

Effect van nieuwe zuivering bij productiebedrijf Kolff op de drinkwaterkwaliteit bij de klant

Yvonne Mikkers (Royal HaskoningDHV), Geo Bakker, Josbert Visee (Vitens), Gea Terhorst (TU Delft, nu Logisticon)

Om het effect te bepalen van de drinkwaterkwaliteit af pompstation op de geleverde kwaliteit bij de klant is een meetprogramma afgewerkt op productielocatie Kolff (Vitens) en in een deel van het bijbehorende distributienet. De keuze viel op deze locatie omdat hier in de onderzoeksperiode de oude zuivering vervangen werd door een nieuwe, uitgebreidere zuivering. De vernieuwde productielocatie produceert zachter water met minder voedingsstoffen voor biologische activiteit, maar dit heeft na anderhalf jaar nog geen effect op de biologische activiteit in het drinkwater bij de klant.

In Nederland ligt bijna 118.000 km aan drinkwaterdistributienetwerk [1]. De verblijftijd van drinkwater in het distributienet kan oplopen tot wel 216 uur [2]. In het distributienet vinden allerlei, met name biologische, processen plaats die de waterkwaliteit kunnen beïnvloeden. Hiernaar is onderzoek gedaan in het onderzoeksprogramma DisConTO (een samenwerkingsproject van Brabant Water, Dunea, PWN, RIVM, Royal HaskoningDHV, TU Delft, UReason en Vitens, gesubsidieerd door AgentschapNL, thans RVO). Het doel van dit onderzoek was het verkrijgen van meer inzicht in de microbiologische, fysische en chemische waterkwaliteitsveranderingen in het drinkwaterdistributienet en de hierbij behorende kritische parameters, en het ontwikkelen van modellen die de genoemde waterkwaliteitsveranderingen in het distributienet beschrijven.

Dit artikel gaat over een deelonderzoek van DisConTO: het in beeld brengen van de relatie tussen de geproduceerde waterkwaliteit en de kwaliteit die bij de klant geleverd wordt.

Het (deel)project liep in de periode 2010-2012. Tijdens deze periode werd het productiebedrijf Kolff in Waardenburg (Vitens) vernieuwd. Het meetprogramma moest in beeld brengen wat het effect van de nieuwe zuivering is op de waterkwaliteit in het distributienet van productiebedrijf Kolff.

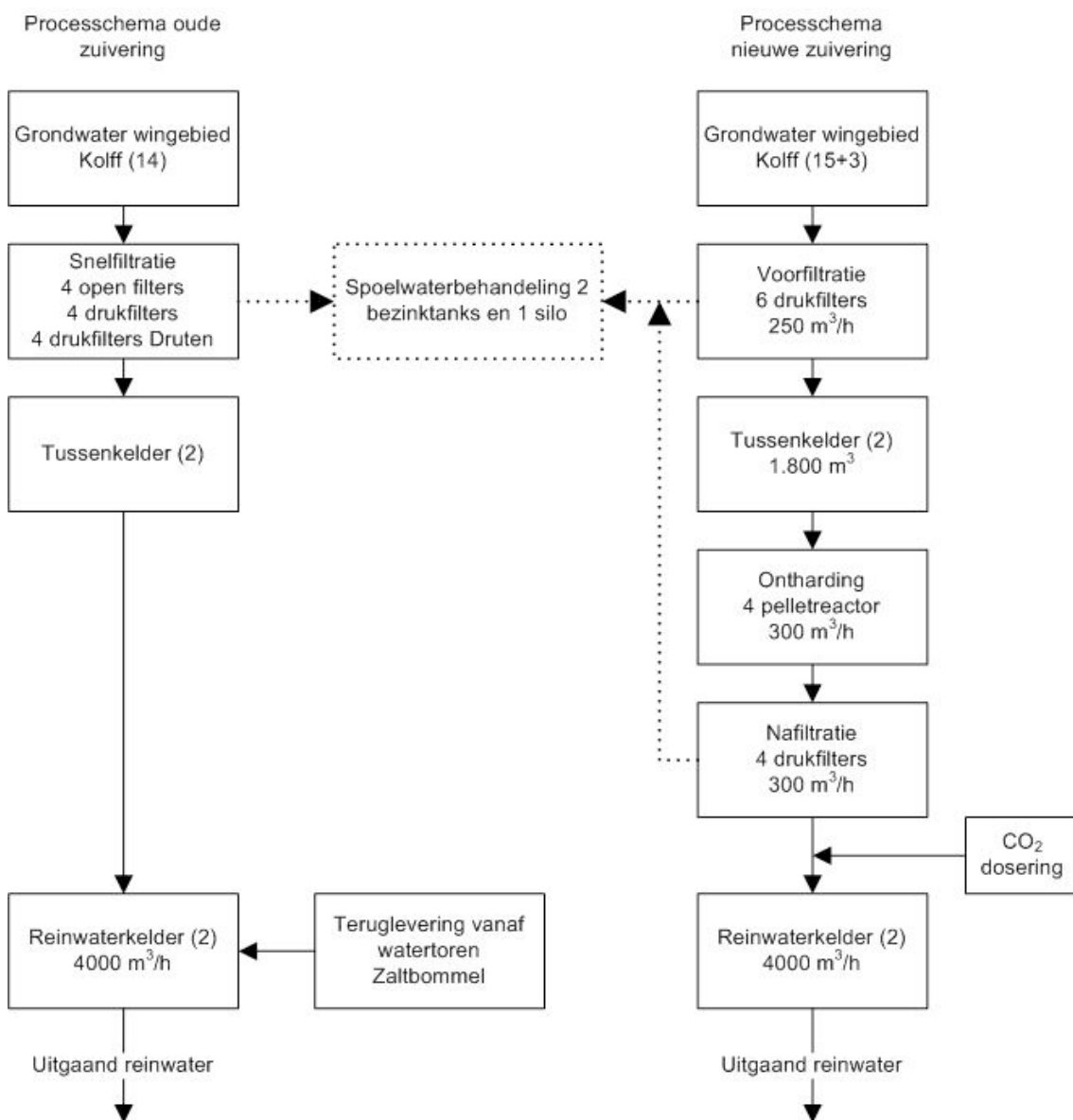
Productiebedrijf, distributienet en meetlocaties

Productiebedrijf Kolff in Waardenburg zuivert anaeroob grondwater en levert aan het Betuwegebied en Zaltbommel (afbeelding 1).



Het zuiveringsproces tot februari 2011 wordt weergegeven in het linkerdeel van afbeelding 2. In de nieuwe zuivering (afbeelding 2, rechts) zijn de voor- en nafiltratie inclusief bijbehorende beluchting verbeterd en is ontharding met natronloog toegevoegd. Na de nafiltratie wordt CO₂ gedoseerd om het kalk-koolzuurevenwicht te herstellen.

Half februari 2011 is begonnen met het overschakelen van de oude op de nieuwe filters; in juni 2011 was die overschakeling compleet. Vervolgens is vanaf november 2011 in drie maanden tijd de ontharding gefaseerd in bedrijf genomen.



Afbeelding 2: Processchema oude en nieuwe zuivering

Het waterkwaliteitsonderzoek heeft plaatsgevonden in het westelijk deel van het leveringsgebied van Kolff (gebied West-Betuwe). Monsters zijn genomen op productiebedrijf Kolff in de uitgaande leiding naar het gebied West-Betuwe (punt 1), halverwege dit deel van het gebied (punt 2) en aan het eind (punt 3). Volgens de hydraulische modellen van Vitens

heeft het water bij het bereiken van punt 2 ongeveer 11 km afgelegd bij een verblijftijd van gemiddeld 24 uur. Het leidingmateriaal ter plaatse is asbestcement. Punt 3, op circa 18 km vanaf het pompstation, wordt bereikt na een totale verblijftijd van gemiddeld 40 uur. Het leidingmateriaal is pvc.

Bemonstering en meetplan

Bemonstering op de productielocatie heeft plaatsgevonden op het standaard-monsterpunt in de uitgaande leiding. De monsternamen in het leidingnet heeft plaatsgevonden bij consumenten aan de tap. De monsters zijn genomen door gecertificeerd personeel, volgens de protocollen geldend voor de betreffende parameters. Alle monsters zijn gekoeld getransporteerd en binnen 24 uur na monsternamen geanalyseerd in het laboratorium. TCC-analyses (directe celtelling) zijn uitgevoerd door Het Waterlaboratorium middels flowcytometrie, de overige analyses zijn uitgevoerd door het laboratorium van Vitens.

Van december 2010 tot en met september 2012 zijn er op 15 dagen metingen verricht. Drie meetmomenten vóór de opstart van de nieuwe zuivering, zeven na opstart van de zuivering maar voor inschakeling van de ontharding, één kort na het opstarten van de ontharding, en de laatste vier een half jaar later. Gekeken is naar:

- de biologische parameters TCC (totaal en intact), ATP, koloniegetal 22°C en *Aeromonas* 30°C
- Ca, Mg, HCO₃, pH en totale hardheid (om het effect van de nieuwe ontharding te bekijken)
- temperatuur, EGV, O₂, Fe, Mn, NH₄, NO₂ en troebelheid (om de effectiviteit van de nieuwe zandfilters te beschouwen)

TCC, troebelheid, koloniegetal 22°C, *Aeromonas* 30°C en ATP zijn meerdere malen per dag gemeten, voor de overige parameters is elke meetdag één keer bemonsterd.

Meetresultaten

De kwaliteitsgegevens van het ruwwater zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Waterkwaliteitsgegevens ruwwater PS Kolff 2009 [3]

	eenheid	gemiddelde	min.	max.
Zuurgraad (pH)	-	7,29	7,12	7,36
Geleidingsvermogen bij 20 °C (EGV)	mS/m	49,4	45,7	58,3
Waterstofcarbonaat	mg/l	309	246	400
Chloride	mg/l	20	11	33
Sulfaat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	13	<2	27
Natrium, na aanzuren	mg/l	16,6	9,05	26,0
Calcium, na aanzuren	mg/l	84,7	77,4	97,2
Magnesium, na aanzuren	mg/l	10,2	9,49	11,6
Totale hardheid	mmol/l	2,53	2,32	2,90
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,96	0,28	1,2
Nitraat (NO ₃ ⁻)	mg/l	<1,0	<1,0	1,4
Ijzer, na aanzuren	mg/l	4,39	2,59	7,20
Mangaan, na aanzuren	mg/l	0,505	0,328	0,671
Totaal Organisch Koolstof (TOC)	mg/l	2,7	1,8	4,1
Methaan	µg/l	750	76	1.800

In de **afbeeldingen 3 t/m 13 (opgenomen aan het eind van dit artikel)** zijn, naast de gemeten waarden van de beschouwde component, een aantal zaken weergegeven. Twee verticale lijnen markeren de tijdstippen van ingebruikneming van de nieuwe beluchting en snelfilters (15-3-2011) en ontharding (2-11-2011). Waar het van toepassing is, zijn ook de rapportagegrens, de Vitens grens- en streefwaarden en de wettelijke norm uit het Drinkwaterbesluit weergegeven (voor een overzicht, zie tabel 2). De rapportagegrens is de waarde die het laboratorium hanteert als minimumwaarde in de officiële rapportages. Een gemeten waarde onder deze grens wordt in officiële rapportages weergegeven als < *rapportagegrens*. De concentraties komen te dicht bij de detectiegrens en de nauwkeurigheid wordt te klein geacht. Aangezien er echter wel waarden gemeten zijn, is ervoor gekozen deze te presenteren in de grafieken, met een duidelijke weergave van de rapportagegrens.

Tabel 2: Norm Drinkwaterbesluit (DWB) en grens- en streefwaarden Vitens [3]

	eenheid	Norm DWB	Vitens streefwaarde	Vitens grenswaarde
Troebelings	FTU	$\leq 1,0$	$\leq 0,4$	$\leq 1,0$
Zuurgraad (pH)	-	$7,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$	$7,8 \leq \text{pH} \leq 8,3$	$7,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$
Verzadigingsindex (SI)	-	$\geq -0,2$	$-0,2 \leq \text{SI} \leq 0,3$	$\geq -0,2$
Geleidingsvermogen bij 20 °C (EGV)	mS/m	≤ 125	≤ 80	≤ 125
Waterstofcarbonaat	mg/l	≥ 60	≥ 90	≥ 60
Totale Hardheid	mmol/l	$>1,0^A$	$1,0 \leq \text{tH} \leq 1,2$	$1,0 \leq \text{tH} \leq 2,0$
Ammonium (NH_4^+)	mg/l	$\leq 0,2$	$\leq 0,05$	$\leq 0,2$
Nitriet (NO_2^-)	mg/l	$\leq 0,1^B$	$\leq 0,03$	$\leq 0,05$
Nitraat (NO_3^-)	mg/l	$\leq 50^B$	≤ 25	≤ 50
IJzer, na aanzuren	mg/l	$\leq 0,2$	$\leq 0,05$	$\leq 0,1$
Mangaan, na aanzuren	mg/l	$\leq 0,05$	$\leq 0,01$	$\leq 0,05$
Kleurintensiteit	mg Pt/Co/l	≤ 20	≤ 10	≤ 20
Totaal organisch koolstof (TOC)	mg/l	-	≤ 3	≤ 5
Coliformen 37°C	per 100 ml	< 1	< 1	< 1
<i>Escherichia coli</i>	per 100 ml	< 1	< 1	< 1
<i>Aeromonas</i> 30°C	per 100 ml	≤ 1.000	$\leq 200^C$	$\leq 1.000^C$
Koloniegetal 22°C	per ml	$\leq 100^D$		

^A Totale hardheid te berekenen als aantal mmol Ca^{2+} plus Mg^{2+} /l. Normwaarde geldt uitsluitend bij toepassing van ontharding of ontzouting. Toetsing vindt plaats aan de 90 percentiel van de meetgegevens.

^B Ten aanzien van de concentraties nitraat en nitriet dient tevens te worden voldaan aan de voorwaarde dat $[\text{nitraat}]/50 + [\text{nitriet}]/3 < 1$, waarbij de rechte haken de concentratie in mg/l uitdrukken.

^C Grens- en streefwaarden gelden voor het distributiesysteem.

^D Geometrisch jaargemiddelde

Filtratieparameters

In de oude zuivering verliepen de oxidatieprocessen in de zandfilters niet optimaal. In de regel wordt, bij aanwezigheid van voldoende zuurstof, in de bovenste laag van het filter ijzer(II) omgezet naar ijzer(III), en daarna in vlokken afgevangen door de zandkorrels. Direct hieronder zetten bacteriën ammonium om in nitriet, dat vervolgens door andere bacteriën omgezet wordt in nitraat. Als laatste wordt mangaan geoxideerd. Dit is een traag proces dat pas sneller verloopt als er meer mangaanoxide is afgezet in het zandfilter.

In afbeelding 3 is te zien dat in de oude zuivering de oxidatie van ijzer nog niet afgerond was op het moment dat het reinwater de zuivering verliet. Dit is zeer waarschijnlijk het gevolg van de

beslissing het oude filtermateriaal niet meer – volgens schema – halverwege 2010 te vervangen, aangezien de nieuwe zuivering in januari 2011 opgestart zou worden. Daarnaast is in die periode om de zelfde reden slechts beperkt onderhoud uitgevoerd aan de sproeibeluchters. De oxidatie liep door in het distributienet, waardoor het ijzer daar uitvlokte en neersloeg. De onvolledige oxidatie van ijzer in het filterbed resulteert in slechtere omzetting van ammonium in nitriet en nitraat en ook de oxidatie van mangaan verloopt moeizaam (afbeelding 4, 5 en 6). Het gevolg van deze onvolledige omzettingen is dat de zuurstofconcentratie in het leidingnet nog afneemt (afbeelding 7).

Met het in gebruik nemen van de nieuwe snelfilters en beluchting stijgt het zuurstofgehalte in het reinwater, terwijl de concentraties van de oxidatieparameters dalen. Dit heeft even tijd nodig, om twee redenen. Ten eerste is niet meteen volledig overgeschakeld op de nieuwe zuivering. Ten tweede moeten de bacteriën in het zandfilter die verantwoordelijk zijn voor de omzetting van ammonium en nitriet eerst een stabiele kolonie vormen. Het langetermijneffect is echter wel degelijk: zeer lage waarden in het reine water en nauwelijks nog oxidatieprocessen in het leidingnet, waardoor de zuurstofconcentratie hoger blijft.

Verwacht werd dat de troebelheid bij het in gebruik nemen van de nieuwe snelfilters en de extra filterstap met kleinere korreldiameter zou afnemen. De meetresultaten laten echter geen invloed van de nieuwe filters zien (afbeelding 8). De meetmomenten zijn zo gekozen dat er zowel op het moment van piekverbruik als tijdens lager verbruik monsters zijn genomen. Uit de dagpatronen voor debiet en de gemeten troebelheid valt niet op te maken dat er een relatie zou zijn tussen de troebelheid en de invoering van de nieuwe zuivering. Waardoor de variatie in troebelheid wel veroorzaakt wordt, is niet af te leiden uit de geanalyseerde gegevens. Er is geen duidelijk verband tussen de troebelheid af pompstation en bij de meetpunten in het leidingnet.

Kalk-koolzuurevenwicht

De nieuwe zuivering heeft een positief effect gehad op de parameters gerelateerd aan het kalk-koolzuurevenwicht. Dit begint al voor de ingebruikneming van de ontharding. Doordat de nieuwe beluchting beter werkt (afbeelding 7), wordt er meer CO₂ uitgedreven. Dit zorgt voor een verlaging van de HCO₃⁻-concentratie en een verhoging van de pH. Na ingebruikneming van de ontharding halveert de calciumconcentratie waardoor de totale hardheid (som van calcium- en magnesiumconcentratie in mmol/l) inmiddels voldoet aan de streefwaarde van Vitens (afbeelding 9). De regeling van de reactoren zal nog iets aangepast worden, om nog dieper te kunnen ontharden. Als gevolg van de grote afname van vooral de calciumconcentratie is ook de EGV sterk gedaald.

Microbiologische parameters

De temperatuur van het water heeft veel invloed op biologische activiteit. Is het koud, dan neemt de activiteit af, bij hogere temperaturen is de activiteit ook hoger. Het ruw- en reinwater van productiestation Kolff zijn, als gevolg van de grondwaterwinning, erg constant van temperatuur. De laagst gemeten temperatuur van het reinwater is 10,5 °C, de hoogste 12,5 °C, het gemiddelde van de 15 meetdagen is 11,5 °C (afbeelding 10). De spreiding is in het net veel groter (min. 7 °C, max. 17,8 °C); hierbij speelt verblijftijd een belangrijke rol. Meetpunt 3 heeft de langste verblijftijd en is het verst verwijderd van het pompstation. Dit punt reageert het

sterkst op de buitentemperatuur. Als het buiten koud is, heeft het water daar de laagste temperatuur, is het warm dan heeft het water daar de hoogste temperatuur.

Verwacht wordt dat het beter verwijderen van ijzer, ammonium, nitriet en mangaan de biologische activiteit in het leidingnet zal verlagen. De trend in metingen van het koloniegetal 22°C lijkt dit te onderschrijven (afbeelding 11), vooral voor het water af pompstation. Er zijn echter geen metingen gedaan vóór de aanpassing van de zuivering. De meetwaarden voor TCC en *Aeromonas* (afbeeldingen 12 en 13) bevestigen dit beeld niet. Dit kan verklaard worden doordat het leidingnet na inschakeling van de nieuwe zuivering nog niet gereinigd is en er nog voldoende voedingsstoffen aanwezig zijn om groei in het leidingnet te ondersteunen.

De concentraties *Aeromonas* in het net variëren over de gehele meetperiode. Zowel in de zomer van 2011 als in die van 2012 wordt de wettelijke norm (1.000 kve / 100ml) meerdere malen overschreden. In de meeste gevallen zijn de concentraties in meetpunt 2 het hoogst. Dit is opvallend, omdat de verblijftijd daar korter is dan in meetpunt 3 en ook de temperatuur van het water daar in de zomermaanden (als de hoogste concentraties gevonden worden) daar lager is dan bij meetpunt 3. Een verschil tussen meetpunt 2 en 3 is het leidingmateriaal. Ter hoogte van meetpunt 2 is dit asbestcement, bij meetpunt 3 pvc.

Conclusies

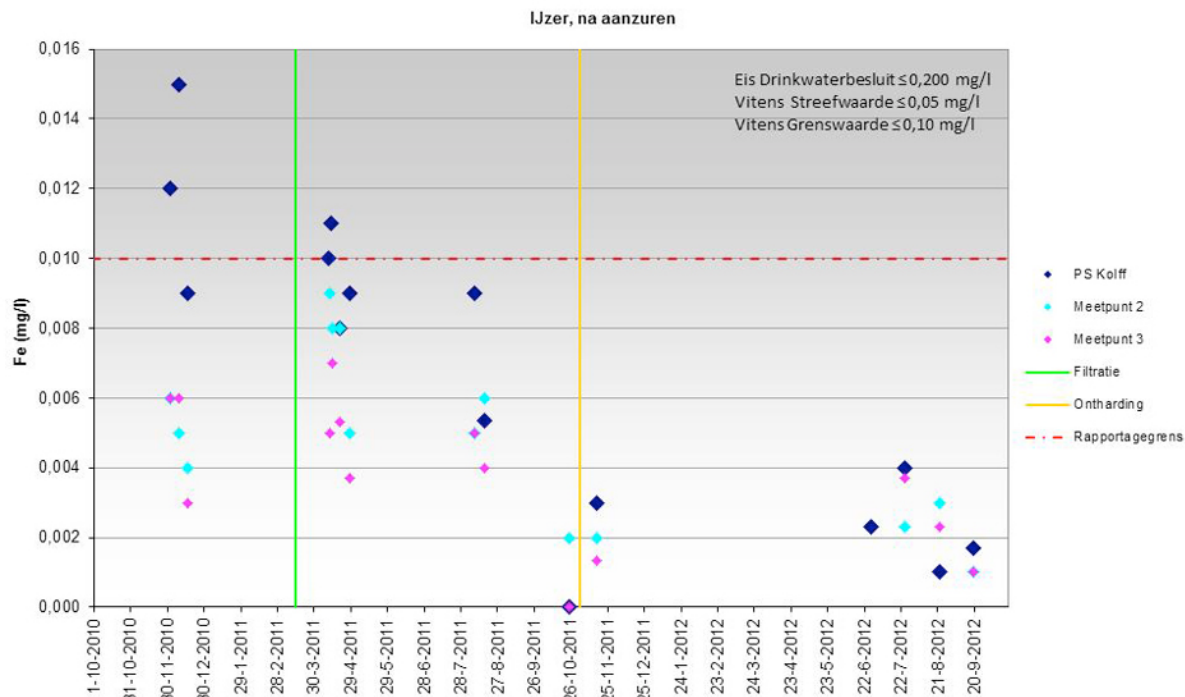
Sinds de ingebruikneming van de nieuwe beluchting en snelfilters verlopen de oxidatieprocessen volledig tijdens de zuivering. De meetgegevens laten zien dat er geen oxidatie meer plaatsvindt in het distributienet. Het gevolg hiervan is dat er minder voedingsstoffen voor biologische activiteit het distributienet in gaan. Dit heeft in de eerste anderhalf jaar echter nog niet geleid tot aantoonbaar minder microbiologische activiteit in het net.

Door toevoeging van de onthardingsstap geldt er een extra norm uit het Drinkwaterbesluit ($\geq 1,0$ mmol/l). Hier wordt aan voldaan. De Vitens streefwaarde ($\geq 1,0$ en $\leq 1,2$ mmol/l) wordt inmiddels ook gehaald. De pH voldoet sinds invoering van de ontharding aan de streefwaarden gesteld door Vitens.

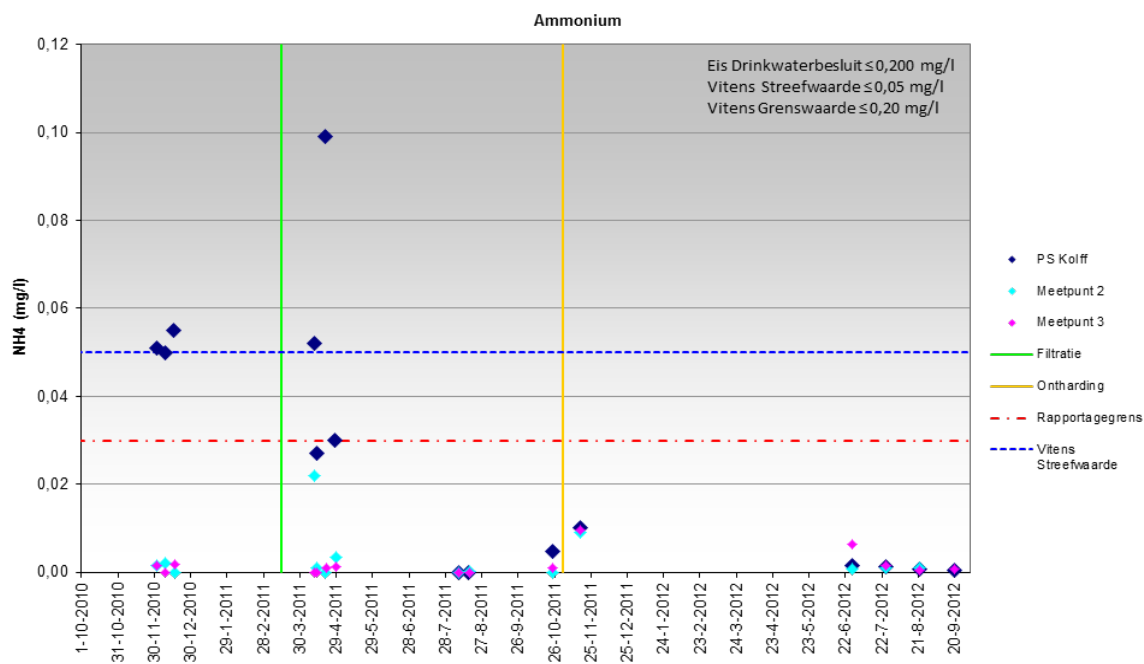
De biologische parameters zijn niet aantoonbaar veranderd als gevolg van de overgang naar een nieuwe zuivering. *Aeromonas* 30°C was af pompstation al niet of nauwelijks aanwezig, dit is niet veranderd. In het netwerk is in beide zomers de wettelijke norm toch overschreden. Opvallend is hierbij dat er geen directe relatie is met de watertemperatuur ter plaatse, maar dat waarschijnlijk het leidingmateriaal met de biofilm de belangrijkste invloed is.

De troebelheid gemeten af pompstation laat geen structurele verandering zien na de ingebruikneming van de nieuwe snelfilters. Uit de dagpatronen voor debiet en de gemeten troebelheid valt niet op te maken dat er een relatie is. Zoals verwacht is geen duidelijk verband tussen de troebelheid af pompstation en die in het leidingnet.

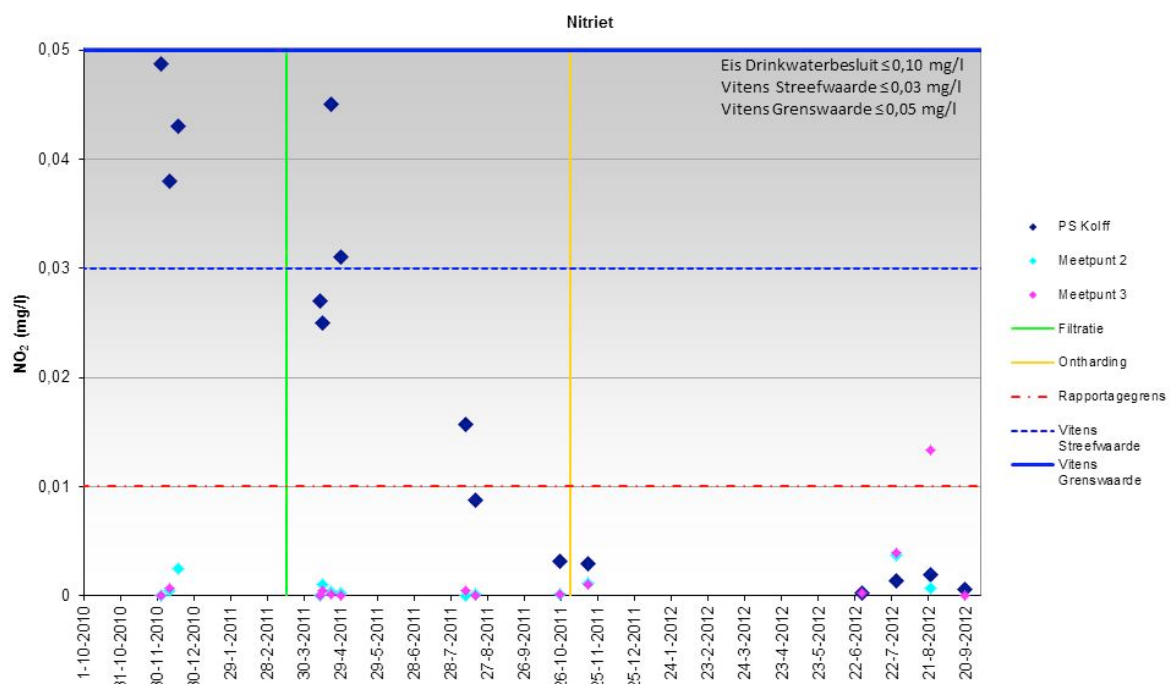
Het drinkwater dat uit de kraan komt bij de klant is zachter geworden en er worden minder voedingsstoffen voor biologische activiteit het net in gestuurd, maar dit heeft nog geen effect gehad op de biologische activiteit in het drinkwater bij de klant. Of dit verandert na reinigen van het leidingnet moet nog blijken. Mogelijk vindt ook op natuurlijke wijze reductie van de biofilm plaats.



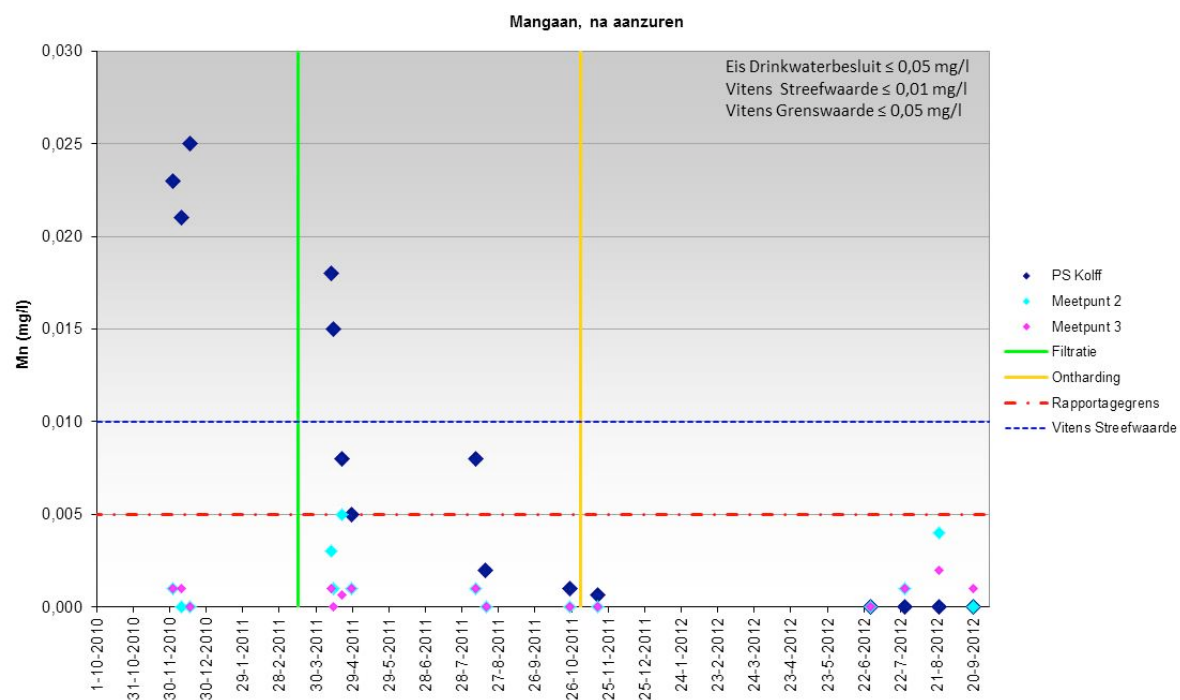
Afbeelding 3. Meetresultaten ijzerconcentratie



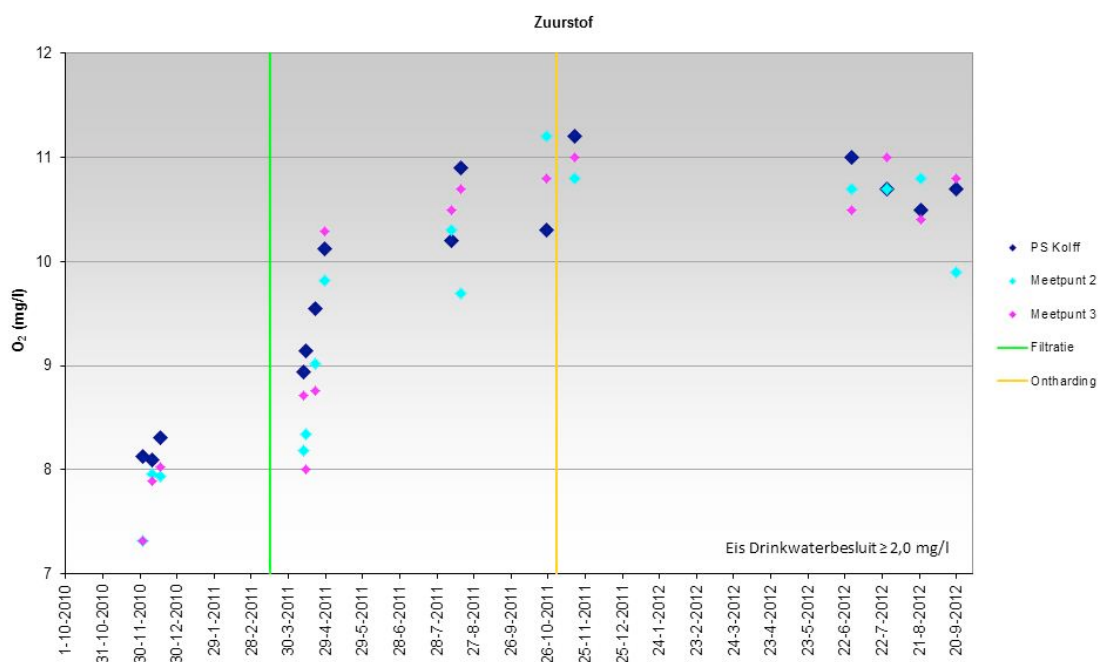
Afbeelding 4. Meetresultaten ammoniumconcentratie



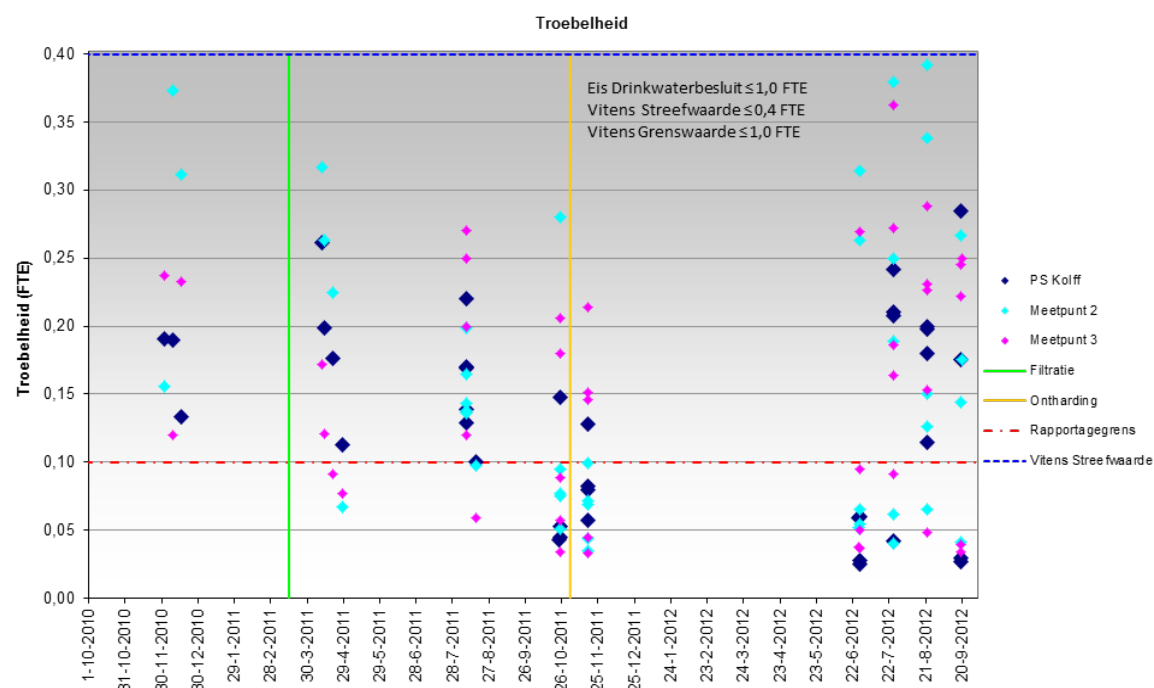
Afbeelding 5. Meetresultaten nitrietconcentratie



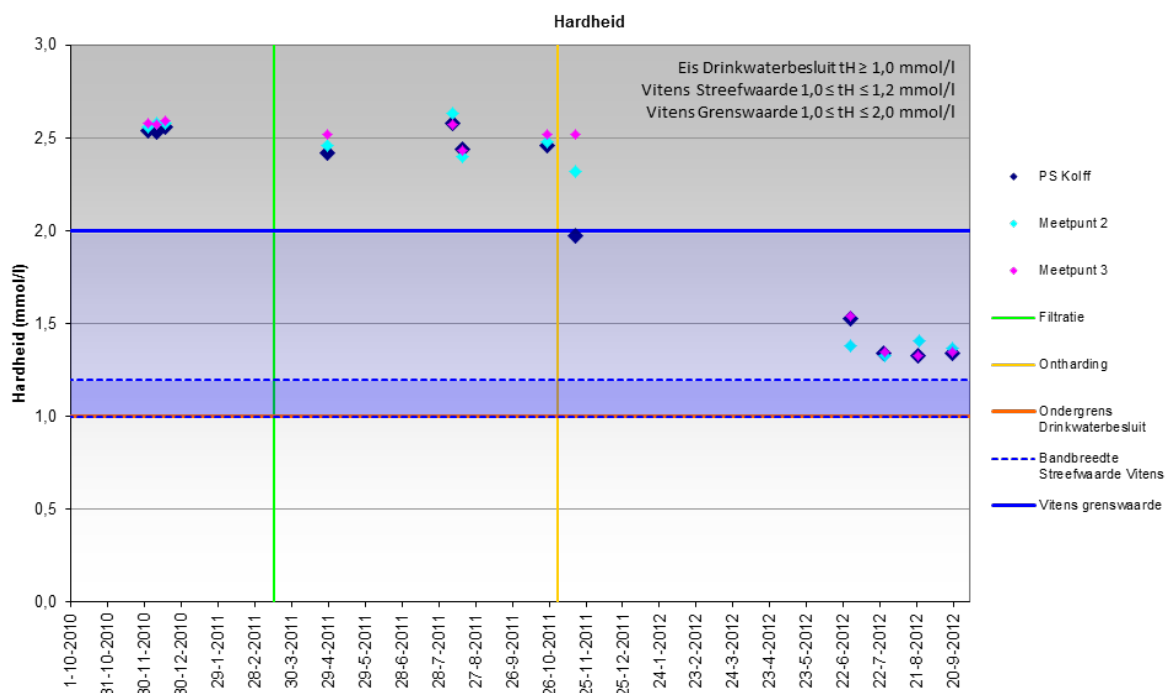
Afbeelding 6. Meetresultaten mangaanconcentratie



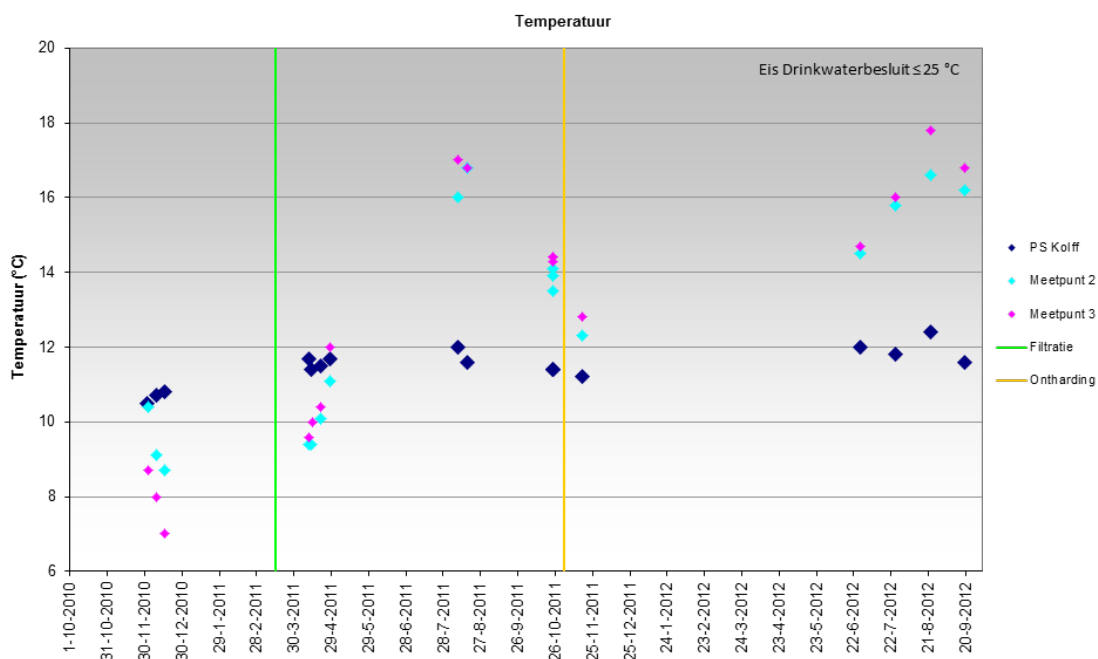
Afbeelding 7. Zuurstofconcentratie



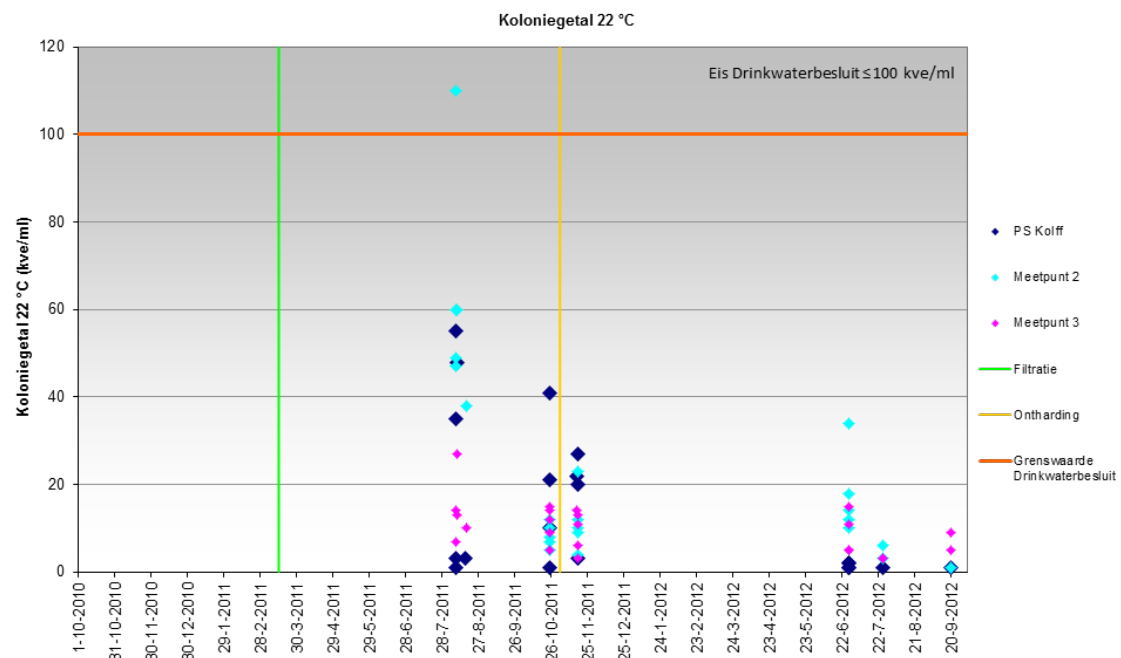
Afbeelding 8. Meetresultaten troebelheid



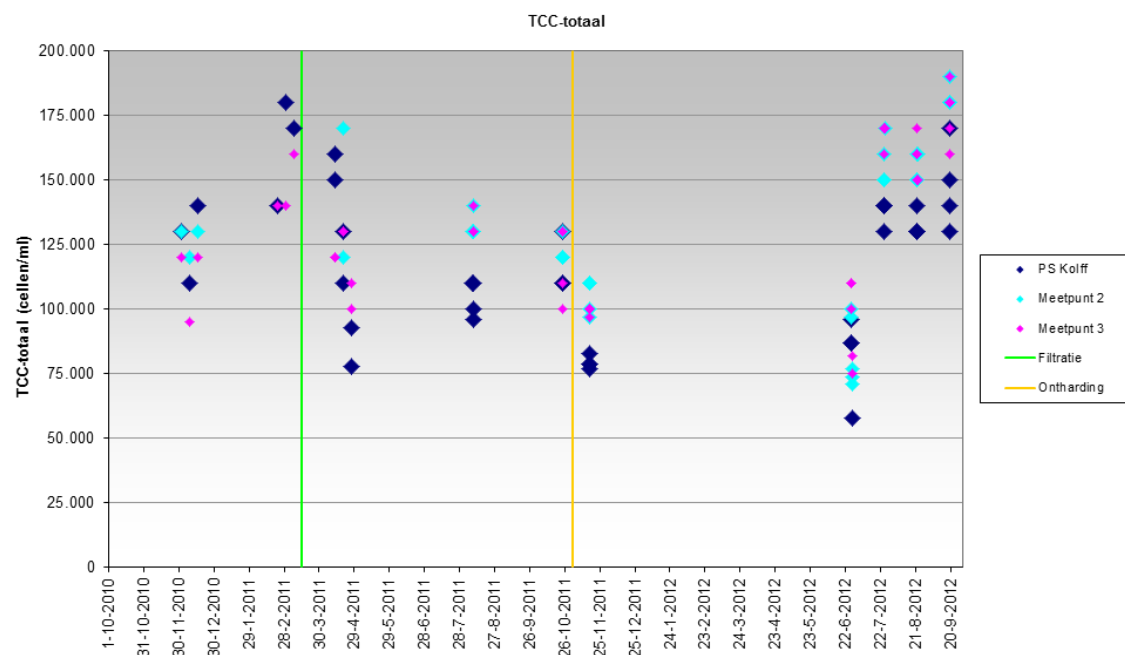
Afbeelding 9. Totale hardheid



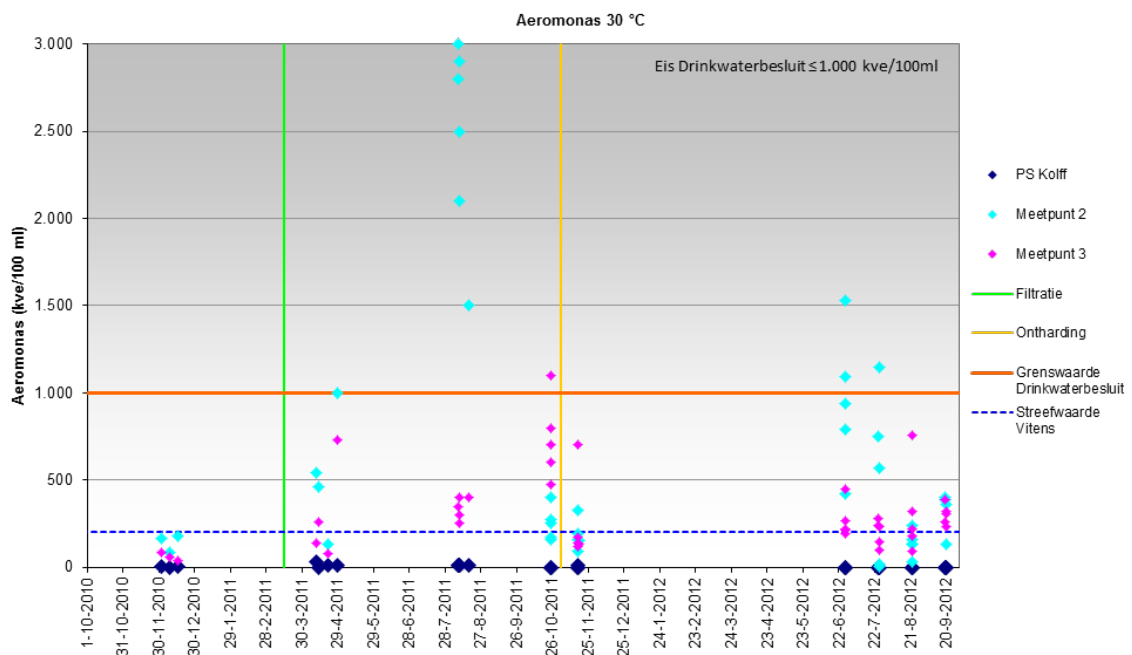
Afbeelding 10. Meetresultaten temperatuur



Afbeelding 11. Ontwikkeling koloniegetal 22 °C



Afbeelding 12. Meetresultaten TCC-totaal



Afbeelding 13. Aeromonas 30 °C

Literatuur

1. Vewin (2012). Drinkwaterstatistieken 2012 - De watercyclus van bron tot kraan. Vewin.
2. Mense, P. (2010). Oasen: Invloed leidingnet op kwaliteit drinkwater onderschat. H2O 2010 (4), pp. 4-5.
3. Vitens (2010). Kwaliteit en Zuivering 2009.