelijk of qua waarde correct zijn (zie ook paragraaf 1.2).

QCLabels, status en afhandeling:

T.a.v. QC-onderdeel data-integriteit kent het protocol de volgende labels, met bijbehorende afhandeling en status:

Tabel 5. Overzicht van QC-labels met bijbehorende status en afhandeling op dit onderdeel

	QCLabel	Onderwerp	QCStatus	Afhandeling
QC1a	Format onbekend	Bestand	Diverse	Aanvullen of weigeren
QC1b	Definitie onbekend	Gegeven	Diverse	Aanvullen of weigeren
QC1c	Format incorrect	Bestand	Diverse	Corrigeren of weigeren
QC1d	Definitie incorrect	Gegeven	Diverse	Corrigeren of weigeren
QC1e	Gegeven niet-uniek	Bestand	Diverse	Corrigeren of weigeren
QC1f	Gegeven onvolledig	Gegeven	Diverse	Aanvullen of weigeren
QC1g	Gegeven conflicteert	Bestand	Diverse	Corrigeren of weigeren
QC1h	Status onbekend	Bestand	Diverse	Corrigeren of weigeren
QC1i	Administratief conflict	Bestand	Diverse	Corrigeren of weigeren

Richtlijnen (preventie- en detectie):

QC1ab) Eenduidigheid format en datadefinitie

- (Standaard:) Gebruik open, eenduidig en expliciet gedefinieerde dataformats, datadefinities en datamodellen bij opslag en uitwisseling van gegevens.
- (Aanbevolen:) Sla datums en tijdstippen op in Coördinated Universal Time (UCT) of Nederlandse wintertijd (UCT+1) en maak de keuze expliciet. Reken gegevens bij data-uitwisseling of presentatie indien nodig om.

QC1c) Correctheid format

- (Standaard:) Controleer bij invoer van een bestand in een databaseersysteem of deze voldoet aan de regels van het opgegeven format.

QC1d) Correctheid datadefinitie

- (Standaard:) Controleer bij het invoeren van gegevens in een databaseersysteem of deze voldoen aan de regels van de opgegeven datadefinities.

QC1ef) Uniciteit en volledigheid

- (Standaard:) Controleer bij invoer en opslag van gegevens in een databaseersysteem deze op volledigheid en uniciteit (zie voor de protocolafspraken daarover bijlage A).

QC1h) Status

- (Standaard:) Voorkom verschillen tussen lokaal en centraal opgeslagen data. Sla hiertoe data waar mogelijk centraal en eenmalig op, of wissel wijzigingen in lokale en centrale systemen uit (bij voorkeur automatisch via webservices) en synchroniseer de data.
- (Standaard:) Bewaar de originele gegevens, samen met de uitgevoerde correcties en (af)keurmerken

QC1i) Administratieve relaties en kardinaliteit

- (Aanbevolen:) Gebruik GPS, (lucht)foto's en locatieschetsen bij veldwerk om efficiënt en met zekerheid de juiste peilbuis te lokaliseren.
- (Aanbevolen:) Koppel meetgegevens van dataloggers aan het serienummer daarvan, om peilbuis- en filterverwisselingen te voorkomen.
- (Aanbevolen:) Maak administratieve relaties tussen verschillende gegevens expliciet, bijvoorbeeld door deze als *Foreign Keys* te definiëren in een relationele database.
- (Aanbevolen:) Controleer bij invoer en opslag van gegevens in een databaseersysteem of de onderlinge administratieve relaties en kardinaliteit correct zijn.

Algemeen

- (Aanbevolen:) Maak data-integriteitsproblemen zichtbaar, bijvoorbeeld door conflicterende gegevens rood te kleuren.
- (Standaard:) Los data-integriteitsproblemen op indien de oorzaak duidelijk is, of verwijder de conflicterende data

2.4 QC2: Meetinstrument

Definitie en afbakening:

Dit QC-onderdeel richt zich op het meetinstrument en de metingen die daarmee verkregen worden. De fouten en afwijkingen van meetinstrument en metingen zijn ofwel:

- Systematisch
- Toevallig

Systematische afwijkingen kunnen optreden bij of in het:

- Nulpunt (*bias* en drift)

- Meetbereik (*range bias*)
- Temperatuurinvloed
- Toenemende of afnemende meetwaarde (hysteresis)

Tot de toevallige fouten behoren:

- Haperingen
- Falen
- Ruis

Referentie:

Voor controle van het meetinstrument zijn onafhankelijke controlemetingen of ijkgegevens noodzakelijk als referentie. Onder controlemeting valt in principe elke meting die een andere controleert. In de praktijk van grondwaterstandsmonitoring worden de volgende metingen verricht en worden de volgende controlemetingen gebruikt als referentie:

- Tijd een tweede klok in apparaat, ander instrument of horloge
- Waterstand of -druk handmatige controlemetingen
- Luchtdruk luchtdrukmetingen op nabijgelegen meetstations van het KNMI

Meting van de lokale luchtdruk is niet aan de orde indien er geen druksensoren gebruikt worden, maar andere instrumenten zoals meetlinten of akoestische sensoren. Een complicerende factor is dat controlemetingen ook zelf fouten kunnen bevatten. De referentie is in dat geval niet volledig hard en werkt ook omgekeerd, van meting naar controlemeting. Het patroon en verloop van de verschillen tussen metingen en controlemetingen in de tijd kan daarbij de doorslag geven, waarmee dit QC-onderdeel raakt aan onderdeel QC4: Plausibiliteit.

QCLabels, status en afhandeling:

T.a.v. QC-onderdeel meetinstrument kent het protocol de volgende labels, met bijbehorende afhandeling en status:

Tabel 6. Overzicht van QC-labels met bijbehorende status en afhandeling op dit onderdeel

	QCLabel	Onderwerp	QCStatus	Afhandeling
QC2a	Tijdsverschuiving	Klok	Betrouwbaar	Corrigeren
QC2b	Nulpuntverschuiving	Sensor	Betrouwbaar	Corrigeren
QC2c	Afwijking meetbereik	Sensor	Betrouwbaar	Corrigeren
QC2d	Temperatuurafwijking	Sensor	Betrouwbaar	Corrigeren
QC2e	Hysteresis	Sensor	Betrouwbaar	Corrigeren
QC2f	Hapering klok	Klok	Ontbrekend	Labelen
QC2g	Hapering sensor	Sensor	Twijfelachtig	Corrigeren
QC2h	Falen sensor	Sensor	Onbetrouwbaar	Verwijderen
QC2i	Sterke ruis	Sensor	Onbetrouwbaar	Verwijderen
QC2j	Falen instrument	Instrument	Ontbrekend	Labelen

Richtlijnen (preventie- en detectie):

QC2a) Tijdsverschuiving (luchtdruk)

- *(Standaard:)* Meet de luchtdruk op een tijdstip en frequentie die ofwel gekoppeld en gelijk is aan die van de waterdruk, ofwel op een uurlijkse frequentie, om de tijdsverschillen tussen waterdruk- en luchtdrukmetingen te beperken
- *(Standaard:)* Doe geen verschilberekeningen t.b.v. luchtdrukcompensatie indien het meettijdstip meer dan één uur verschilt tussen de metingen.

QC2a) Tijdsverschuiving (waterstand of -druk)

- *(Standaard:)* Vergelijk de interne klok van de datalogger in het veld met die van de veldcomputer of het uitleesapparaat. Controleer bij verschillen van meer dan 15 minuten beide aan de hand van een horloge.
- *(Standaard:)* Keur de meetreeks af wanneer het tijdsverschil met meer dan 1 uur is toegenomen over de laatste uitleesperiode, en lineaire correctie niet verantwoord is.
- *(Standaard:)* Corrigeer afwijkingen in de loggerklok in het instrument zelf en in de ingewonnen data.
- *(Aanbevolen:)* Bewaar de opgetreden tijdsverschillen en toegepaste correcties.

QC2a) Tijdsverschuiving (waterstand of –druk, controlemeting)

- *(Standaard indien mogelijk:)* Verricht bij loggers die uitgelezen kunnen worden terwijl ze ondergedompeld zijn (bijv. de relatieve loggers van Keller of loggers met uitlezing op afstand) een actuele of zogenaamde *online* sensormeting.
- *(Alternatief:)* Gebruik lineaire interpolatie voor het berekenen van het verschil tussen sensor- en handmeting.
- *(Standaard:)* Zet de frequentie van de datalogger minimaal op standaard één meting per drie uur, opdat het tijdverschil met de handmatige controlemeting nooit groter is dan dat.
- *(Standaard:)* Doe ook bij historische data geen verschilberekening t.b.v. controle en correctie indien het meettijdstip meer dan vier uur verschilt.

QC2b) Nulpuntverschuiving (luchtdruk)

- *(Aanbevolen:)* Vergelijk de lokale luchtdrukmetingen met die van het dichtstbijzijnde KNMI-station.
- *(Aanbevolen:)* Corrigeer de nulpuntverschuiving met behulp van een lopend mediaanfilter.
- *(Aanbevolen:)* Keur de sensor (d.w.z. niet per definitie ook de datalogger als deze meerdere sensoren bevat) af indien er een nulpuntsverschuiving is opgetreden van meer dan 5 cm H₂O over de laatste uitleesperiode.

QC2b) Nulpuntverschuiving (waterstand of -druk)

- *(Standaard:)* Bezoek elke peilbuis minimaal 2 keer per jaar ter controle en handmatige controlemeting
- *(Aanbevolen:)* Bezoek elke peilbuis liefst 3 à 4 keer per jaar ter controle en handmatige controlemeting

- *(Standaard:)* Maak een notitie indien de datalogger uit het water gehaald moet worden om een handmeting te doen.
- *(Standaard:)* Controleer de inhangdiepte na plaatsing in de buis aan de hand van minimaal twee handmatige controlemetingen over een periode van minimaal één jaar, en corrigeer de afwijking wanneer deze groter is dan 2 cm H₂O.
- *(Aanbevolen:)* Sla direct meetbare, fysische eigenschappen zoals de kabellengte apart op, naast de afwijking van het nulpunt van de sensor.
- *(Aanbevolen:)* Voer een lineaire correctie uit van de nulpuntverschuiving of drift wanneer deze groter is dan 2 cm H₂O
- *(Standaard:)* Vervang de logger indien het verschil met de controlemetingen met meer dan 5 cm H₂O is toegenomen over de laatste uitleesperiode (van maximaal een half jaar).

QC2d) Temperatuurafwijking (luchtdruk)

- *(Aanbevolen:)* Corrigeer temperatuurafwijkingen met behulp van een lopend mediaanfilter (zie ook de Meij en von Asmuth, 2011).

QC2f) Hapering klok

- *(Standaard:)* Keur de datalogger af wanneer de klok hapert of defect is.

QC2gh) Hapering en falen sensor

- *(Standaard:)* Keur de metingen en sensor (!) af indien deze hapert of defect is.
- *(Aanbevolen:)* Keur luchtdrukmetingen af waarvan het verschil in luchtdruk met de omringende KNMI-stations groter is dan 7 cm H₂O.

QC2i) Sterke meetruis

- *(Standaard:)* Indien de standaarddeviatie van de ruis groter is dan 5 cm, controleer dan of de oorzaak gelegen is in bijv. de klok van water- en/of luchtdruksensor en opgelost kan worden. Zo niet, keur metingen en sensor (!) af.

QC2j) Falen instrument

- *(Standaard:)* Vervang het instrument indien dat faalt, en label de periode met ontbrekende waarnemingen als zodanig in de database.

2.5 QC3: Consistentie

Definitie en afbakening:

Dit QC-onderdeel richt zich op de vraag of gegevens over of van de:

- Meetreeksen
- Meetopstelling

in tegenspraak met elkaar zijn, voor zover deze een fysische of logische, harde relatie met elkaar hebben. Deze relaties kunnen bestaan tussen of binnen:

- De meetreeks of meetopstelling zelf
- De meetreeks en meetopstelling onderling

Gegevens kunnen op verschillende manieren een relatie met elkaar hebben, zoals:

- Chronologisch
- Ruimtelijk
- Fysisch
- Chemisch
- Administratief

Het laatste punt rekenen we hier tot onderdeel QC1: Data-integriteit. Ook eenvoudige fysisch-logische relaties (zoals die binnen de meetreeks of meetopstelling zelf) reken we tot dat onderdeel, omdat deze vaak ook omgeschreven kunnen worden naar een administratieve relatie (zie ook QC1, paragraaf 2.3). Dit onderdeel raakt ook aan QCo: Meetopstelling, omdat consistentiecontroles periodieke problemen aan het licht kunnen brengen die zich voordoen in de meetopstelling, zoals droogval van het filter of overlopen van de peilbuis.

Referentie:

Bij QC-onderdeel consistentie wordt de referentie gevormd door de harde, logische relaties die bestaan tussen verschillende gegevens. Je kunt ook zeggen dat het ene gegeven daarbij het andere controleert, en vice versa. De uitkomst van consistentiecontroles is hard of tweewaardig: bij een consistentieprobleem zit er met zekerheid een fout in de gegevens. Consistentiecontroles kunnen echter niet zonder meer duidelijk maken wélk van beide conflicterende gegevens foutief is.

QCLabels, status en afhandeling:

T.a.v. QC-onderdeel consistentie kent het protocol de volgende labels, met bijbehorende afhandeling en status:

Tabel 7. Overzicht van QC-labels met bijbehorende status en afhandeling op dit onderdeel

	QCLabel	Onderwerp	QCStatus	Afhandeling
QC3a	Droogval buis	Buis	Gecensureerd	Onder kant buis controleren en/of labelen
QC3b	Droogval filter	Filter	Gecensureerd	Corrigeren en/of labelen
QC3c	Droogval sensor	Sensor	Gecensureerd	Corrigeren en/of labelen
QC3d	Vollopen buis	Locatie en buis	Onbetrouwbaar	Instroom voorkomen, corrigeren en/of labelen
QC3e	Overlopen buis	Buis	Onbetrouwbaar	Drukstop plaatsen, corrigeren en/of labelen

Richtlijnen (preventie- en detectie):

Algemeen

- (Standaard:) Controleer de desbetreffende gegevens (te vinden in bijlage B) bij invoer en opslag in een databaseersysteem (lokaal of centraal) op inconsistentie of tegenspraak met andere gegevens.
- (Standaard:) Visualiseer de (beperkingen van) de meetopstelling en meetgegevens in ruimte en tijd in samenhang, controleer de logische relaties daartussen.
- (Standaard:) Los inconsistenties tussen verschillende gegevens op indien de oorzaak duidelijk is, of verwijder de conflicterende data

2.6 QC4: Plausibiliteit

Definitie en afbakening:

Dit QC-onderdeel richt zich op de vraag hoe waarschijnlijk of plausibel (meet)gegevens zijn gezien:

- Metingen op andere momenten in de tijd
- Metingen op andere locaties in de ruimte
- Metingen van andere parameters
- Vakinhoudelijke- en meetnetkennis

De basis van de controles wordt gevormd door de statistische, graduele relatie die de gegevens met elkaar hebben. Gegevens kunnen daarbij beoordeeld worden als :

- Individuele waarde (uitbijter)
- Koppel
- Groep

Karakteristieken om gegevenskoppels op te beoordelen zijn hun:

- Verschil (verwisseling en gradiënt)
- Kruiscorrelatie (verklaring)

Een geavanceerde methode om meetgegevens te beoordelen op de mate waarin ze door andere verklaard kunnen worden is gebruik van een tijdreeksmodel, dat in essentie neerkomt op beoordeling van de kruiscorrelatie(s). Karakteristieken om groepen gegevens op te beoordelen zijn hun:

- Gemiddelde (sprong)
- Variantie (variatie)
- Autocorrelatie (samenhang)

Het uiteindelijke doel is het maken van onderscheid tussen:

- Meet- of verwerkingsfouten
- Feitelijk afwijkende of extreme toestanden

Bij toepassing van plausibiliteitscontroles is behoud en zo mogelijk verbetering van de informatie over de feitelijke optredende extremen essentieel. De optredende extremen zijn van onevenredig groot belang, omdat deze een onevenredig groot effect kunnen hebben.

Referentie:

Bij QC-onderdeel Plausibiliteit wordt de referentie gevormd door de complexe, statistische relatie die gegevens met elkaar hebben. Ook hier controleert het ene gegeven dus het andere, maar de uitkomst van plausibiliteitscontroles is graduëel of zacht van aard: de controles brengen de mate van afwijkendheid in kaart, maar maken daarmee niet zonder meer duidelijk maken of de gevonden afwijkingen feiten zijn of fouten. Het is daarom van groot belang om plausibiliteitscontroles met de nodige zorgvuldigheid toe te passen, en alleen harde conclusies te trekken bij 'aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid', zoals te doen gebruikelijk bij statistisch onderzoek.

QCLabels, status en afhandeling:

T.a.v. QC-onderdeel consistentie kent het protocol de volgende labels, met bijbehorende afhandeling en status:

Tabel 8. Overzicht van QC-labels met bijbehorende status en afhandeling op dit onderdeel

	QCLabel	Onderwerp	QCStatus	Afhandeling
QC4a	Onwaarschijnlijke waarde	Koppel	Diverse	Labelen
QC4b	Filterverwisseling	Koppel	Diverse	Corrigeren
QC4c	Onwaarschijnlijke sprong	Groep	Diverse	Corrigeren of labelen
QC4d	Onvoldoende variatie	Groep	Diverse	Labelen
QC4e	Onvoldoende samenhang	Groep	Diverse	Labelen

Richtlijnen (preventie- en detectie):

QC4a) Waarschijnlijkheid waarde

- (Aanbevolen:) Beoordeel de waarschijnlijkheid van individuele meetwaarden niet op basis van de meetreeks zelf, maar op basis van het verschil met en/of verklaring door andere reeksen (bijv. neerslag, bronneringen, oppervlaktewater, etc.)

Algemeen

- (Aanbevolen:) Trek harde conclusies uit plausibiliteitscontroles alleen bij 'aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid', zoals te doen gebruikelijk bij statistisch onderzoek.
- (Aanbevolen:) Gebruik automatische plausibiliteitscontroles als hulpmiddel voor het opsporen van grotere fouten en afwijkende meetgegevens.
- (Aanbevolen:) Schoon fouten in bestaande meetreeksen op, en/of gebruik robuuste controlemethoden.
- (Aanbevolen:) Gebruik waar nodig methoden die rekening houden met variabele aantallen en meetfrequenties, en scheef verdelingen.
- (Standaard:) Visualiseer nieuwe metingen samen met de bestaande meetreeks en meetopstelling. Controleer aldus nieuwe invoer in een data-opslagsysteem op afwijkend en onwaarschijnlijk gedrag en waarden.
- (Standaard:) Visualiseer uitbijters in de meetgegevens samen met de statistische karakteristieken van de bestaande meetreeks en resultaten van de detectiemethode (histogram, gefitte verdeling, detectiegrenzen, etc.).

- *(Standaard:)* Bevestig geautomatiseerd toegekende labels handmatig, pas deze aan en/of voeg een toelichting toe.
- *(Standaard:)* Bewaar de originele gegevens, toegekende labels en correcties.

2.7 QC5: Synthese

Definitie en afbakening:

Dit QC-onderdeel geeft een samenvatting en eindoordeel, op basis van de uitkomsten van alle andere uitgevoerde controles en correcties. Het richt zich op de vraag hoe:

- Betrouwbaar
- Nauwkeurig
- Bruikbaar

de uiteindelijk verkregen gegevens zijn, over of van de:

- Meetreeksen
- Meetopstelling

Dit onderdeel omvat aldus het onderwerp en eerdere onderdeel 'Nauwkeurigheid' dat voorgeschreven is vanuit de KRW, maar is breder dan dat. Het is Pro Memorie opgenomen, en wordt in een later stadium verder uitgewerkt.

2.8 Hercontrole van gegevens uit het verleden

Toelichting en definitie:

De controles op data-integriteit en consistentie (QC1, QC2) uit de vorige paragrafen zijn relatief eenvoudig te programmeren en uit te voeren, en detecteren als resultaat gegevens die zeker fout zijn. Om die reden dienen dergelijke controles standaard uitgevoerd te worden.

Deze en de andere controles uit dit protocol (QCo, QC3, QC4) zijn in het verleden veelal niet of slechts in zeer beperkte mate uitgevoerd. Om een uniforme en hoge kwaliteit van ook die gegevens te bewerkstelligen is het nodig om alle bestaande data eenmalig opnieuw te controleren en waar nodig te corrigeren en herkeuren. Verschillende partijen zijn inmiddels hiertoe over gegaan, of hebben dit traject al afgerond.

Richtlijnen:

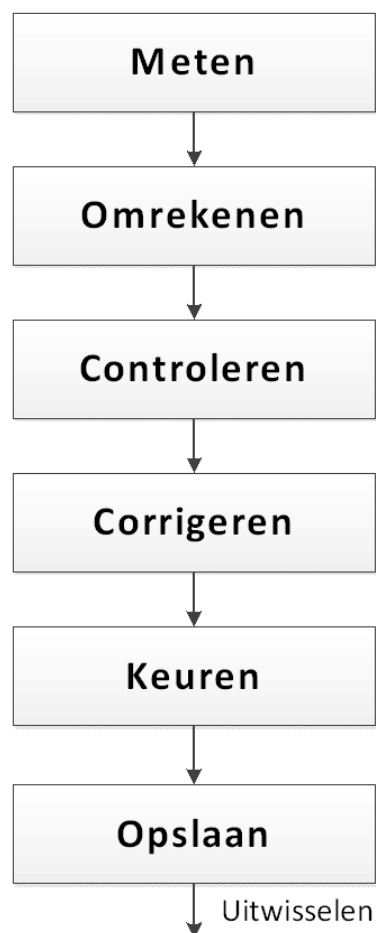
- *(Aanbevolen:)* Voer alvorens op dit protocol over te stappen, eenmalig een volledige hercontrole en hercorrectie uit van de voorhanden zijnde basisdata, om waar mogelijk gemaakte fouten in het verleden alsnog op te sporen en herstellen. Hou hierbij rekening met het aanleveren van de herziene gegevens aan TNO.

3 Proces

3.1 Inleiding

Zoals ook uit (Von Asmuth en Van Geer, 2015) naar voren kwam zitten er veel verschillende aspecten aan het begrip datakwaliteit, die niet eenvoudig af te bakenen of van elkaar te onderscheiden zijn. Daarnaast maakt het veel uit welk gezichtspunt men kiest: dat van de individuele meetnetbeheerder die dagelijks in de weer is om stap voor stap aanvullende meetgegevens te verzamelen of dat van de (lokale, DINO of BRO) databasebeheerder die de gegevens in bulk krijgt aangeleverd.

Mede vanwege de tot dan toe voorhanden zijnde methoden en richtlijnen over datakwaliteitscontrole, is er in de voorbereidende rapporten voor gekozen om het QC-of foutentype als uitgangspunt en ordenend principe te gebruiken. Dit leidt tot een waardevolle, maar op zichzelf tamelijk technisch-inhoudelijke systematiek en terminologie, die minder goed toegankelijk is voor de individuele meetnetbeheerder voor wie dit protocol in hoofdzaak bedoeld is. We kiezen vanaf hier de stappen in het werkproces van de meetnetbeheerder als uitgangspunt, inclusief rekenstappen en hulpmiddelen die zij of hij daarbij gebruikt. Deze focus op het werkproces geeft een minder theoretisch en makkelijker toegankelijk resultaat, en in beperkte mate ook nieuwe inzichten. Het heeft als nadeel dat zogenaamde QA en QC-aspecten (zie Von Asmuth en Van Geer, 2015, paragraaf 2.2.2) daarbij in sterkere mate door elkaar heen lopen. Tegelijkertijd sluit het QC-protocol hierdoor wellicht beter aan op de QA-richtlijnen die de gemeenschappelijke provincies nog op zullen stellen.



Figuur 5. Stappen in het proces van meting tot definitieve meetreeks

3.2 Stappen in het meetproces

Terwijl hoofdstuk 2 van dit protocol generiek is en bijv. net zo goed op historische data toegepast kan worden, richten we ons in de komende hoofdstukken vooral op het actuele monitoringsproces en het inwinnen van nieuwe data. Het protocol behandelt daarbij de volgende stappen in het proces van meting tot opslag van de definitieve meetreeks (zie ook Figuur 5):

- **Meten** het meetproces en de specificaties daarvan (bijv. frequentie)
- **Omrekenen** rekenstappen die genomen worden om tot de gewenste gegevens te komen (bijv. omrekening naar waterkolom)
- **Controleren** het vergelijken van (karakteristieken van) de metingen en referentie daarvoor (bijv. vergelijking van hand- en loggermeting)
- **Corrigeren** bijstellen van systematische afwijkingen (bijv. van de loggerklok)

- **Keuren** goed- of afkeuren van data en/of logger, wanneer de fout groter is dan het gestelde criterium
- **Opslaan** het vastleggen van de gegevens, en de vorm en inhoud daarvan. Opslag is niet het eindstation, de gegevens moeten ook uitgewisseld kunnen worden.

Naast een onderverdeling in controles en richtlijnen per stap maakt het protocol waar nodig ook onderscheid in datatypen (luchtdruk, waterdruk of –hoogte, tijdsregistratie), afhankelijk van de precieze werkwijze (waarover hieronder meer).

3.3 Verschil in werkwijze en gebruikte hulpmiddelen

Verschillende partijen winnen hun grondwaterstands- en stijghoogtegegevens voor een deel op verschillende manieren in, en met verschillende hulpmiddelen. Zo kunnen de gebruikte typen (druk)sensoren en hun specificaties verschillen. Soms wordt telemetrie toegepast voor het automatisch en regelmatig verzenden van de nieuwe metingen, maar vaak ook niet. Daarnaast verschilt ook de software die gebruikt wordt voor de data-opslag, data-inwinning en datacontrole. Als laatste zijn niet alle meetpunten uitgerust met automatische sensoren. We lichten hieronder de belangrijkste verschillen en hun consequenties kort toe.

Hand- versus sensormetingen

Alhoewel de toepassing van sensoren bij grondwatermonitoring een grote vlucht heeft genomen over het afgelopen decennium, wordt (in sommige provincies) een deel van de meetpunten nog steeds volledig handmatig opgenomen. Het gebruik van sensoren fungeert daarbij als complicerende factor voor de verwerking en datakwaliteitscontrole (voor toelichting, zie Von Asmuth en Van Geer, 2015). Bij toepassing van dit protocol op volledig handmatig waargenomen meetreeksen vervalt onderdeel QC2, en die delen van QC1 en QC3 die uitsluitend betrekking hebben op sensoren.

Sensortype:

Op moment van schrijven worden voor grondwatermonitoring in hoofdzaak druksensoren gebruikt, maar daarnaast bestaan bijv. ook akoestische sensoren en sensoren die gebruikmaken van radar. Bij druksensoren is er dan weer onderscheid te maken in meting van de:

1. Totale druk
2. Sensor-luchtdrukgecompenseerde waterdruk
3. Fysiek-luchtdrukgecompenseerde waterdruk

en maakt het uit of de sensor *online* uitgelezen kan worden, terwijl hij ondergedompeld is, of niet. Dit maakt dat niet elke stap relevant of mogelijk is voor elk type sensor, wat is aangegeven door de toevoeging '(indien relevant)' achter de desbetreffende stap of paragraaf.

Telemetrie:

Bij gebruik van telemetrie worden de meetgegevens direct vanuit het veld verzonden naar de meetnetbeheerder op kantoor, via het GSM of LORA netwerk. Op de sensoren die gebruikt worden, en de afwijkingen die deze vertonen, heeft dit in principe geen invloed. In de huidige praktijk worden daarom ook bij gebruik van telemetrische dataloggers handmatige controlemetingen en dus periodiek veldwerk verricht. De controles en controlestappen die in dit protocol beschreven staan, kunnen en dienen daarom op dezelfde wijze toegepast worden op telemetrisch ingewonnen data.

Het gebruik van telemetrie leidt echter wel tot een versneld en actueel zicht op de meetgegevens, wat de kans op dataverlies reduceert en de meetnetbeheerder de kans geeft om problemen en afwijkingen vroegtijdig te detecteren en controles real time toe te passen. Inzet van telemetrie behoeft daarom speciale aandacht, en kan leiden tot verbijzondering van dit protocol.

Software:

Verschillende provincies en hun waterpartners maken gebruik van verschillende programma's voor het inwinnen en beheren van grondwatergegevens. Op de totstandkoming van dit protocol zal een traject volgen waarin de voor dit protocol ontwikkelde en daartoe behorende QC-Wizard wordt gekoppeld aan de bestaande en gebruikte programmatuur.

4 Meten

4.1 Inleiding

Onder de noemer 'meten' verstaan we hier het inwinnen van nieuwe metingen en meetreeksen van luchtdrukken, waterdrukken en/of waterstanden. Alhoewel het eigenlijke meten inmiddels grotendeels door sensoren wordt gedaan, vormt het veldwerk dat nodig is voor het uitlezen en doen van handmatige controles nog steeds de kern van dit protocol.

Dit protocol onderscheidt het meten van de a) luchtdruk (indien relevant) en b) waterdruk en/of waterstand in het veld.

4.2 Luchtdruk (indien relevant)

Toelichting en definitie:

Het gebruik van druksensoren is op moment van schrijven de dominante meettechniek bij grondwatermonitoring, maar niet de enige. Het meten van de luchtdruk verdient specifiek aandacht in dit protocol, omdat het door verschillende partijen op verschillende manieren gebeurt. De ruimtelijke variatie van de luchtdruk is minder dan die van de grondwaterstand, waardoor men in principe met een minder dicht meetnet toe kan. In de praktijk van de grondwatermonitoring werden of worden luchtdrukgegevens op de volgende manieren ingewonnen:

1. Een eigen luchtdruksensor per individuele peilbuis (relatieve Keller loggers)
2. Een of meer eigen luchtdruksensoren per deelgebied
3. Download van luchtdrukgegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-station

Een belangrijk praktisch voordeel van de derde optie is dat daarmee het meet- en controleproces vervalt voor de grondwatermeetnetbeheerder. Aan de andere kant kost bij gebruik van relatieve Keller-loggers het afzweren van het gebruik van de eigen luchtdrukmetingen meer tijd en geld dan het voorzetten ervan (vanwege het feit dat luchtdruksensoren daar standaard zijn ingebouwd in de datalogger). We volstaan hier met een richtlijn t.a.v. de tweede optie, die inmiddels echter minder vaak toegepast wordt.

Richtlijnen:

- *(Standaard bij gebruik van een of meer eigen luchtdruksensoren per deelgebied:)* Meet de luchtdruk op een tijdstip en frequentie die ofwel gekoppeld en gelijk is aan die van de waterdruk, ofwel op een uurlijkse frequentie, om de tijdsverschillen tussen waterdruk- en luchtdrukmetingen te beperken.

4.3 Waterdruk en/of -stand

Toelichting en definitie:

Het meten van de waterstand in een peilbuis vindt per definitie lokaal en in het veld plaats. Alhoewel ter plaatse vaak meer parameters gemeten worden (bijv. temperatuur en/of luchtdruk), en sensoren doorlopend peilen kunnen meten en door kunnen sturen via telemetrie, staat veldwerk nog steeds centraal in het meetproces. Tijdens het veldwerk wordt de peilbuis bezocht voor het doen van een handmatige controlemeting en uitlezen van de aanwezige datalogger. Het veldwerk verloopt per peilbuis(filter) in vier of vijf stappen:

1. Lokaliseren van peilbuis en peilbuisfilter
2. (Indien mogelijk:) Actuele loggermeting
3. Handmatige controlemeting
4. Uitlezen datalogger
5. Controleren

Richtlijnen:

Veldwerkfrequentie:

- *(Standaard:)* Bezoek elke peilbuis minimaal 2 keer per jaar ter controle en handmatige controlemeting
- *(Aanbevolen:)* Bezoek elke peilbuis liefst 3 à 4 keer per jaar ter controle en handmatige controlemeting

Lokaliseren van peilbuis en peilbuisfilter:

- *(Aanbevolen:)* Gebruik GPS, (lucht)foto's en locatieschetsen om met zekerheid het juiste peilbuisfilter te lokaliseren.

Actuele loggermeting:

- *(Standaard indien mogelijk:)* Verricht bij loggers die uitgelezen kunnen worden terwijl ze ondergedompeld zijn (bijv. de relatieve loggers van Keller of loggers met uitlezing op afstand) een actuele of zogenaamde *online* sensormeting.
- *(Alternatief:)* Zet de frequentie van de datalogger minimaal op standaard één meting per drie uur, opdat het tijdsverschil met de handmatige controlemeting nooit groter is dan dat.

Handmatige controlemeting:

- *(Standaard:)* Maak een notitie indien de datalogger uit het water gehaald moet worden om een handmeting te doen.

Uitlezen datalogger:

- *(Aanbevolen:)* Koppel de verzamelde gegevens aan het (vooraf bekende) serienummer van de datalogger, zodat er geen peilbuis- en filterverwisselingen plaats kunnen vinden.

Controleren:

Welke controles direct in het veld en welke later op kantoor plaats kunnen vinden hangt af van de mogelijkheden van de gebruikte instrumenten en software. Het controleren van de gegevens vormt een apart, vijfde hoofdstuk van dit protocol. We volstaan hier met een verwijzing naar dat hoofdstuk.

5 Omrekenen

5.1 Inleiding

De waterstand-, waterdruk-, luchtdruk- en/of handmatige controlemetingen die tijdens het meetproces zijn ingewonnen, zijn te beschouwen als ruwe gegevens die omgezet en omgerekend moeten worden om te komen tot de definitieve grondwaterstands- en stijghoogtereeksen. Zolang deze rekenstappen eenduidig, exact en reproduceerbaar zijn beïnvloeden ze de datakwaliteit niet. Een aantal berekeningen zijn echter niet volledig eenduidig en exact, of vatbaar voor fouten. Omdat dergelijke stappen de datakwaliteit wel kunnen beïnvloeden, zijn daarvoor definities en richtlijnen opgenomen in dit protocol.

Dit protocol onderscheidt het be- of omrekenen van a) de tijdsregistratie, b) het verschil tussen metingen, c) de lokale luchtdruk, d) waterdruk naar waterkolom en e) waterkolom of waterdiepte naar stijghoogte of grondwaterstand.

5.2 Tijdsregistratie

Toelichting en definitie:

Direct of indirect dient bij iedere meting een tijdstip ingevoerd te worden of geregistreerd te zijn. Naast fouten in de tijdsbepaling die onder het hoofdstuk 'controleren en afhandelen' vallen, moet ook de gebruikte tijdseenheid (zomer- en wintertijd of alleen wintertijd) die verschillende externe databronnen hanteren (instrumenten, software, hardware, horloge) indien nodig omgerekend worden.

Richtlijnen:

- (Aanbevolen:) maak en hanteer een overzicht van hoe verschillende externe databronnen omgaan met zomer- en wintertijd en hoe de daarin voorkomende tijd aldus geïnterpreteerd dient te worden. Dit is met name voor verschilberekeningen van belang.
- (Aanbevolen:) sla datums en tijdstippen op in Coördinated Universal Time (UCT) of Nederlandse wintertijd (UCT+1) en maak de keuze expliciet. Reken gegevens bij data-uitwisseling of presentatie indien nodig om.

5.3 Verschilberekening

Toelichting en definitie:

Bij verschillende stappen in het meet- en controleproces worden verschillende meetwaarden van elkaar afgetrokken om verschillen te berekenen:

1. Luchtdrukcompensatie (indien relevant)
2. Vergelijking eigen- en KNMI-luchtdruk (indien relevant)
3. Vergelijking hand- en loggermeting

Onderstaande richtlijnen gelden omdat de meetwaarden die van elkaar afgetrokken zijn niet altijd op hetzelfde ogenblik gemeten kunnen zijn.

Richtlijnen:

Luchtdrukcompensatie en -vergelijking:

- (Standaard:) Doe geen verschilberekeningen tussen metingen indien het meettijdstip meer dan één uur verschilt.

Waterstanden en -drukken:

- (Standaard:) Gebruik actuele, *online* sensormetingen of lineaire interpolatie voor het berekenen van het verschil tussen sensor- en handmeting.
- (Standaard:) Doe geen verschilberekening indien het meettijdstip meer dan vier uur verschilt.

5.4 Luchtdruk (indien relevant)

Toelichting en definitie:

Bij gebruik van luchtdrukgegevens van het KNMI ligt het meet- en controleproces en de verantwoordelijkheid daarvoor bij het KNMI. De luchtdruk ter plaatse van het KNMI-station is doorgaans echter niet exact gelijk aan de luchtdruk ter plaatse van de peilbuis en ter hoogte van het waterspiegel. Het KNMI publiceert haar luchtdrukgegevens standaard omgerekend naar NAP-niveau.

Richtlijnen:

- (Aanbevolen:) Reken KNMI-luchtdrukmetingen om van NAP-niveau naar de hoogte van de waterspiegel in de peilbuis. Gebruik hiervoor de formule uit het KNMI-handboek, zie bijlage C (KNMI, 2000).
- (Aanbevolen:) Schat de luchtdruk ter plaatse van de peilbuis m.b.v. de metingen van de omliggende KNMI-stations en interpolatie.

5.5 Waterdruk (indien relevant)

Toelichting en definitie:

Bij gebruik van druksensoren dient de gemeten druk omgerekend te worden naar de waterkolom boven de sensor. In deze omrekening spelen twee parameters een rol die doorgaans niet exact of niet exact bekend zijn:

- De dichtheid van het water (boven de sensor)
- De valversnelling

De fout die afwijkingen in deze parameters introduceren is afhankelijk van de hoogte van de waterkolom zelf, en beperkt in omvang (bij 5 meter waterkolom is de totale omrekenfout, typefouten uitgezonderd, bij zoet water doorgaans maximaal 1.25 cm (zie ook Von Asmuth, 2011). Aan de andere kant zijn slordigheden en andere fouten hierbij makkelijk te voorkomen door de gebruikte parameterwaarden te bewaren.

Richtlijnen:

- (Standaard:) Bewaar alle relevante originele gegevens, incl. omrekenparameters.

5.6 Waterkolom of waterdiepte

Toelichting en definitie:

Als laatste stap dient de hoogte van de waterkolom boven de sensor (of afstand van de sensor tot de waterspiegel bij akoestische meetinstrumenten) omgerekend te worden naar de uiteindelijke stijghoogte of grondwaterstand. Om dat te kunnen doen dient bekend te zijn (naast meer eenduidige parameters als de hoogte van het meetpunt of bovenkant van de peilbuis):

- De inhangdiepte of hoogte van de sensor
- De dichtheid van het water (boven het filter)

De waterdichtheid is hier vooral van belang bij monitoring van brak of zout grondwater, o.a. i.v.m. verschillen tussen de waterdichtheid in de peilbuis en die in zijn directe omgeving. Dit punt valt buiten de eigenlijke datacontrole c.q. buiten dit protocol, en noemen we hier pro memorie (zie echter ook Post en Von Asmuth, 2013).

Richtlijnen:

- *(Standaard:)* Controleer de inhangdiepte na plaatsing in de buis aan de hand van minimaal twee handmatige controlemetingen over een periode van minimaal één jaar, en corrigeer de afwijking wanneer deze groter is dan 1 cm H₂O.
- *(Aanbeveling:)* Sla direct meetbare, fysische eigenschappen zoals de kabellengte apart op, naast de afwijking van het nulpunt van de sensor.

6 Controleren, corrigeren en keuren

6.1 Inleiding

Het corrigeren en keuren van de nieuw ingewonnen en omgerekende meetreeksen, op basis van voorgeschreven controles, vormt de kern van dit protocol. Naast de inhoudelijke aspecten (wat controleer en corrigeer je hoe, wat zijn de criteria bij keuring) is hier ook de procesmatige kant van belang (wie doet wat waar en wanneer). Voor het laatste is van belang dat de oorzaak en ontwikkeling van verschillen tussen de sensor- en controlemetingen pas goed na verloop van tijd, en op basis van meerdere verschillen beoordeeld kan worden.

Dit protocol onderscheidt het controleren, corrigeren en keuren van a) de tijdsregistratie, b) de luchtdruk (indien relevant), c) de waterstand (voorlopig), d) de waterstand (definitief)

6.2 Tijdsregistratie

Toelichting en definitie:

Direct of indirect dient bij iedere meting een tijdstip ingevoerd te worden of geregistreerd te zijn. Naast verschillen in de gebruikte tijdseenheid (zomer- en wintertijd of alleen wintertijd) die onder het hoofdstuk 'omrekenen' vallen, kunnen er ook fouten in de tijdsbepaling of klok optreden. Hierop wordt in het veld gecontroleerd.

Richtlijnen:

Controle:

- (Standaard:) Vergelijk de interne klok van de datalogger in het veld met die van de veldcomputer of het uitleesapparaat. Controleer bij verschillen van meer dan 15 minuten beide aan de hand van een horloge.

Correctie:

- (Standaard:) Corrigeer afwijkingen in de loggerklok in het instrument zelf en/of in de ingewonnen data.
- (Aanbevolen:) Bewaar de opgetreden tijdsverschillen en toegepaste correcties.

Keuring:

- (Standaard:) Keur de meetreeks af wanneer het tijdsverschil met meer dan 1 uur is toegenomen over de laatste uitleesperiode, en lineaire correctie niet verantwoord is.
- (Standaard:) Keur de datalogger af wanneer de klok anderszins hapert of defect is.

6.3 Luchtdruk (indien relevant)

Toelichting en definitie:

Zoals ook in paragraaf 3.2 aan de orde is gekomen worden luchtdrukgegevens door verschillende partijen op verschillende manieren ingewonnen (en soms in het geheel niet). Controle, correctie en keuring van luchtdrukgegevens is slechts relevant indien deze met eigen sensoren worden ingewonnen. Controle kan dan plaatsvinden aan de hand van de luchtdrukmetingen van het dichtstbijzijnde KNMI-station.

Richtlijnen:

Controle:

- (Aanbevolen:) Vergelijk de lokale luchtdrukmetingen met die van het dichtstbijzijnde KNMI-station.

Correctie:

- (Aanbevolen:) Corrigeer systematische afwijkingen in het nulpunt met behulp van een lopend mediaanfilter.

Keuring:

- (Aanbevolen:) Keur metingen af waarvan het verschil in luchtdruk met de omringende KNMI-stations groter is dan 5 cm H₂O.
- (Aanbevolen:) Keur de sensor (!) af indien er een nulpuntsverschuiving is opgetreden van meer dan 5 cm H₂O over de laatste uitleesperiode.
- (Aanbevolen:) Keur de sensor (!) af indien deze anderszins hapert of defect is.
- (Aanbevolen:) Controleer de nieuw ingewonnen meetreeks op afwijkend en onwaarschijnlijk gedrag en waarden (plausibiliteit).

6.4 Waterstand (eerste controle)

Toelichting en definitie:

Zoals ook in paragraaf 3.2 aan de orde is gekomen hangt het van de mogelijkheden van de gebruikte instrumenten en software af welke controles direct in het veld en welke later op kantoor plaats kunnen vinden. Het belangrijkste instrument bij de controle, correctie en keuring is de handmatige controlemeting, naast plausibiliteits- en consistentiecontroles die daar ondersteunend aan zijn.

Richtlijnen:

Controle:

- (Standaard:) Voer onderstaande controles uiterlijk binnen één werkweek na het veldwerk uit, maar liefst direct in het veld.
- (Standaard:) Controleer de nieuwe meetreeks op consistentie (QC 2, paragraaf 2.3).
- (Aanbevolen:) Controleer de nieuwe meetreeks op plausibiliteit (QC 3, paragraaf 2.4).
- (Standaard:) Controleer het verschil tussen hand- en loggermeting (QC 4, paragraaf 2.5).

Correctie:

- (Aanbevolen:) Voer een voorlopige, lineaire correctie uit van de drift of een toenemende verschuiving van het nulpunt van de sensor wanneer deze groter is dan 1 cm H₂O

Keuring:

- (Standaard:) Vervang de logger indien het verschil met de controlemetingen met meer dan 5 cm H₂O is toegenomen over de laatste uitleesperiode (van maximaal een half jaar).
- (Standaard:) Vervang de logger indien deze anderszins hapert of defect is.
- (Standaard:) Label metingen of delen van de meetreeks waarbij droogval van de sensor is opgetreden als zodanig.
- (Standaard:) Label metingen of delen van de meetreeks waarbij peilen boven de bovenkant van de buis zijn opgetreden als zodanig, indien de buis niet artesisch is en onmogelijk kan inunderen.

6.5 Waterstand (definitieve controle)

Toelichting en definitie:

De oorzaak en ontwikkeling van verschillen tussen de sensor- en controlemetingen kan pas goed na verloop van tijd, en op basis van meerdere verschillen beoordeeld worden. Een incidenteel, groter verschil kan verschillende oorzaken hebben (toevallige hapering, tijdsverschil, fout in de controlemeting, etc.). Dit protocol gaat uit van een tweede, definitieve controle na een periode van één jaar.

Richtlijnen:

Controle:

- (Standaard:) Controleer de ontwikkeling van de verschillen tussen hand- en loggermetingen na een periode van één jaar.
- (Standaard:) Controleer de meetreeks op consistentie (QC 2, paragraaf 2.3).
- (Standaard:) Controleer de meetreeks op plausibiliteit (QC 3, paragraaf 2.4).

Correctie

- (Standaard:) Corrigeer drift of een toenemende verschuiving van het nulpunt van de sensor lineair, wanneer deze groter is dan 1 cm H₂O.

Keuring:

- (Standaard:) Label metingen of delen van de meetreeks, wanneer de drift of nulpuntsverschuiving met meer dan 5 cm H₂O is toegenomen over een van de uitleesperiodes, als onbetrouwbaar.
- (Standaard:) Label metingen of delen van de meetreeks waarbij anderszins haperingen of defecten van de logger zijn opgetreden als zodanig.
- (Standaard:) Label metingen of delen van de meetreeks waarbij droogval van de sensor is opgetreden als zodanig.
- (Standaard:) Label metingen of delen van de meetreeks waarbij peilen boven de bovenkant van de buis zijn opgetreden als zodanig, indien de buis niet artesisch is en onmogelijk kan inunderen.

7 Opslaan en uitwisselen

7.1 Inleiding

Het opslaan van de verzamelde gegevens vormt logischerwijze het sluitstuk van het eigenlijke monitoringsproces. Zonder opslag bestaat er geen eindproduct, zonder uitwisseling of uitlezen van de opslag echter ook geen gebruik daarvan. Data-opslag en uitwisseling zijn bij uitstek een onderwerp voor en uit de ICT-wereld, met de bijbehorende protocollen en 'best practices' die daar gelden en gehanteerd worden. Het is uiteraard niet zinvol om hier in te gaan op algemeen geldende ICT-richtlijnen m.b.t. dit onderwerp, we beperken ons tot die aspecten die betrekking hebben op het onderwerp datakwaliteitscontrole en het beschreven meetproces van grondwaterstanden en stijghoogtes.

Dit protocol definieert en geeft richtlijnen met betrekking tot de aspecten transparantie, reproduceerbaarheid en gegevensinhoud, en data-integriteit en resolutie.

7.2 Transparantie, reproduceerbaarheid en gegevensinhoud

Toelichting en definitie:

Om te kunnen beoordelen of een gegeven fout is of niet, kan het van belang zijn om het is het van belang dat het meet- en verwerkingsproces a) transparant en b) reproduceerbaar is. Transparantie houdt in dat helder en overzichtelijk wordt gemaakt wat de meetsituatie en het meet- en verwerkingsproces precies is geweest, en dat ook de achtergrond van eventuele subjectieve stappen of beoordelingen daarbij duidelijk is of toegelicht wordt. Transparantie heeft daarmee ook een relatie met visualisatie, reden waarom visuele controle een belangrijk onderdeel is van dit protocol. Reproduceerbaarheid sluit daarbij aan, en betekent dat niet alleen duidelijk is wat het verwerkingsproces precies is geweest, maar dat de uitgevoerde verwerkingsstappen zo nodig opnieuw beoordeeld en herzien kunnen worden.

Richtlijnen:

- (Standaard:) Bewaar zowel de originele gegevens, als de uitgevoerde omrekeningen, controles, correcties en keurmerken. Het gaat in het bijzonder per processtap om:
 - Meten: Tijd, waterdruk, luchtdruk (indien relevant)
 - Omrekenen: Parameters
 - Controleren: Controlemetingen
 - Corrigeren: Correcties
 - Keuren: QC-label, en QC-status
- (Standaard:) Visualiseer de originele gegevens samen met de definitieve, en waar relevant de verwerkingsstappen die daarop van invloed kunnen zijn (bijv. wijziging van de meetopstelling)

7.3 Data-integriteit en resolutie

Toelichting en definitie:

Het is in feite niet meer dan logisch dat ten aanzien van de eigen gegevensopslag en uitwisseling dezelfde criteria en richtlijnen gelden als diegene die gehanteerd worden bij import van externe gegevens van anderen. Die laatste worden behandeld in paragraaf 2.3, we volstaan hier met een referentie daarnaar.

Richtlijnen:

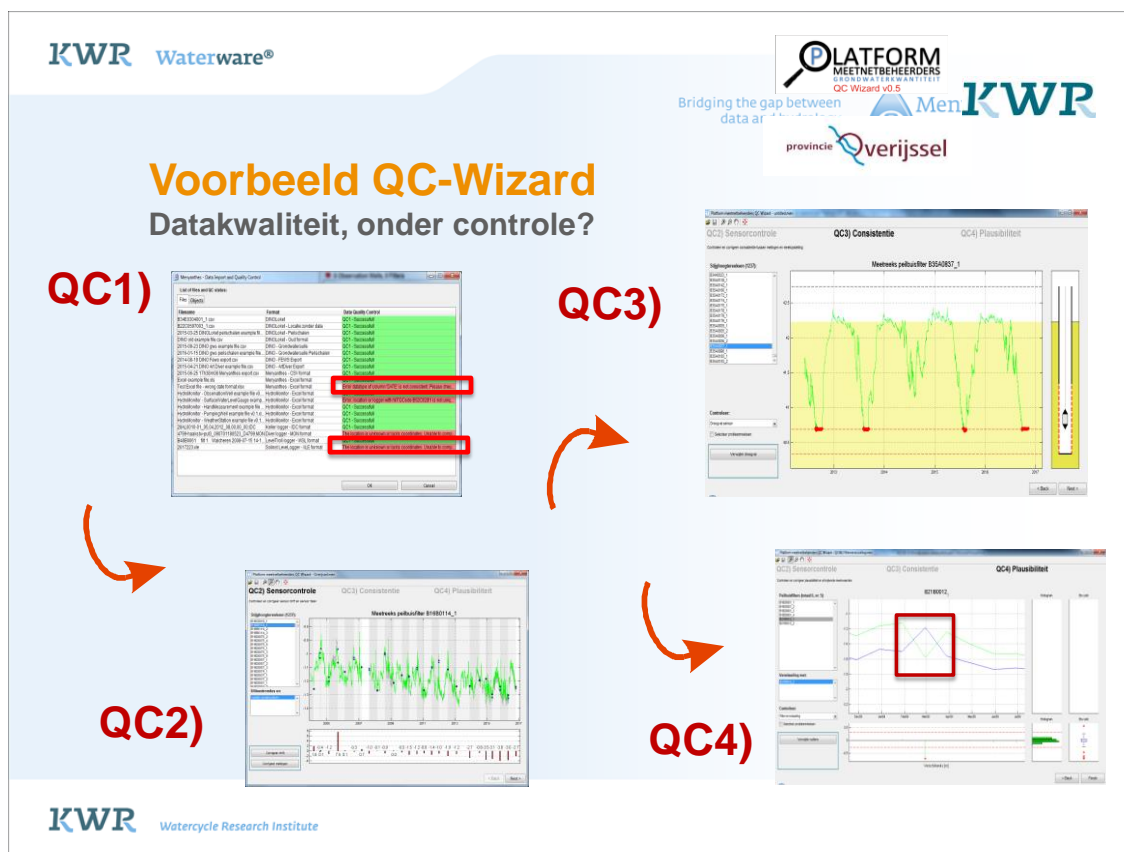
- (Standaard:) Ten aanzien van de data-integriteit van de eigen gegevensopslag en uitwisseling gelden de criteria en richtlijnen uit paragraaf 2.3.

- *(Standaard:)* Ten aanzien van de resolutie van de meetgegevens geldt dat standen minimaal op millimeterresolutie opgeslagen en uitgewisseld dienen te worden, en tijdsregistraties minimaal op minuutresolutie.

8 Softwarematige implementatie

8.1 De QC-Wizard: voorbeeld en evaluatiesoftware

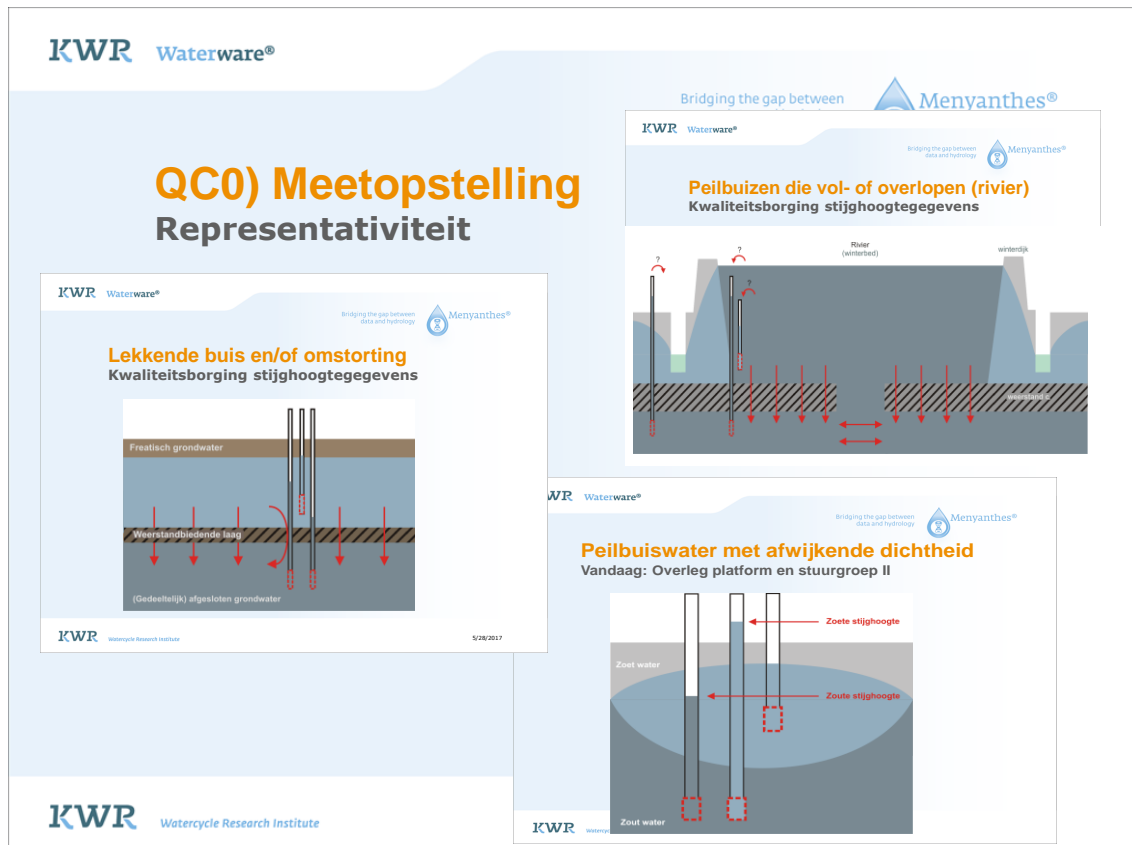
Zoals gezegd is QC-protocol versie 2.0 het resultaat van een project dat als pilot diende voor de softwarematige implementatie van het protocol, en als evaluatie van werkversie 1.0 van het protocol mede op basis daarvan. De vorm die de softwarematige implementatie heeft gekregen in deze pilot is die van een zogenaamde *Wizard*, waarin de verschillende controles per QC-onderdeel stapsgewijs doorlopen en getest kunnen worden (Figuur 6). De QC-Wizard is gebruikt tijdens een gezamenlijke workshop van en met de meetnetbeheerders van de provincies, als middel om de controles en implementatie van het QC-protocol uit te proberen en te evalueren. Omdat operationeel gebruik niet direct het doel was van de QC-Wizard, is deze in de huidige vorm daar nog niet geschikt voor. De ervaringen met de QC-Wizard waren echter positief, reden waarom in een vervolgstap nader bekeken zal worden hoe de QC-Wizard kan worden omgevormd en doorontwikkeld tot software die wel geschikt is voor operationeel gebruik (zie ook paragraaf 9.3). De QC-Wizard dient in dat geval te kunnen communiceren met de door de verschillende provincies gebruikte databases en/of databeheerssoftware. Om toepassing van het QC-protocol te faciliteren en stimuleren dient de QC-Wizard bovendien vrij toegankelijk en beschikbaar gemaakt worden voor derden. In de volgende paragrafen worden waar mogelijk screendumps van de QC-Wizard gebruikt als voorbeeld-implementatie van het QC-protocol per QC-onderdeel.



Figuur 6. De QC-Wizard als voorbeeld- en evaluatiesoftware, waarin de verschillende controles per QC-onderdeel stapsgewijs doorlopen en getest kunnen worden.

8.2 QC0: Meetopstelling

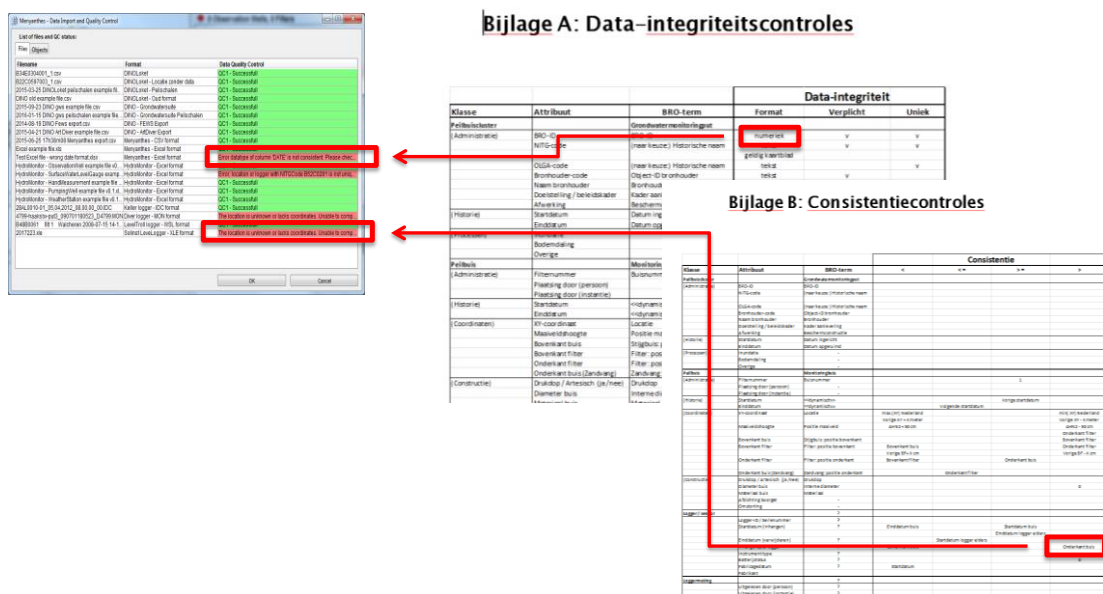
Onderdeel QCo: Meetopstelling is nieuw toegevoegd in deze versie van het protocol en op hoofdlijnen uitgewerkt. Er zijn nog geen scherpe QC-richtlijnen en –controles gedefinieerd, mede daarom is er nog geen voorbeeldimplementatie gemaakt of beschikbaar in de QC-Wizard. Wel zijn er een aantal thema's besproken en bediscussieerd (Figuur 7), en is als resultante daarvan besloten om het onderwerp (niet-representatieve) saliniteit en dichtheid van peilbuiswater met prioriteit op te pakken. De inpassing in en uitwerking van QC-onderdeel 'meetopstelling' zal daarbij naar verwachting ook aan de orde komen.



Figuur 7. Illustratie van verschillende thema's die vallen onder onderdeel QCo: Meetopstelling.

8.3 QC1: Data-integriteit

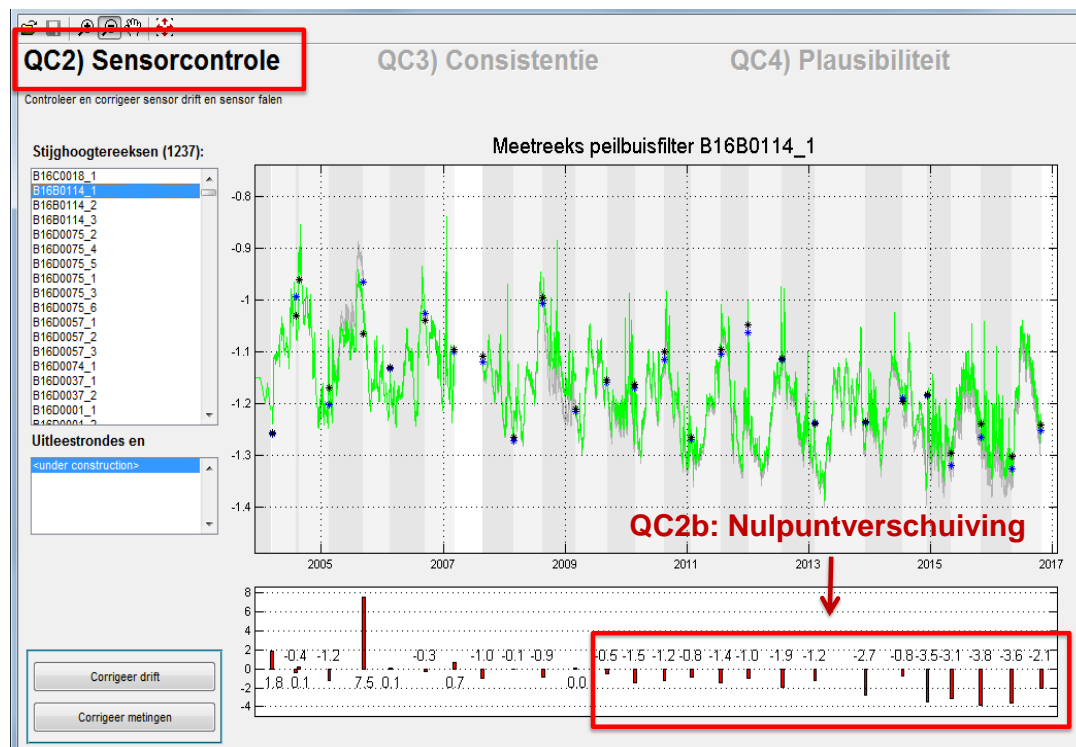
Zoals beschreven in paragraaf 2.3 fungeren in het algemeen het bestandsformat en datamodel als referentie voor het controleren van invoerbestanden op data-integriteitsproblemen. Van de meeste formats die gangbaar zijn in grondwaterdomein is echter geen schema beschikbaar, wat snelle en automatische import en controle van de bestanden onmogelijk maakt. Implementatie van import routines en QC1-controles voor de verschillende gangbare bestandsformats voerde te ver, reden waarom onderdeel QC1: Data-integriteit niet is geïmplementeerd in de (huidige vorm van de) QC-Wizard. Als alternatief laat Figuur 8 het principe en een voorbeeld zien van de manier waarop de controles van dit QC-onderdeel zijn geïmplementeerd in het programma Menyanthes van KWR. De import mogelijkheden van de QC-Wizard zijn in de huidige vorm beperkt tot de zogenoemde men-files van Menyanthes.



Figuur 8. Wijze waarop de controles van onderdeel QC1: Data-integriteit geïmplementeerd zijn in het programma Menyanthes van KWR.

8.4 QC2: Meetinstrument

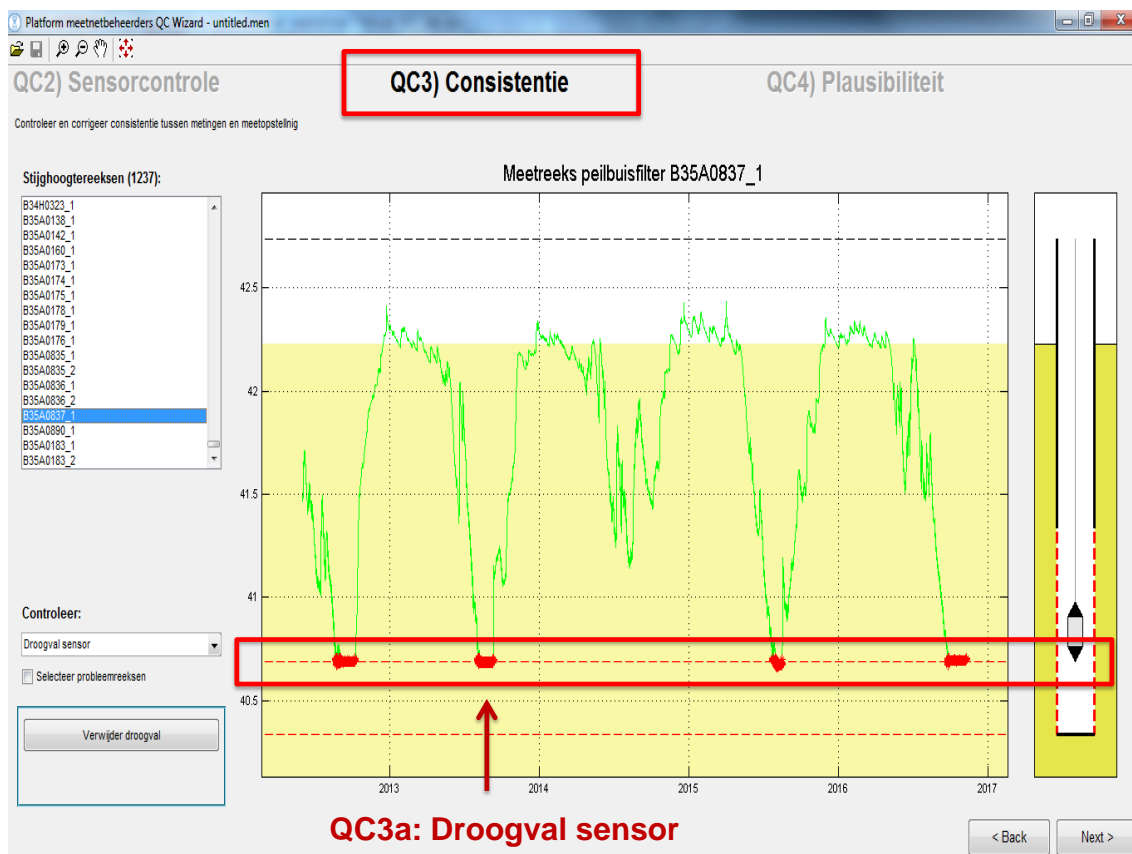
Onder dit QC-onderdeel vallen verschillende typen fouten en afwijkingen, zoals verschuiving van het nulpunt en afwijkingen ten gevolge van temperatuurvariatie. Naast deze systematische afwijkingen zijn toevallige fouten zoals haperingen en falen van de sensor van belang. Figuur 8 laat het principe en een voorbeeld zien van de manier waarop nulpuntverschuiving gedetecteerd kan worden aan de hand van handmatige controlemetingen, en een systematische afwijking daarvan met de sensormeting.



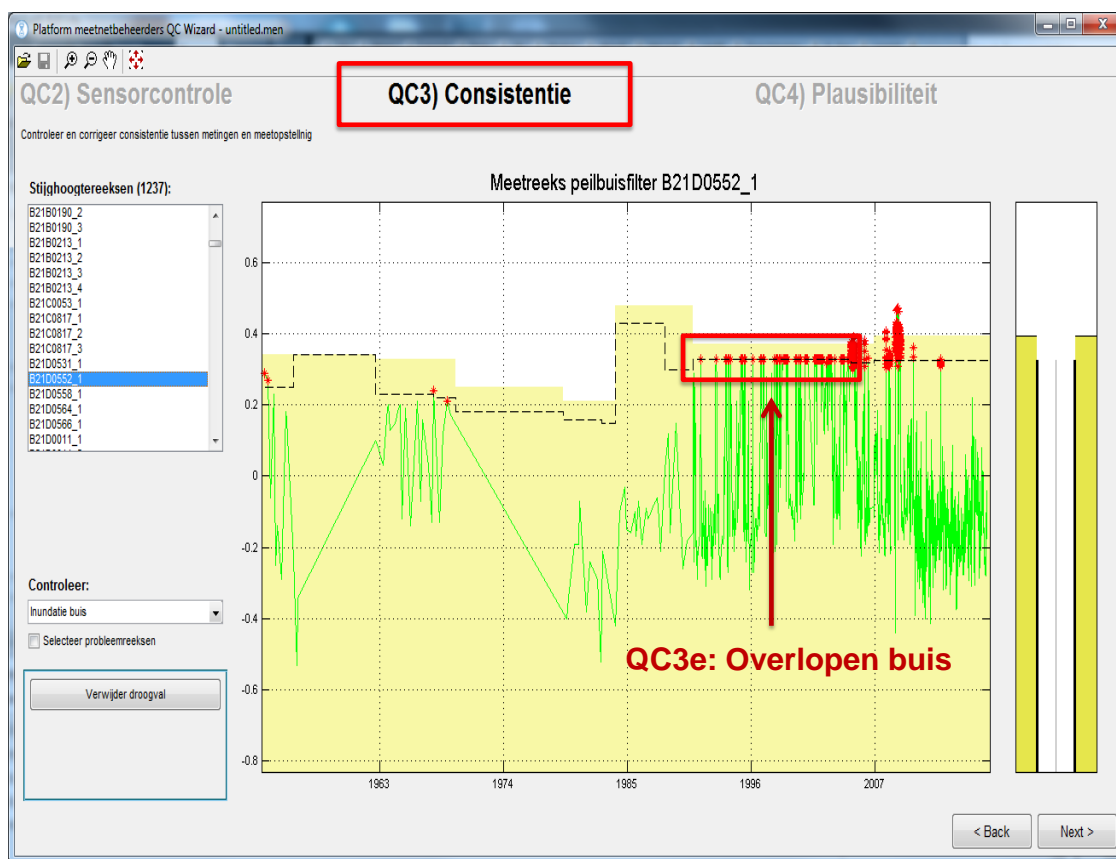
Figuur 9. Voorbeeld van controle op nulpuntverschuiving in de QC-Wizard.

8.5 QC3: Consistentie

Onder dit QC-onderdeel vallen controles op tegenspraak in of tussen gegevens van de meetreeksen en meetopstelling, voor zover deze een fysische of logische relatie met elkaar hebben. Van belang zijn bijvoorbeeld inconsistenties tussen de meetreeks en meetopstelling, zoals die op kunnen treden bij droogval van de sensor (Figuur 10) of het overlopen van de peilbuis (Figuur 11).



Figuur 10. Voorbeeld van controle op sensordroogval in de QC-Wizard.



Figuur 11. Voorbeeld van controle op het overlopen van de peilbuis in de QC-Wizard.

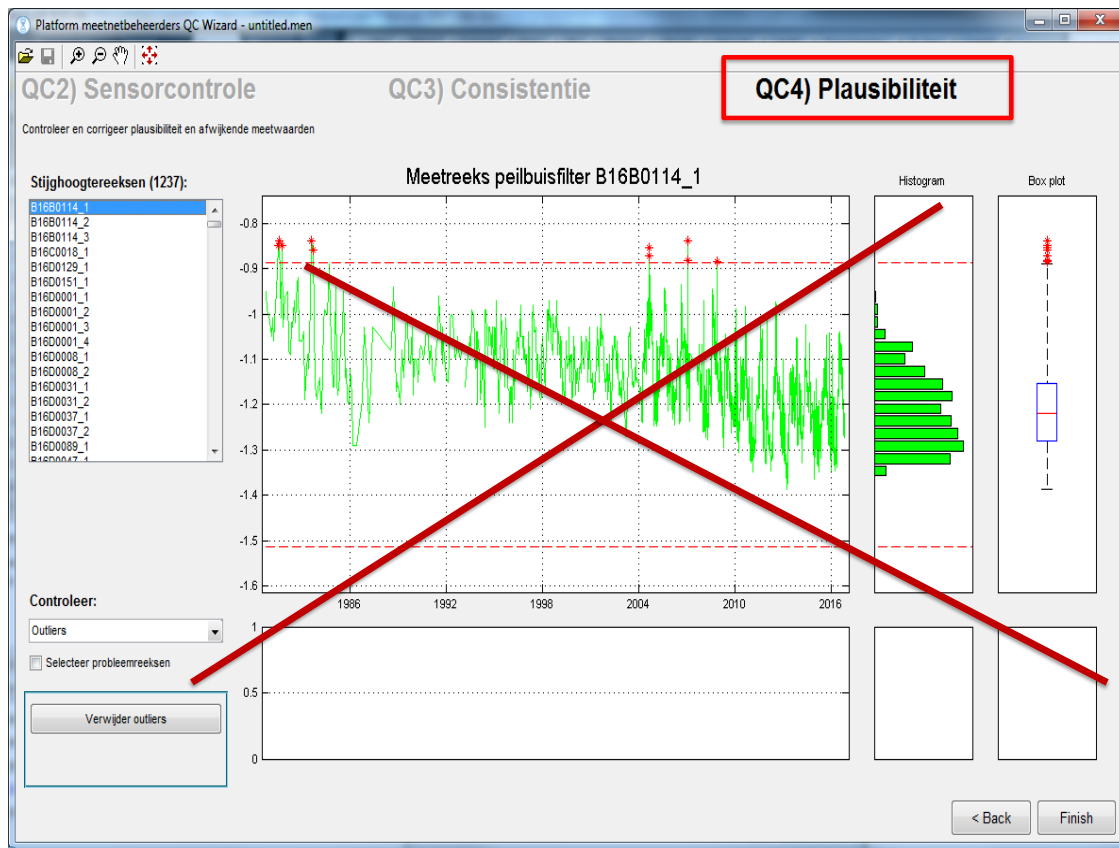
8.6 QC4: Plausibiliteit

Onder dit QC-onderdeel vallen controles op de waarschijnlijkheid van (meet)gegevens gegeven andere metingen in tijd en ruimte. Gegevens kunnen daarbij op allerlei manieren beoordeeld worden, als individu, koppel of groep, op basis van allerlei karakteristieken of zelfs modelresultaten. De mogelijkheden zijn groot, de vraag in hoeverre verschillende controles het eigenlijke doel dienen (het maken van onderscheid tussen fouten en feitelijke extremen), is echter meestal (nog) niet eenvoudig of eenduidig te beantwoorden. Figuur 12 laat daarom allereerst een voorbeeld zien van 'hoe het niet moet', een controle op uitbijters in de reeks zelf die het beoogde onderscheid duidelijk niet weet te maken. We nemen hier eens te meer onderstaande disclaimer op:

Disclaimer:

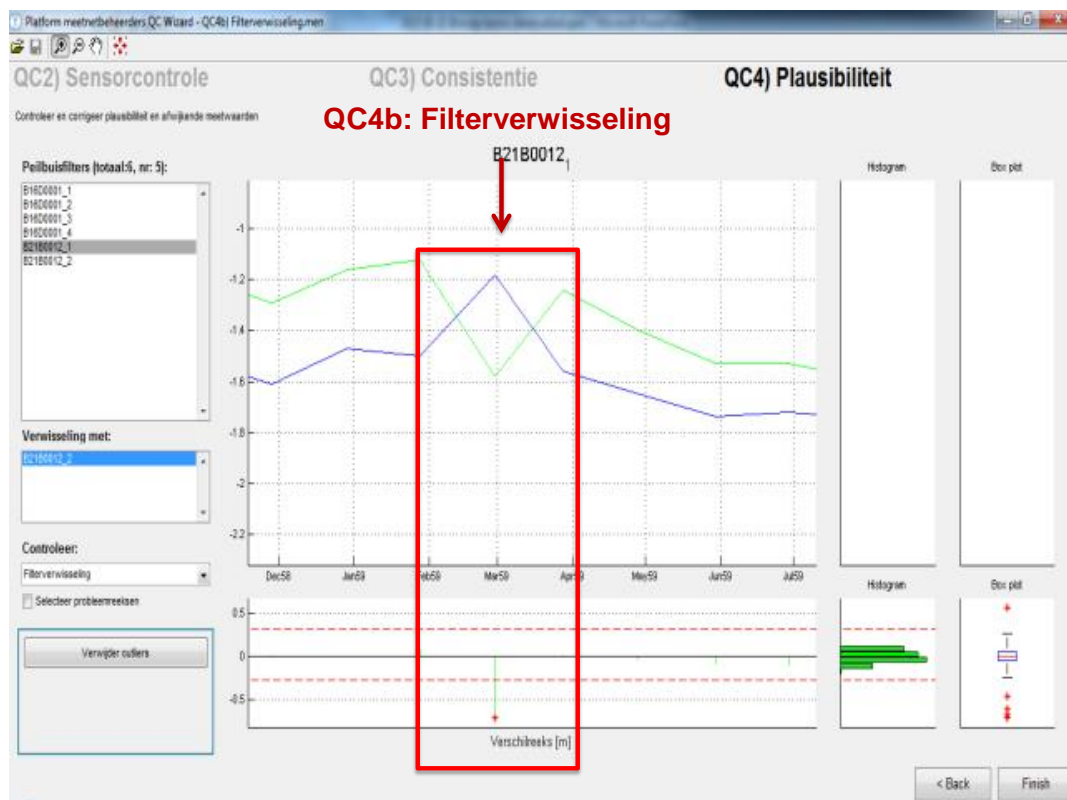
Bij toepassing van plausibiliteitscontroles is behoud of verbetering van informatie over feitelijke extremen essentieel. Extremen zijn van onevenredig groot belang, omdat deze een onevenredig groot effect kunnen hebben.

Het kan zinvol zijn om die ook in de uiteindelijke software op dit onderdeel op te nemen, mede omdat automatische plausibiliteitscontroles erg efficiënt kunnen zijn.

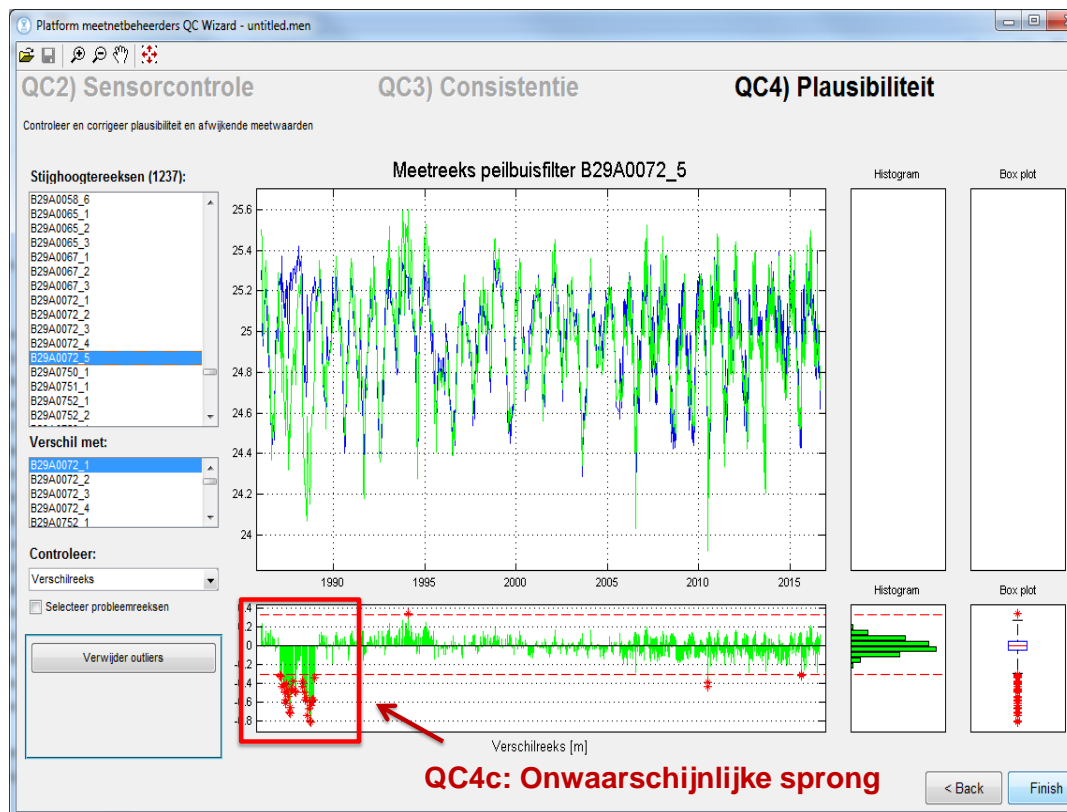


Figuur 12. Voorbeeld van hoe het niet moet: implementatie van controle op uitbijters in de QC-Wizard.

Dat gezegd hebben is deze versie van het protocol minder terughoudend van insteek dan het vorige, mede omdat de resultaten van de pilot laten zien dat er ook scherpere controles te definiëren zijn die veel gerichter bepaalde typen fouten opsporen. Figuur 13 laat een voorbeeld zien van een controle op filterverwisseling die geïmplementeerd is in de QC-Wizard, Figuur 14 een voorbeeld van controle op onwaarschijnlijke sprongen. Met behulp van (een verdere aanscherping van) dergelijke controles komt het geautomatiseerd controleren en opschonen van bijvoorbeeld de landelijke, historische gegevens per provincie nadrukkelijk in beeld.



Figuur 13. Voorbeeld van controle op filterverwisseling in de QC-Wizard.



Figuur 14. Voorbeeld van controle op onwaarschijnlijke sprongen in de QC-Wizard.

9 Lacunes en vervolgstappen

9.1 Inleiding

Ondanks het feit dat dit protocol met de nodige zorgvuldigheid en met inbreng van een brede groep partijen uit klankbord-, begeleidings- en stuurgroep tot stand is gekomen, zijn er verschillende punten te benoemen waarop verdere verbetering plaats dient te vinden. We benoemen de bekende lacunes en vervolgstappen hier en in het protocol zelf, omwille van de helderheid en om inhoudelijke bijdragen en discussies op de genoemde punten te bevorderen.

9.2 QC-onderdelen

QCo: Meetopstelling:

De meetopstelling is in deze versie van het protocol nieuw toegevoegd als QC-onderdeel, en nog relatief weinig uitgewerkt, onderbouwd en kritisch bejegend. Op dit onderdeel zijn de volgende lacunes en vervolgstappen te benoemen:

- **Saliniteit en dichtheid** - De mogelijkheden om de richtlijnen en criteria op dit onderdeel verder aan te scherpen zullen nader onderzocht worden. Het resultaat zal gedeeld en kritisch beoordeeld worden door de verschillende betrokkenen.
- **Lekken** – De mogelijkheden om stijghoogtemetingen te controleren op problemen met de representativiteit t.g.v. lekken dienen verder onderzocht te worden (zie bijv. (Tao e.a., 2013; Bonte e.a., 2015)).
- **IJsvorming** - Het effect van ijsvorming in peilbuizen op druksensormetingen dient nader onderzocht te worden, om richtlijnen op te kunnen stellen t.a.v. de verwerking daarvan.
- **Implementatie** - De softwarematige implementatie van QC-onderdeel 'meetopstelling', en eventuele inbedding daarvan in het werkproces, dient nader bekeken te worden.
- **QC-richtlijnen** - De mogelijkheden om de richtlijnen en criteria op dit onderdeel verder aan te scherpen dienen nadere onderzocht te worden. Het resultaat dient gedeeld en kritisch beoordeeld te worden door de verschillende betrokkenen.
- **QA-protocol** – Er dienen nadere QA-richtlijnen uitgewerkt te worden m.b.t. de processen van installatie, constructie en het onderhoud van peilbuizen. Dit is van belang omdat er op moment van schrijven geen voldoende scherp en breed geaccepteerd QA-protocol op dit onderwerp voorhanden is (ondanks het bestaan van handboeken en normen). Mede daarom is controle van de meetopstelling ook nog niet in procesmatige vorm uitgewerkt in dit protocol.

QC1: Data-integriteit

Op dit onderdeel zijn de volgende lacunes en vervolgstappen te benoemen:

- **Zomer- en wintertijd** – Er dient een overzicht te komen van hoe verschillende databronnen omgaan met zomer- en wintertijd en hoe de daarin voorkomende tijdsaanduiding dus geïnterpreteerd moet worden. Dit is bijv. voor verschilberekeningen van belang.

QC4: Plausibiliteit

Op dit onderdeel zijn de volgende lacunes en vervolgstappen te benoemen:

- **Controles** – De mogelijkheden tot het aanscherpen van de controle-algoritmen, het geautomatiseerd detecteren van fouten en het maken van onderscheid met feitelijke extremen daarbij dient nader onderzocht te worden. Het resultaat dient gedeeld en kritisch beoordeeld te worden door de verschillende betrokkenen.

QC5: Synthese

Protocol v2.0 bevat nog geen uitwerking hierbij. Onderdeel QC5: Synthese omvat het eerdere onderdeel 'Nauwkeurigheid' dat voorgeschreven is vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW), maar is breder dan dat. Op dit onderdeel zijn de volgende lacunes en vervolgstappen te benoemen:

- **Bruikbaarheid** - De mogelijkheden om samenvattende karakteristieken en/of een eindoordeel te geven over de bruikbaarheid van meetreeksen voor verschillende doeleinden dient nader onderzocht te worden. Dit is bijv. van belang omdat meetreeksen op moment van schrijven telkens afzonderlijk, en op basis van weinig onderbouwde en wisselende criteria wel of niet worden gebruikt voor toepassingen zoals grondwatermodellering en tijdreeksanalyse.
- **Nauwkeurigheid** - De mogelijkheden om een indicatie te geven van de overall nauwkeurigheid van meetreeksen dient nader onderzocht te worden. Dit is van belang vanwege het voorschrift daartoe vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW).
- **Sensoren** - De mogelijkheden om de kwaliteit en performance van de gebruikte sensoren af te leiden uit de praktijkgegevens zelf dient nader onderzocht te worden. Dit is bijv. van belang vanwege het toenemende aantal sensortypen en –merken, waarvan de kwaliteit en prestaties op moment van schrijven onduidelijk en daardoor niet goed te vergelijken zijn.
- **QC-richtlijnen** - De mogelijkheden om richtlijnen en criteria op dit onderdeel op te stellen dient nadere onderzocht te worden. Het resultaat dient gedeeld en kritisch beoordeeld te worden door de verschillende betrokkenen.

9.3 Implementatie

Protocol v2.0 is zoals vermeld verschenen naar aanleiding van de resultaten van een implementatie-pilot, waarmee het proces van implementatie echter nog niet voltooid is. Op dit punt zijn de volgende aanbevelingen en lacunes te benoemen:

- **Software** – De t.b.v. de pilot ontwikkelde QC-Wizard dient geschikt gemaakt voor operationeel gebruik en afgerond te worden. Op de totstandkoming van dit protocol zal een traject volgen waarin de QC-Wizard wordt gekoppeld aan de door diverse partijen gebruikte programmatuur.
- **Bekrachtiging** – De inhoud en operationele status van protocol v2.0 is bekrachtigd door zowel het Platform meetnetbeheerders grondwaterkwantiteit en de Landelijke Werkgroep Grondwater. Via toekomstige opname in het Draaiboek Monitoring Grondwater KRW is het document bindend voor de KRW gegevens.
- **BRO** – De relatie tussen dit protocol en de in ontwikkeling zijnde BRO zal nader bekeken worden. Het resultaat zal gedeeld en kritisch beoordeeld worden door de verschillende betrokkenen. Dit is van belang vanwege het bevorderen van een uniform en gedeeld begrippenkader, maar ook vanwege het belang van datakwaliteit voor de BRO, de verantwoordelijkheid van bronhouders daarvoor, en de kansen die protocol en BRO elkaar over en weer bieden.

Literatuur

- Bonte, M., W.J. Zaadnoordijk en K. Maas (2015)** A Simple Analytical Formula for the Leakage Flux Through a Perforated Aquitard; in: Groundwater, vol 53, no 4, pag 638-644.
- Crosby, P. (1979)** Quality is Free; McGraw-Hill. ISBN 0-07-014512-1., New York.
- De Meij, T. en J. R. Von Asmuth (2011)** Correctie van eigen luchtdrukmetingen is noodzakelijk; in: H₂O, jrg 4, pag 29-32.
- ISO (2011)** ISO/TS 8000-1:2011, Data quality - Part 1: Overview; ISO copyright office, Geneva, Switzerland.
- KNMI (2000)** Handboek Waarnemingen; Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
- Leunk, I. (2014)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens. Validatiepilot; analyse van bestaande data. Rapportnr. KWR 2014.059, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- Post, V.E.A. en J.R. Von Asmuth (2013)** Hydraulic head measurements: New technologies, classic pitfalls; in: Hydrogeology journal, jrg DOI 10.1007/s10040-013-0969-0,
- Tao, Q., S.L. Bryant en T.A. Meckel (2013)** Leakage fingerprints during storage: modeling above-zone measurements of pressure and temperature; in: Energy Procedia, vol 37, pag 4310-4316.
- Von Asmuth, J.R. (2011)** Over de kwaliteit, frequentie en validatie van druksensorreeksen. Rapportnr. KWR 2010.001, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- Von Asmuth, J.R. (2015)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: Protocol voor datakwaliteitscontrole (QC, werkversie 1.0); rapportnr. KWR 2015.013, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- Von Asmuth, J.R. en F. C. Van Geer (2013)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: op weg naar een landelijke standaard. Rapportnr. KWR 2013.027, KWR Watercycle Research Institute / TNO, Nieuwegein / Utrecht.
- Von Asmuth, J.R. en F. C. Van Geer (2015)** Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: systematiek en methodiek voor datakwaliteits- controle (QC). Rapportnr. KWR 2015.004, KWR Watercycle Research Institute / TNO, Nieuwegein / Utrecht.
- Von Asmuth, J.R. en H. Tomassen (2017)** Monitoring van kwaliteitsindicatoren; in: Duurzaam herstel van hoogveenlandschappen. Kennis, praktijkervaring en kennisleemten bij de inrichting van hoogveenkernen, randzones en bufferzones., vol, ed. G. J. Van Duinen, J. R. Von Asmuth, A. Van Loon, S. Van der Schaaf en H. Tomassen. Rapport nr. 2017/OBN212-NZ. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.
- Von Asmuth, J.R. en E. Vonk (2017)** HydroMonitor - open data exchange format (toelichting en definitie); Report KWR 2016.062, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- World Meteorological Organization (1954)** Reduction of Atmospheric Pressure; WMO-No. 36. TP. 12, Technical Note 7, WMO, Genève.
- World Meteorological Organization (1996)** Guide to meteorological instruments and methods of observation; WMO-No. 8, 6th edition, WMO, Geneva.

Bijlage A: Data-integriteitscontroles

			Data-integriteit		
Klasse	Attribuut	BRO-term	Format	Verplicht	Uniek
Peilbuiscluster		Grondwatermonitoringput			
(Administratie)	BRO-ID	BRO-ID	numeriek	v	v
	NITG-code	(naar keuze:) Historische naam	tekst	v	v
			geldig kaartblad		
	OLGA-code	(naar keuze:) Historische naam	tekst		v
	Bronhouder-code	Object-ID bronhouder	tekst	v	
	Naam bronhouder	Bronhouder	tekst	v	
	Doelstelling / beleidskader	Kader aanlevering	vaste opties	v	
	Afwerking	Beschermconstructie	vaste opties	v	
(Historie)	Startdatum	Datum ingericht	datum+tijdstip	v	
	Einddatum	Datum opgeruimd	datum+tijdstip	v	
(Processen)	Inundatie	-	boolean		
	Bodemdaling	-	boolean		
	Overige	-	tekst		
Peilbuis		Monitoringbuis			
(Administratie)	Filternummer	Buisnummer	integer	v	
	Plaatsing door (persoon)	-	tekst		
	Plaatsing door (instantie)	-	tekst		
(Historie)	Startdatum	<<dynamisch>>	datum+tijdstip	v	
	Einddatum	<<dynamisch>>	datum+tijdstip	v	
(Coördinaten)	XY-coördinaat	Locatie	numeriek	v	i.c.m. filter
	Maaiveldshoogte	Positie maaiveld	numeriek	v	
	Bovenkant buis	Stijgbuis: positie bovenkant	numeriek	v	
	Bovenkant filter	Filter: positie bovenkant	numeriek	v	i.c.m. XY
	Onderkant filter	Filter: positie onderkant	numeriek	v	i.c.m. XY
	Onderkant buis (Zandvang)	Zandvang: positie onderkant	numeriek	v	
(Constructie)	Drukdop / Artesisch (ja / nee)	Drukdop	boolean	v	
	Diameter buis	Interne diameter	numeriek		
	Materiaal buis	Materiaal	tekst		
	Afdichting boorgat	-	tekst		
	Omstorting	-	tekst		
Logger / sensor		?			
	Logger-ID / Serienummer	?	afh. van fabrikant	v	i.c.m. datum
	Startdatum (inhangen)	?	datum+tijdstip	v	
	Einddatum (verwijderen)	?	datum+tijdstip	v	
	Inhangdiepte logger	?	numeriek	v	
	Instrument type	?	vaste opties	v	
	Batterijstatus	?	numeriek		
	Fabricagedatum	?	datum		
	Fabrikant	?	tekst	v	
Loggermeting		?			
	Uitgelezen door (persoon)	?	tekst		
	Uitgelezen door (instantie)	?	tekst		
	Loggermeting waarde	?	numeriek	v	
	Loggermeting tijd	?	datum+tijdstip	v	v
	Compensatiestatus	?	boolean	v	
	Eigen luchtdrukreeks	?	tijdreeks	v, tenzij KNMI reeks	
	KNMI luchtdrukstation	?	vaste opties	v, tenzij eigen reeks	
	Waterdichtheid	?	numeriek	v	
	Gravitatieconstante	?	numeriek	v	
Handmeting		?			
(al dan niet ter controle)	Meting door (persoon)	?	tekst	v	
	Meting door (instantie)	?	tekst	v	
	Meetinstrument	?	vaste opties	v	
	Handmeting waarde	?	numeriek	v	
	Handmeting tijd	?	datum+tijdstip	v	v
Dataverwerking		?			
	Persoon	?	tekst	v	
	Instantie	?	tekst	v	
	QC methodiek	?	vaste opties	v	
	Aantal controles		54	39	12
	Totaal aantal controles		105	(Niet allemaal uniek)	

Bijlage B: Consistentiecontroles

Klasse	Attribuut	BRO-term	Consistentie			
			<	< =	> =	>
Peilbuiscluster		Grondwatermonitoringput				
(Administratie)	BRO-ID	BRO-ID				
	NITG-code	(naar keuze:) Historische naam				
	OLGA-code	(naar keuze:) Historische naam				
	Bronhouder-code	Object-ID bronhouder				
	Naam bronhouder	Bronhouder				
	Doelstelling / beleidskader	Kader aanlevering				
	Afwerking	Beschermconstructie				
(Historie)	Startdatum	Datum ingericht				
	Einddatum	Datum opgeruimd				
(Processen)	Inundatie	-				
	Bodemdaling	-				
	Overige	-				
Peilbuis		Monitoringbuis				
(Administratie)	Filternummer	Buisnummer			1	
	Plaatsing door (persoon)	-				
	Plaatsing door (instantie)	-				
(Historie)	Startdatum	<<dynamisch>>			Vorige startdatum	
	Einddatum	<<dynamisch>>		Volgende startdatum		
(Coördinaten)	XY-coördinaat	Locatie	max (XY) Nederland Vorige XY + X meter AHN2 + 50 cm			min(XY) Nederland Vorige XY - X meter AHN2 - 50 cm
	Maaiveldshoogte	Positie maaiveld				Onderkant filter
	Bovenkant buis	Stijgbuis: positie bovenkant				Bovenkant filter
	Bovenkant filter	Filter: positie bovenkant	Bovenkant buis Vorige BF+ X cm			Onderkant filter
	Onderkant filter	Filter: positie onderkant	Bovenkant filter		Onderkant buis	Vorige BF - X cm
	Onderkant buis (Zandvang)	Zandvang: positie onderkant		Onderkant filter		
(Constructie)	Drukdp / Artesisch (ja / nee)	Drukdp				0
	Diameter buis	Interne diameter				
	Materiaal buis	Materiaal				
	Afdichting boorgat	-				
	Omstorting	-				
Logger / sensor		?				
	Logger-ID / Serienummer	?				
	Startdatum (inhangen)	?	Einddatum buis		Startdatum buis	
	Einddatum (verwijderen)	?		Startdatum logger elders	Einddatum logger elders	
	Inhangdiepte logger	?	Bovenkant buis			Onderkant buis
	Instrument type	?				
	Batterijstatus	?				0
	Fabricagedatum	?	Startdatum			
	Fabrikant					
Loggermeting		?				
	Uitgelezen door (persoon)	?				
	Uitgelezen door (instantie)	?				
	Loggermeting waarde	?		Bovenkant buis (tenzij drukdop of inundatie)	Inhangdiepte logger	
	Loggermeting tijd	?		Verwijderdatum logger	Inhangdatum logger	
	Compensatiestatus	?				
	Eigen luchtdrukreeks	?				
	KNMI luchtdrukstation	?				
	Waterdichtheid	?		Minimum	Maximum	
	Gravitatieconstante	?		Minimum	Maximum	
Handmeting		?				
(al dan niet ter controle)	Meting door (persoon)	?				
	Meting door (instantie)	?				
	Meetinstrument	?				
	Handmeting waarde	?		Bovenkant buis (tenzij drukdop of inundatie)	Onderkant filter	
	Handmeting tijd	?		Einddatum	Startdatum	
Dataverwerking		?				
	Persoon	?				
	Instantie	?				
	QC methodiek	?				
	Aantal controles		9	9	11	10
	Totaal aantal controles		39	(niet allemaal uniek)		

Bijlage C: Omrekening van luchtdrukmetingen

De volgende tekst over het omrekenen van luchtdrukmetingen is overgenomen uit het 'Handboek Waarnemingen' van het KNMI (2000), waarbij voor de formule weer wordt verwezen naar (World Meteorological Organization, 1954):

'Conform de WMO richtlijnen kan voor de land- en zeestations van Nederland voor de herleiding van de luchtdruk op een niveau 1 in verticale richting naar een niveau 2 de volgende herleidingsformule worden gebruikt:

$$p(h_2) - p(h_1) = -\left(\frac{p(h_1)}{29,27} * \frac{h_2 - h_1}{T_v}\right) \quad (1)$$

waarbij

$p(h)$	=	waarde van de luchtdruk p op hoogte h [m]	[hPA]
T_v	=	de 'virtuele' temperatuur op locatie 1	[K]
29,27	=	een constante die bepaald wordt door de dichtheid van lucht volgens de gaswet voor droge lucht	[m/K]

N.B.: de zogenaamde virtuele temperatuur van lucht (zoals bemeten, incl. waterdamp) is gelijk aan de temperatuur van droge lucht (dus zonder waterdamp) met dezelfde druk en dezelfde dichtheid als de lucht met waterdamp bij de huidige temperatuur T (World Meteorological Organization, 1996).'

Verderop staat bovendien vermeld:

'De virtuele temperatuur zoals benodigd in de herleidingsformules, kan goed benaderd worden door de gemiddelde luchttemperatuur van de afgelopen 12 uur. Hiertoe wordt in principe genomen het gemiddelde van de actuele luchttemperatuur en de luchttemperatuur van 12 uur geleden.'

Bijlage D: Begeleidingsgroep

Dit protocol is tot stand gekomen onder begeleiding van het platform meetnetbeheerders van de gezamenlijke provincies (onderdeel grondwaterkwantiteit), waarin zitting hebben:

- Nanko de Boorder (Provincie Noord-Holland, voorzitter)
- Henny Kempen (Provincie Gelderland, secretaris)
- Ronnie Hollebrandse (Provincie Zeeland)
- Jan Meijles (Provincie Zuid-Holland)
- Janco van Gelderen (Provincie Utrecht)
- Marja Segers (Provincie Brabant)
- Jack van Velthuisen (OMWB Noord Brabant)
- Jean Hacking (Provincie Limburg)
- Johan Wortelboer (Provincie Noord-Holland)
- Peter de Vries (Provincie Groningen)
- Bert Luinge (Provincie Drenthe)
- Daniel van Buren (Provincie Friesland)
- Thomas de Meij (Provincie Overijssel)
- Christoffel Klepper (Provincie Flevoland)
- Bart Hamer (OFGV Flevoland)
- Bastiaan van Loon (OFGV Flevoland)
- Erik Simmelink (TNO)
- Ton Ebbing (Vitens)

Dank gaat uit naar TNO (in de personen van Frans van Geer, Erik Simmelink en Henco Kuiphof) voor hun rol en waardevolle inbreng bij dit protocol in het algemeen, en de afstemming met DINO en de BRO in het bijzonder.

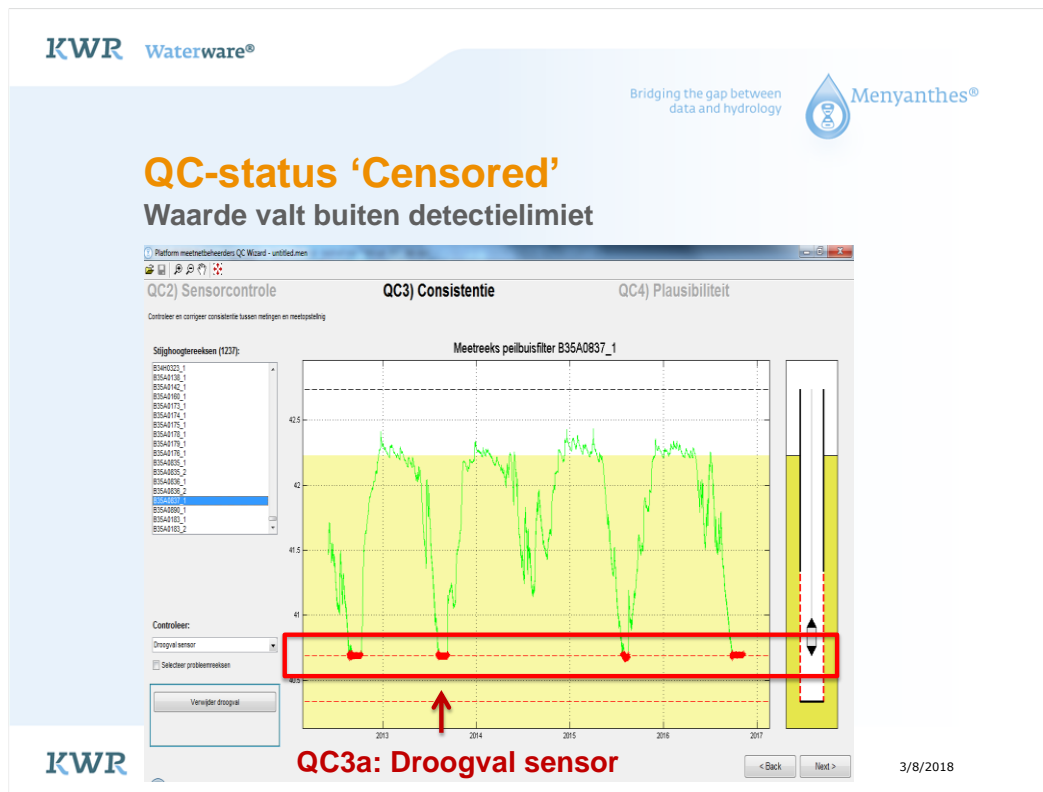
Bijlage E: Stuurgroep

De volgende personen uit de begeleidingsgroep hadden eveneens zitting in de stuurgroep:

- | | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| • Henny Kempen | (Provincie Gelderland, projectleider) |
| • Ronnie Hollebrandse | (Provincie Zeeland, voorzitter) |
| • Wendy Wösten | (Provincie Zeeland) |
| • Nanko de Boorder | (Provincie Noord-Holland) |
| • Thomas de Meij | (Provincie Overijssel) |
| • Joost Gooijer | (Provincie Overijssel) |
| • Jan Meijles | (Provincie Zuid-Holland) |
| • Christoffel Klepper | (Provincie Flevoland) |
| • Bart Hamer | (OFGV Flevoland) |
| • Bastiaan van Loon | (OFGV Flevoland) |
| • Marja Segers | (Provincie Brabant) |
| • Daniel van Buren | (Provincie Friesland) |

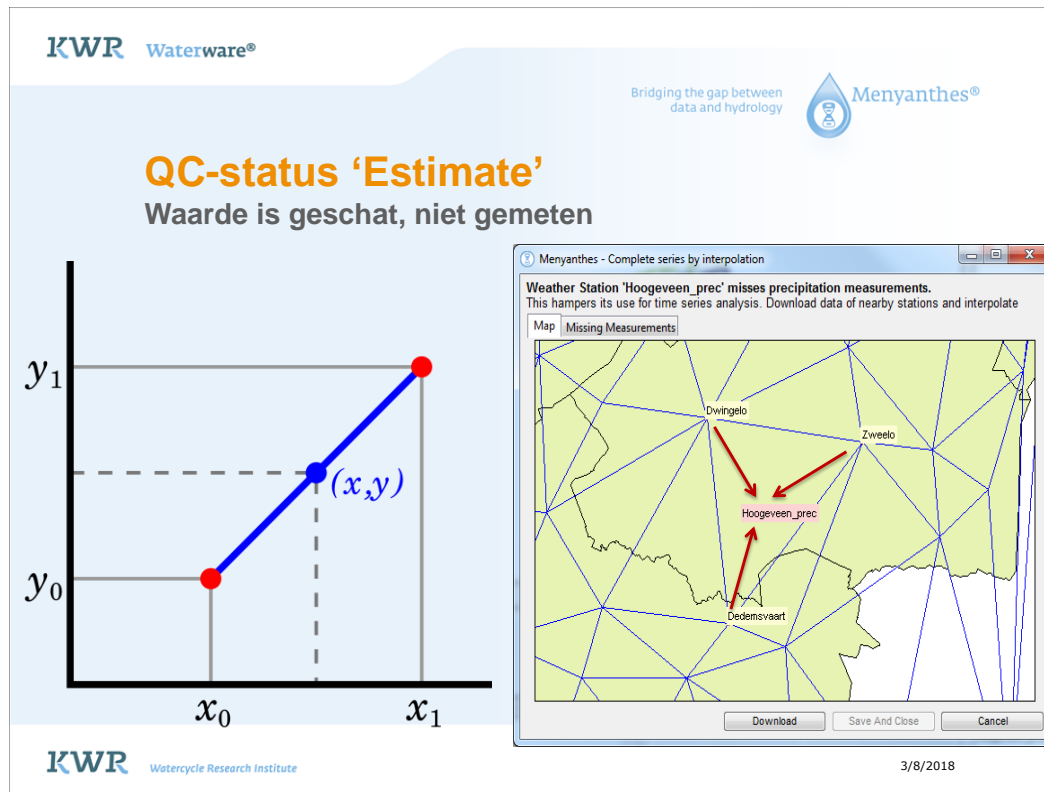
Bijlage F: QC-statusvoorbeelden

In deze bijlage zijn voorbeelden opgenomen en een toelichting op de minder voor zich sprekende QC-statussen 'censored', 'estimated' en 'missing'. Bij de QC-status 'censored' gaat het om zogenoemd gecensureerde waarnemingen, waarbij de bemeten toestand beneden of boven de detectielimiet van het meetinstrument of de meetopstelling ligt (Figuur 15).

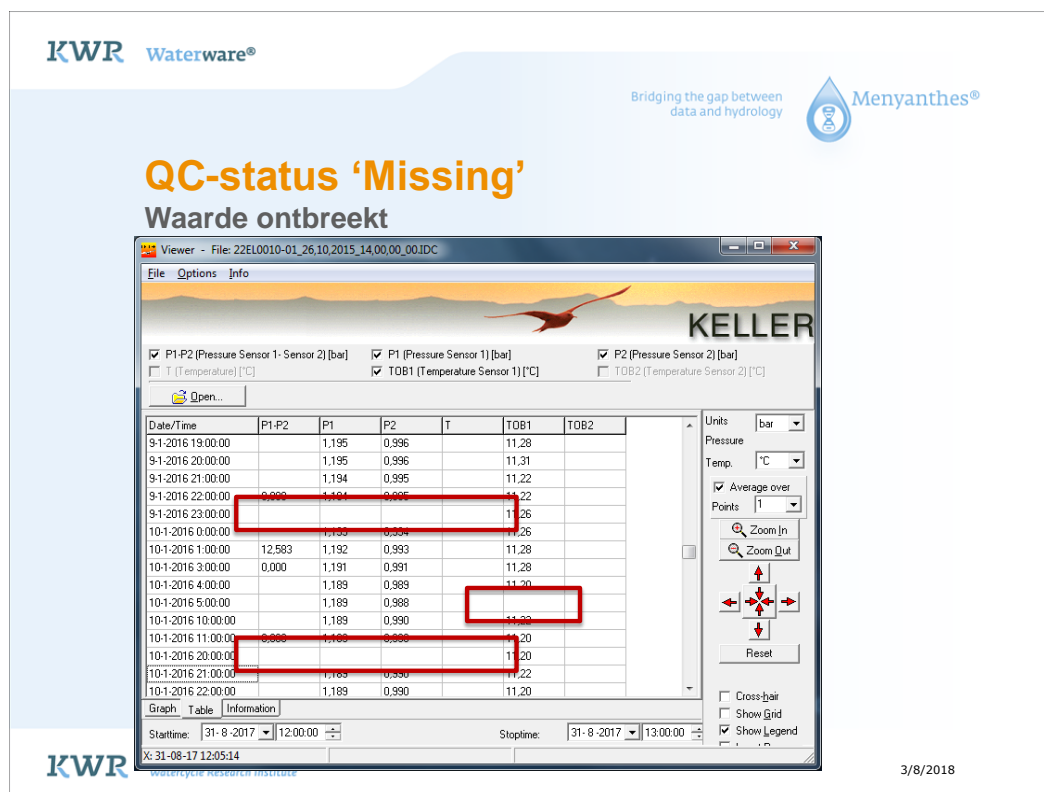


Figuur 15. Voorbeeld van QC-status 'censored'. De stijghoogte ligt onder het nulpunt van de sensor, de eigenlijke waarde is onbekend.

Bij de QC-status 'estimate' gaat het om waarden die geschat zijn, en niet daadwerkelijk gemeten (Figuur 16). Bij de schattingsmethode kan het om interpolatie gaan, maar ook om schattingen met behulp van een fysisch-deterministisch model. Bij de QC-status 'missing' gaat het om meetwaarden die om de een of andere reden ontbreken, terwijl er wel een meting voorzien was. Figuur 17 geeft een voorbeeld van een meetreeks van een datalogger met een vaste meetfrequentie, waarin verschillende waarden ontbreken als gevolg van technische storingen.



Figuur 16. Voorbeeld van QC-status 'estimate'. Een meting is niet voorhanden op het bewuste tijdstip en/of de locatie, de waarde is geschat.



Figuur 17. Voorbeeld van QC-status 'missing'. In de meetreeks met een vaste frequentie ontbreken verschillende waarden als gevolg van technische storingen.