

Memo

Datum	Aantal pagina's	
22 november 2019	16	
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Rianne van den Meiracker Joachim Rozemeijer	+31(0)88 335 8020	Rianne.vandenMeiracker@deltares.nl

Onderwerp
Memo Analyse Sensormetingen Waterkwaliteit Aa en Maas

1 Introductie

1.1 Aanleiding

In het kader van het project 'Sensorgestuurd boeren' van Waterschap Aa en Maas en projectpartners zijn waterkwaliteitssensoren geplaatst in de Vinkenloop, vlak voor de uitmonding in de Strijpse beek vlakbij het dorp Westerbeek. Het doel van deze metingen was het opdoen van ervaring met sensorisch meten en het vergelijken van verschillende typen sensoren. Er zijn sensoren gebruikt voor de parameters NO_3 , NH_4 , pH, O_2 en EGV. Voor deze parameters (pH uitgezonderd) zijn twee verschillende typen sensoren gebruikt. Naast de sensormetingen zijn de locaties wekelijks bemonsterd en op de conventionele wijze bemeten door waterschapslaboratorium Aquon. Op deze manier was voor deze analyse een dataset van sensormetingen en steekmonsters voor 3 maanden (20 april tot 20 juni 2019) beschikbaar.

1.2 Doel

Het doel van dit project was het analyseren van de dataset met metingen in de Vinkenloop. De dataset is geanalyseerd voor een periode van drie maanden voorafgaand aan de droogval van de Vinkenloop op 29 juli 2019. De dagen direct voor de droogval van de sloot vertonen mogelijk ook afwijkende waarden door de lage waterstand en beperkte doorstroming en daarom is gekozen de data van 20 april 2019 tot en met 20 juli 2019 te analyseren.

De in deze memo beschreven analyse van de meetgegevens had de volgende doelstellingen:

- Het weergeven van alle meetgegevens en beschrijven van de resultaten.
- Het verklaren van de gemeten waarden door bekende water- en bodemprocessen die spelen, weersinvloeden, meet-artefacten etc.
- Het visualiseren en duiden van de verschillen tussen de sensoren en bepalen of er kwaliteitsverschillen zijn tussen de verschillende sensoren

2 Locatie en methoden

2.1 Locatiebeschrijving

De sensoren staan bij de uitmonding van de Vinkenloop (Zuidoost-Noordwest) in de Strijpse beek (Zuidwest-Noordoost). De Strijpse beek is een grotere watergang die door wateraanvoer ook in de zomer watervoerend is. De Vinkenloop is een kleine beek die alleen gebiedseigen water afvoert uit een stroomgebied met voornamelijk landbouw. In figuur 1 is de onderzoeklocatie en het stroomgebied van de Vinkenloop weergegeven.



Figuur 1: Onderzoekslocatie en stroomgebied van de Vinkenloop bij Westerbeek

In figuur 2 is een foto van de Vinkenloop in de zomersituatie weergegeven. Zoals te zien in de figuur is de Vinkenloop een smalle, rechte sloot langs een weg met in de zomer veel begroeiing. De waterstand was in warme, droge perioden vaak erg laag, waardoor er weinig stroming van het water plaatsvond. Voordat de sloot op 29 juli langdurig droog viel, zijn er ook korte perioden geweest waarin de sloot droog is gevallen.



Figuur 2: locatie Vinkenloop met sensoren.

Op ongeveer 20 meter stroomafwaarts van de sensoren volgt de duiker naar de Strijpse beek. Deze duiker ligt ongeveer 10 cm boven dan de slootbodem; er moet dus tenminste 10 cm water in de loop staan voordat uitstroming plaats vindt. Rondom de sensoren is de slootbodem ongeveer 30 cm extra verdiept. Helaas is geen waterstandmeting ingezet t.o.v. de duiker. Onduidelijk is dus in hoeverre er afvoer was en dus of er in de betreffende periode stilstaand water is geweest. Ook weten we niet precies wanneer droogval heeft plaatsgevonden.

Net benedenstrooms van de sensoren komt de afvoerpijp van een samengesteld peilgestuurd drainagesysteem uit. Water vanuit deze drainage zal amper bij de sensoren terecht komen in geval van afvoer via de duiker. Daarentegen kan deze drainage in de situatie zonder afvoer grote invloed hebben op het meetresultaat in het water rondom de sensoren. We verwachten echter dat de afvoer via het drainagesysteem eerder stopt dan de afvoer van de Vinkenloop.

2.2 Metingen

In het voorjaar van 2019 zijn de volgende sensoren geplaatst in de Vinkenloop:

- Hydrosourcesensoren voor het meten van de parameters troebelheid (NTU), temperatuur (°C), NH_4 (mg/l), elektrisch geleidingsvermogen ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en O_2 (mg/l);
- Ott EcoN sensor voor het meten van de concentratie NO_3 met UV-absorptie (mg/l);
- Eijkelkamp sensoren voor het meten van de parameters temperatuur (°C), NH_4 (mg/l), NO_3 (mg/l), EGV ($\mu\text{S}/\text{cm}$), O_2 (mg/l) en pH.

De sensoren zijn geplaatst in geperforeerde beschermingsbuizen, zie figuur 3.

Naast de sensormetingen zijn watermonsters genomen en geanalyseerd door Aquon. Daarbij zijn onder meer de volgende parameters gemeten: watertemperatuur (°C), NH_4 (mg/l), NO_3 (mg/l), EGV ($\mu\text{S}/\text{m}$), O_2 (mg/l) en pH.



Figuur 3: Sensoren geplaatst in geperforeerde buizen in de Vinkenloop.

3 Meetresultaten

In de periode van 20 april tot en met 20 juli zijn verschillende parameters in de Vinkenloop gemeten met behulp van verschillende sensoren, zie paragraaf 2.2. De gebruikte neerslagdata en luchttemperatuurdata zijn verzameld door het KNMI (meetstation Volkel, 15 km ten west-noord-westen van sensoren). Hier volgt eerst een beschrijving van de meetresultaten per sensor.

3.1 Hydrosource sensoren – overzicht: Troebelheid, temperatuur, EGV, O2 en NH4

In figuur 4 zijn de metingen van de verschillende parameters van Hydrosource van 20 april tot 20 juli weergegeven, de neerslag in diezelfde periode voor meetstation Volkel is ook weergegeven.

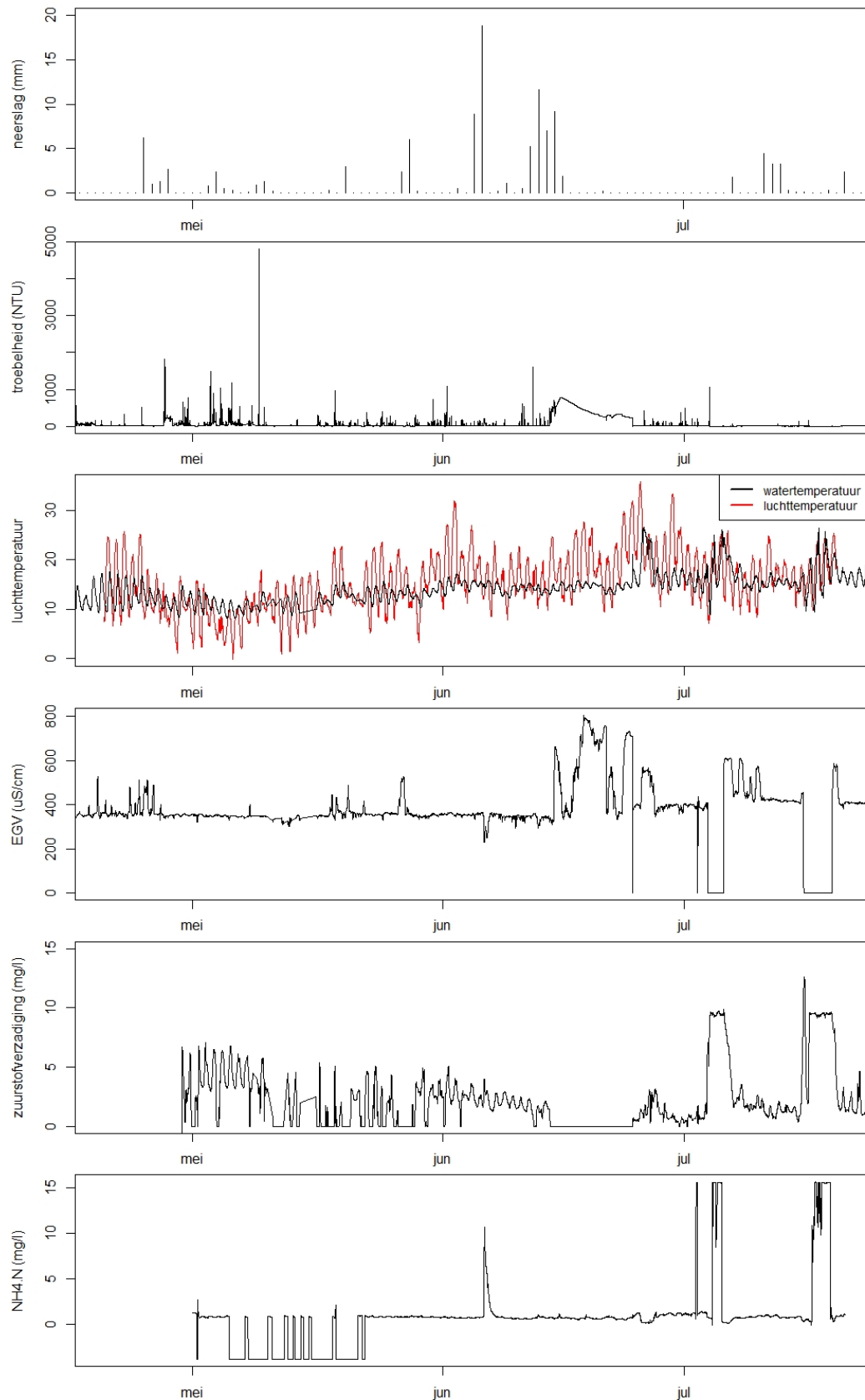
Zoals eerder genoemd heeft de Vinkenloop voordat deze langdurig droogviel op 29 juli al eerder een aantal keer kort droog gestaan. Het gaat om de volgende periodes:

- 27 juni 2019
- 4 en 5 juli 2019
- 16 tot en met 18 juli 2019

Deze periodes zijn te herkennen aan een EGV waarde van 0 en een hoge temperatuur (ofwel een grotere dag-nacht fluctuatie).

Datum
22 november 2019

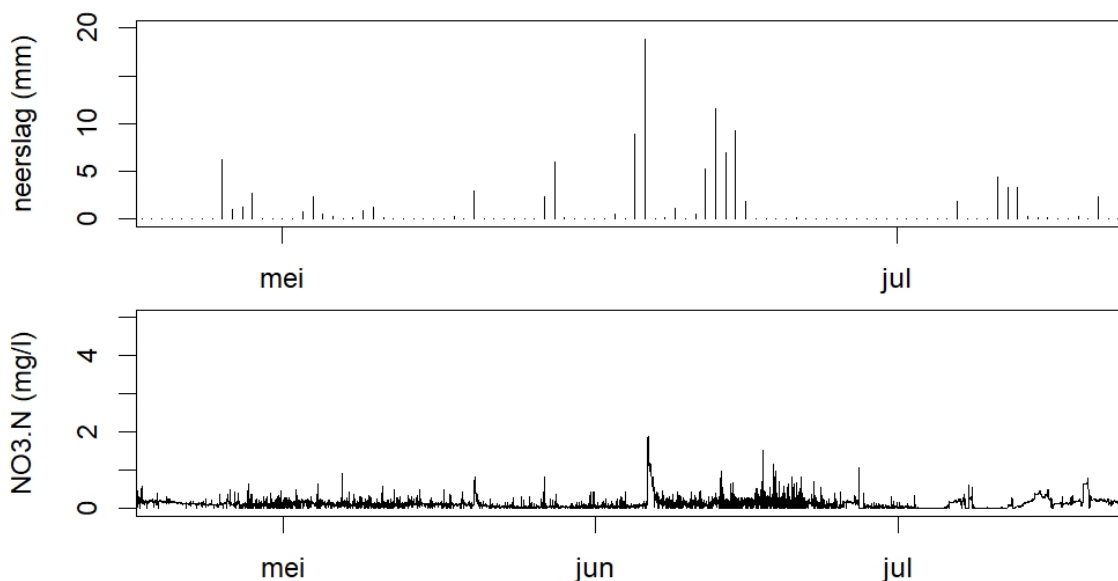
Pagina
6 van 16



Figuur 4: overzicht parameters gemeten door de Hydrosense sensoren.

3.2 Ott EcoN sensor – overzicht: NO₃-N

In figuur 5 zijn de metingen met de Ott EcoN en de neerslag over de periode van 20 april tot en met 20 juli weergegeven. Wat opvalt is dat de nitraatconcentraties erg laag zijn, met een maximum concentratie van ongeveer 2 mg/l NO₃-N, en dat de meetwaarden erg schommelen tussen de 0 en 1 mg/l NO₃-N.



Figuur 5: Overzicht Ott hydrometer metingen.

3.3 Eijkelkamp sensoren - overzicht: NH₄, NO₃, EGV, O₂, pH.

In figuur 6 staat een overzicht van de metingen van de verschillende parameters van de Eijkelkamp sensoren van 20 april tot 20 juli. Daarnaast is de neerslag op meetstation Volkel in diezelfde periode weergegeven. Zoals eerder genoemd heeft de Vinkenloop, voordat deze langdurig droogviel op 29 juli, al eerder een aantal keer kort droog gestaan, zie 3.1.1. Gedurende deze periodes worden er extreem hoge waarden voor ammonium waargenomen, die gepaard gaan met lage waarden voor nitraat en pH en hoge waarden voor zuurstofverzadiging. Deze afwijkende metingen ten opzichte van de overige data kunnen verklaard worden door droogval van de sloot, waardoor de sensoren geen betrouwbare metingen kunnen uitvoeren.

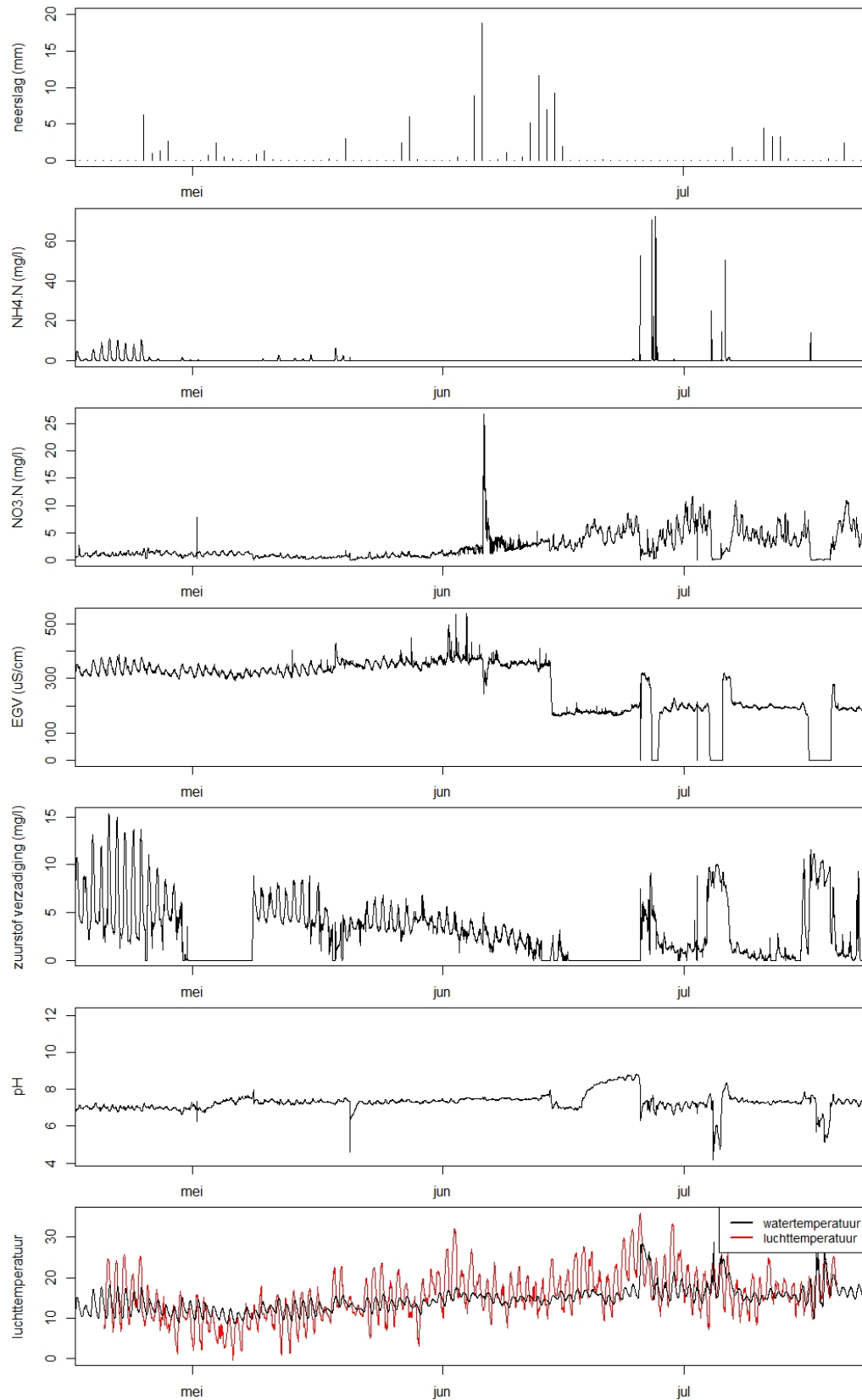
De EGV maakt een flinke sprong op 14 juni, de waarde van de EGV daalt van gemiddeld 360 naar gemiddeld 200 μ S/cm.

Begin mei is de zuurstofverzadiging enige tijd 0. Op 8 mei is de sensor schoongemaakt en bleek dat de sensor deels in de sliblaag hing, de sensor is iets hoger gehangen waarna de zuurstofverzadiging weer correct gemeten werd.

Eind april vertonen veel parameters een dag-nachtritme. De amplitude van deze schommelingen is groot voor NH₄-N, van 0 tot 10 mg/l. De pieken voor ammonium treden op in de namiddag, terwijl de laagste concentraties in de vroege ochtend gemeten worden. De pieken en dalen vallen ongeveer samen met die voor de zuurstofverzadiging en de temperatuur.

Datum
22 november 2019

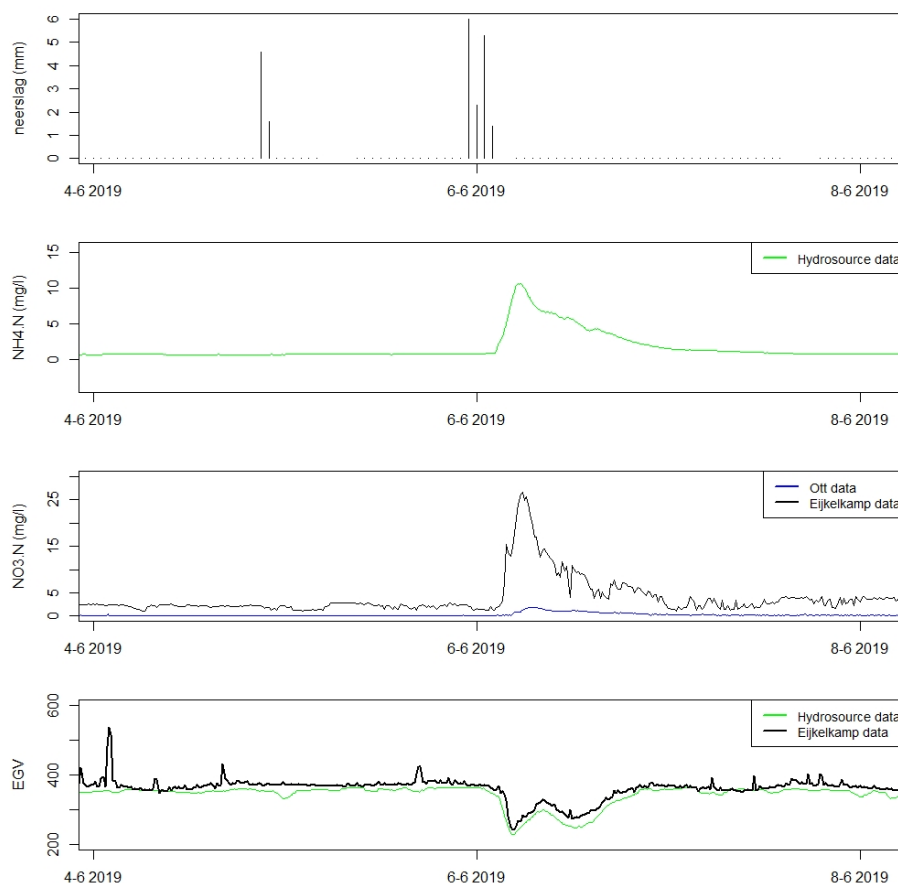
Pagina
8 van 16



Figuur 6: Overzicht metingen Eijkelkamp.

3.4 Detailoverzicht relatie parameters en neerslag

In figuur 7 is ingezoomd op de periode van 4 juni tot en met 8 juni, waarin een reactie van de ammonium en nitraat concentraties op een bui optreedt. Tussen de Hydrosource data en de data van de Eijkelkamp sensoren was een tijdverschil van 2 uur zichtbaar, de Hydrosource data is hiervoor gecorrigeerd. Na een bui op 6 juni is er een piek in ammonium en een kleine afname in EGV zichtbaar. De afname in EGV is zowel zichtbaar in de Hydrosource data als in de Eijkelkamp data. De piekconcentratie van NH_4 is ca. 10 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$, wat opvallend hoog is. Samen met een toename in de afvoer (niet gemeten), zou dit een flinke (toxische?) ammoniumvrucht naar de Strijpse beek en het verder benedenstroomse oppervlaktewater opleveren. Niet na elke (in Volkel geregistreerde) regenbui treedt een reactie op in de gemeten concentraties in de Vinkenloop. Het is goed mogelijk dat niet elke zomerbui in Volkel ook gepaard gaat met een bui die op de meetlocatie die voor extra afvoer en veranderende concentraties zorgt. Buien van minder dan 4-6 mm over 2 dagen verdeeld geven op droge zandgronden door de berging in bodem en grondwater niet altijd extra afvoer. Aangezien de afvoer en de waterstand niet gemeten zijn, is niet vast te stellen of er lokaal ook een bui van relevante omvang was. Dit is eventueel nog te controleren op basis van neerslagradar gegevens. De concentratie NO_3 vertoont, net als NH_4 , een piek als reactie op de bui van 6 juni. Deze piek in NO_3 is zichtbaar in zowel de Ott data als in de Eijkelkamp data. Opvallend is dat de piek in de nitraatconcentratie bij de Eijkelkamp sensoren een orde-grootte hoger is dan bij de Ott hydrometer.

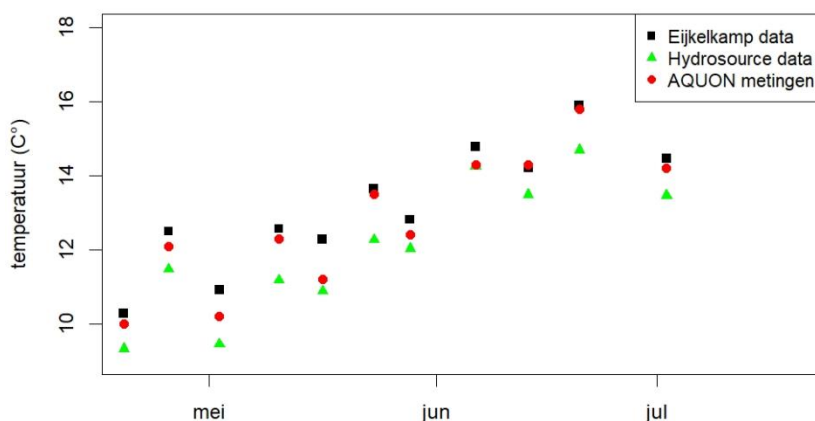


Figuur 7: detailoverzicht parameters van de verschillende sensoren en neerslag.

3.5 Vergelijking sensoren met Aquon metingen

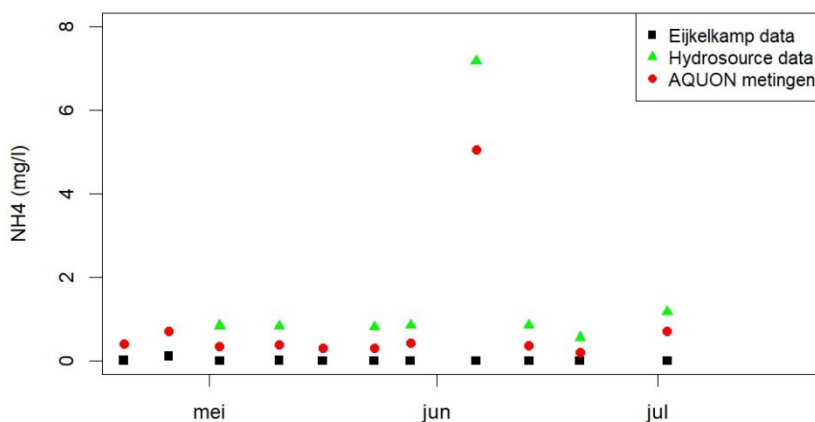
Temperatuur, NH_4 , NO_3 en EGV zijn met 2 verschillende sensoren gemeten, de pH is met één sensor gemeten. Hieronder worden de sensormetingen vergeleken met de Aquon metingen. Daartoe is de sensormeting voor hetzelfde moment als de monsternamen uit de meetreeks geselecteerd.

Uit figuur 10 is op te merken dat zowel de Eijkelkamp sensor als de Hydrosorce sensor sterk vergelijkbare resultaten voor watertemperatuur geven met de Aquon metingen.



Figuur 10: Vergelijking tussen sensortypen en Aquon veldmetingen voor de watertemperatuur.

In figuur 11 is te zien dat de concentraties NH_4 gemeten door Aquon tussen de waarden van Eijkelkamp en Hydrosorce in liggen, waarbij Hydrosorce steeds hogere waarden aangeeft. De afwijking tussen de laboratoriummetingen en de sensormetingen is consequent. Over het algemeen zijn de NH_4 concentraties erg laag, behalve tijdens de bui van 6 juni. De Eijkelkamp sensor laat geen NH_4 -piek zien na deze bui, terwijl de Hydrosorce wel een NH_4 -piek tot 10 mg/l laat zien. Ook de Aquon meting van 6 april laat een duidelijk verhoogde concentratie zien.



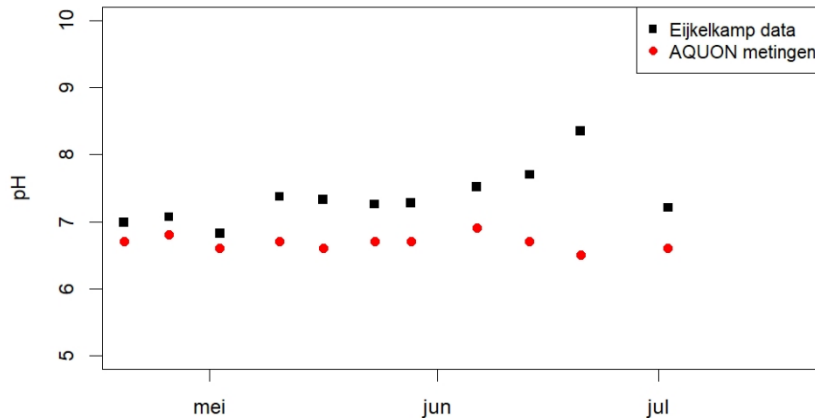
Figuur 11: Vergelijking tussen sensortypen en laboratoriummetingen voor ammonium.

In figuur 12 wordt de NO_3 concentratie zoals gemeten door de Ott EcoN sensor, de Eijkelkamp sensor en de Aquon watermonsters weergegeven. In april en mei zijn de concentraties laag en komen de meetwaarden van de Ott EcoN sterk overeen met de door Aquon gemeten

In figuur 14 worden de pH metingen van de Eijkelkamp sensor vergeleken met de Aquon metingen. Uit deze figuur blijkt dat de sensormetingen structureel hoger zijn dan de Aquon metingen.

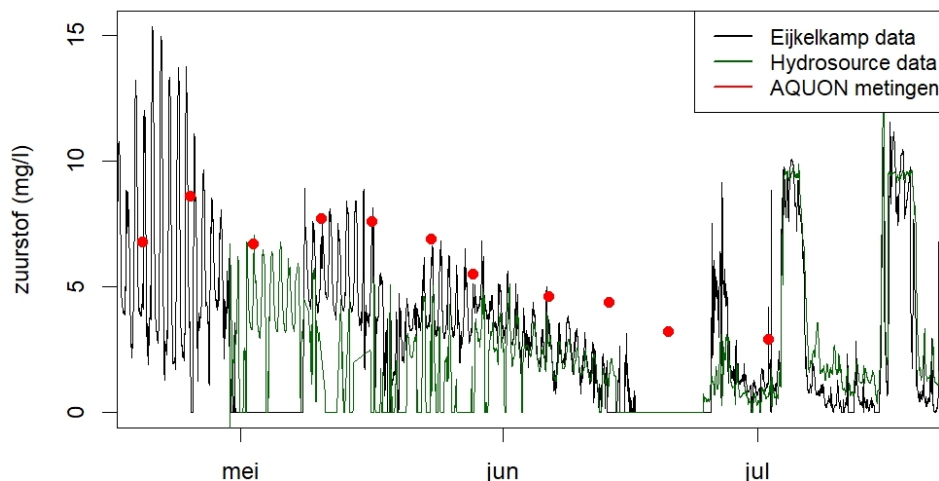
Datum
22 november 2019

Pagina
12 van 16



Figuur 14: Vergelijking tussen sensortypen en laboratoriummetingen voor pH.

Vanwege het sterkte dag-nacht ritme van de zuurstofverzadiging is ervoor gekozen om de verschillen tussen de Eijkelkamp en Hydrosorce sensoren weer te geven met een lijngrafiek (figuur 15). De Hydrosorce sensor meet pas vanaf eind april de zuurstofverzadiging, vandaar dat er geen metingen van voor die tijd zijn. De Eijkelkamp zuurstof sensor heeft een tijdje in het slib gehangen, waardoor in het begin van mei geen metingen genomen konden worden. Vanaf halverwege juni was de waterstand in de sloot erg laag en heeft de sloot ook een aantal keer droog gestaan, hierdoor is het lastig om te bepalen welke sensor een nauwkeuriger beeld geeft van de zuurstofconcentratie. In deze periode is de zuurstofconcentratie erg laag en regelmatig 0 mg/l (anaërobe omstandigheden).



Figuur 15: Vergelijking tussen sensortypen en laboratoriummetingen voor nitraat.

4 Discussie

Een van de doelen van deze studie was de sensordata van April-Juli 2019 in de Vinkenloop te analyseren en te duiden in relatie tot meetartefacten en hydrochemische processen. De volgende processen zijn waargenomen in de Vinkenloop:

- Dag-nachtritmes: waargenomen in de zuurstofmetingen van de Hydrosources en de ammonium, nitraat, EGV, zuurstof en pH metingen van Eijkelkamp. Onduidelijk is nog of het hier gaat om temperatuurgevoeligheid van de sensor of om invloed van biochemische processen. De EGV metingen worden gecorrigeerd voor de temperatuur, maar omdat het dag-nachtritme zich aan het begin van de meetperiode voordoet zou het kunnen dat de temperatuurkalibratie nog niet klopte. De amplitude van de schommelingen (0-10 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$) is wel uitzonderlijk groot voor biochemische processen, wat doet vermoeden dat minimaal een deel van de schommelingen door temperatuurgevoeligheid van de sensor komt. De ammoniumpieken treden op aan het eind van de middag op hetzelfde moment als de temperatuur- en de zuurstof-piek. Dit is opmerkelijk aangezien de opname en oxidatie (nitrificatie) van ammonium in de namiddag juist het hoogst zijn. Een procesmatige verklaring voor hogere NH_4 concentraties aan het eind van de dag zou kunnen zijn dat er extra ammonium vrijkomt door versnelde afbraak van organisch materiaal door de hogere temperatuur en zuurstofconcentratie. Dit proces kan echter geen piekconcentraties van 10 mg/l verklaren. De gemeten zuurstofmaxima en -minima vallen wel zoals verwacht respectievelijk aan het eind van de middag en aan begin van de ochtend. Aangezien de temperatuur hetzelfde ritme volgt, is ook hier temperatuurgevoeligheid van de sensor niet uit te sluiten.
- Droogval en bijna droogval:
 - Droogval is herkenbaar aan EGV (EGV-meters in de lucht meten 0) en gaat gepaard met een hoge (lucht)temperatuur en/of grotere schommelingen in de temperatuur.
 - Bij het bijna droogvallen van de sloot kunnen gemeten concentraties gaan afwijken door te weinig stroming en verversing van het water rond de sensoren, dit speelt met name vanaf halverwege juni vanwege zeer geringe regenval en veel verdamping. De lage zuurstofconcentratie halverwege juni kan verklaard worden door de beperkte doorstroming en zuurstofvraag voor de biochemische oxidatie van ammonium en ijzer.
- Reactie op buien: de geanalyseerde periode was een vrij droge periode, alleen op 6 juni is een reactie op een bui zichtbaar. De concentraties NO_3 en NH_4 stijgen na de bui, de EGV daalt juist. Een verklaring hiervoor is de activering van uitspoeling van snelle, ondiepe laterale stroombanen in de percelen (grondwater/drainen) met hogere NO_3 en NH_4 concentraties. De lagere EGV komt door verdunning met regenwater dat snel tot afvoer komt. Bij de EGV lijken er wel 2 processen door elkaar op te treden. Naast de verdunning is er een kleine piek in de EGV, precies gelijk met de piek in NO_3 en NH_4 . NO_3 en NH_4 zijn ook zouten die deel uitmaken van de EGV. De verdunning met neerslagwater en de activering van uitspoeling hebben derhalve een tegengesteld effect op de EGV.

Een van de doelen van deze studie was ook het duiden van de verschillen tussen de sensoren en het bepalen van eventuele kwaliteitsverschillen tussen de sensoren. Per parameter vallen de volgende dingen op:

- Over de gehele meetperiode is de concentratie ammonium erg laag. De Hydrosources metingen zijn structureel wat hoger en de Eijkelkamp metingen structureel wat lager dan lab-metingen door Aquon. Door de lage concentratie ammonium is het lastig om een uitspraak te doen over de kwaliteit van beide sensoren. Een grotere spreiding in concentratieniveaus is nodig voor het maken van een goede vergelijking. Opvallend is dat de NH_4 sensor van Eijkelkamp niet reageert op de bui van 6 juni, terwijl de Hydrosources een duidelijke piek laat zien en ook de bemonstering een hoge NH_4 concentratie opleverde. Daarnaast is het opvallend dat de ammoniumpieken in de Eijkelkampdata in april in de namiddag vallen, juist wanneer de biologische opname en de oxidatie (nitrificatie) het hoogst zouden moeten zijn. Mogelijk speelt de temperatuurgevoeligheid van de sensor hier een rol.
- Over de gehele meetperiode is ook de concentratie nitraat erg laag. De Eijkelkamp sensor vertoont drift naar hogere meetwaarden (tot 5 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$) vanaf juni. De Eijkelkamp sensor moet regelmatig worden onderhouden en/of voorzien van nieuwe electrodes. De fabrikant heeft aangegeven dat dit rond juni had moeten gebeuren, maar toen heeft er geen onderhoud plaatsgevonden. De drift in nitraat waarden van de Eijkelkamp sensor kan hiermee mogelijk worden verklaard. De Ott EcoN metingen komen goed overeen met metingen van Aquon (laag gedurende de hele periode). De Eijkelkamp sensor is een ion-selectieve electrode, deze zijn gevoelig voor drift door aanslag (ijzer/biofilm) en veroudering van de electrode. De Ott EcoN metingen worden gedaan met behulp van een UV absorptie meting en is minder gevoelig voor drift. De sensor heeft geen last van veroudering en een antifouling wisser voorkomt aanslag. De meetwaarden van de EcoN fluctueren wel sterk tussen de 0 en 1 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$. Dit hangt waarschijnlijk samen met de concentraties die laag in het meetbereik liggen.
- Alle EGV metingen laten relatief weinig variatie zien in de tijd. De meetwaarden komen meestal goed overeen met de lab-metingen door Aquon. Rond droogval wijken de waarden meer af van de Aquon metingen. Dit kan te maken hebben met de beperkte stroming en daardoor te weinig verversing van het water rond de sensoren. Zodra de sensoren echt droogvallen geven ze de zeer lage EGV van lucht, meestal 0 $\mu\text{S/cm}$.
- De pH metingen variëren weinig in de tijd. De Eijkelkamp metingen zijn structureel ca. 0.75 pH-punt hoger dan Aquon, dit kan mogelijk met opnieuw kalibreren (deels) opgelost worden. Rond de droogval lopen de Aquon metingen en Eijkelkamp metingen verder uiteen. Dit kan te maken hebben met de beperkte stroming en daardoor te weinig verversing van het water rond de sensoren.

5 Aanbevelingen

Met betrekking tot de huidige studie en de verschillende sensormetingen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Het meten van afvoer en de lokale neerslag geeft meer houvast bij het duiden van veranderingen in concentraties in de sensordata. Nu zijn neerslaggegevens van het KNMI meetstation Vonkel gebruikt, maar neerslag kan zeker in de zomer lokaal flink verschillen. Als het niet mogelijk is de afvoer te meten is het nuttig wel het waterpeil te meten.
- Door sensoren buiten in een bak met bekende concentratie in steriel water te meten kan gecheckt worden op dag-nacht ritmes als gevolg van temperatuurafhankelijkheid van de sensoren. Hiermee kan mogelijk het dag-nacht ritme wat begin april voor enkele parameters werd waargenomen verklaard worden. Daarnaast kunnen dag-nachtritmes bevestigd worden met 24 uursbemonstering (bijv. 1/uur), eventueel met een autosampler. Sensormetingen worden veelal gecorrigeerd voor temperatuur, maar de ervaring leert dat deze correctie niet voor alle soorten water en voor het hele meetbereik altijd goed gaat.
- Door de reactie van de sensoren in een bak op trapsgewijs toenemende/afnemende concentraties testen, kan de nauwkeurigheid en de reactiesnelheid van de sensoren getest worden.
- Ion-selectieve elektroden, zoals die van Eijkelkamp / Hydrosources, moeten regelmatig onderhouden en vervangen worden om nauwkeurig en correct te kunnen blijven meten. Het beste is om deze sensoren minimaal wekelijks in het veld te controleren, schoon te maken en te ijken.
- Altijd controlemetingen (monsternamen en laboratoriumanalyse) blijven doen op de conventionele manier.
- Uit de analyse van de Ott EcoN data blijkt dat er veel korte termijn fluctuaties zijn in de concentratie van NO_3 . Dit heeft mogelijk te maken met de zeer lage nitraatconcentraties. In het interne geheugen van de Ott EcoN sensor staat mogelijk informatie (voltages) waarmee deze schommelingen verklaard kunnen worden, daarom is het van belang de interne informatie te verkrijgen.
- Uit de vergelijking van de verschillende sensoren en de meetdata van Aquon blijkt dat vooral in de droge periode van halverwege juni de waarden (sterk) uiteen lopen. Daarnaast blijken de concentraties NH_4 en NO_3 erg laag over de gehele analyseperiode. Het is daarom van groot belang om de sensordata ook te evalueren voor nattere periode. Hierin zijn waarschijnlijk meer temporale verschillen waarneembaar en zullen ook hogere concentraties NO_3 en NH_4 worden gemeten. Ook zijn er in nattere perioden naar verwachting minder problemen met de verversing van het water rond de sensoren.

Datum
22 november 2019

Pagina
16 van 16

- Het is belangrijk om een veldlogboek bij te houden, hiermee kunnen afwijkende metingen mogelijk gerelateerd worden aan waarnemingen in het veld.
- Voor ondiepe, droogvallende sloten is plaatsing van de sensoren in een doorstroomcel een goed alternatief voor plaatsing direct in de sloot. In een doorstroomcel kan de verversing van water rond de sensoren beter worden gegarandeerd. Daarnaast is het onderhoud makkelijker uit te voeren. Een mogelijk nadeel is dat er extra stroom nodig is voor de pomp en dat de zuurstofconcentraties mogelijk door het pompen beïnvloedt worden.
- Controleer de ruimtelijke variatie in de waterkwaliteit rond de sensoren. Dit kan bijvoorbeeld met een handheld EC-sensor tijdens de veldbezoeken. Het water vanuit zijdrains- en zijsloten kan mogelijk nog niet goed gemengd zijn. Let bij stilstaand water ook op mogelijke gelaagdheid, bijvoorbeeld doordat het kwelwater onderin blijft hangen.