

Rapport meetresultaten sensor gestuurd boeren 2019 – 2023



Documenteigenschappen

Rapportdatum:	24 december 2024
Nummer:	2.1
Versie	Definitief

Inhoud

Documenteigenschappen	2
1 Inleiding	6
1.1 Sensor gestuurd boeren	6
1.2 Leeswijzer	6
1.3 Onderzoeksvragen	6
1.4 Waterkwaliteitsdoelen	6
1.5 Onderzoeksgebied	7
2 Beschrijving meetnet	9
2.1 Meetnet waterkwaliteit - steekmonsters	9
2.2 Meetnet waterkwaliteit - sensoren	12
2.2.1 Nitraat	13
2.2.2 Ammonium	14
2.2.3 Veldparameters	15
2.3 Meetnet afvoeren	15
2.4 Meetnet neerslag	15
2.5 Percelen in het onderzoek	16
3 Neerslag	19
3.1 Ligging neerslagstations	19
3.2 Cumulatieve neerslag	20
3.3 Droge en natte jaren en maanden	21
4 Sensoren	22
4.1 Validatie Data sensoren	22
4.2 Nitraat	24
4.3 Ammonium	30
4.4 EGV	31
5 Steekmonsters	35
5.1 Stikstof totaal	35
5.1.1 Grondwater	36
5.1.2 Oppervlaktewater	37
5.1.3 Drainagewater	38
5.1.4 Greppels/schouwsloten	39
5.2 Nitraat (NO ₃ -N)	40
5.2.1 Grondwater	41
5.2.2 Oppervlaktewater	42
5.2.3 Drainagewater	43
5.2.4 Greppels/schouwsloten	43
5.2.5 Routings	45
5.3 Ammonium (NH ₄ -N)	47
5.3.1 Grondwater	47
5.3.2 Oppervlaktewater	48
5.3.3 Drainagewater	49
5.3.4 Greppels/schouwsloten	49
5.4 Fosfor (totaal-P)	51
5.4.1 Grondwater	53
5.4.2 Oppervlaktewater	54
5.4.3 Drainagewater	54
5.4.4 Greppels/schouwsloten	55
5.5 Fosfaat	56

5.5.1	Grondwater.....	56
5.5.2	Oppervlaktewater.....	57
5.5.3	Drainagewater	57
5.5.4	Greppels/schouwsloten	57
5.6	IJzer.....	58
5.6.1	Grondwater.....	58
5.6.2	Oppervlaktewater.....	59
5.6.3	Drainagewater	60
5.6.4	Greppels/schouwsloten	60
5.7	Kalium.....	62
5.7.1	Grondwater.....	62
5.7.2	Oppervlaktewater.....	63
5.7.3	Drainagewater	64
5.7.4	Greppels/schouwsloten	64
5.8	Geleidbaarheid van het water (EGV)	65
5.8.1	Grondwater.....	66
5.8.2	Oppervlaktewater.....	67
5.8.3	Drainagewater	67
5.8.4	Greppels/schouwsloten	67
5.8.5	Routings.....	68
6	Stikstof in de bodem.....	70
7	Samenstelling en herkomst van het water.....	75
8	Afvoeren en reistijden tussen sensoren	79
9	Vergelijking Vinkenloop met MNLSO	82
10	Conclusies & Discussie.....	83
10.1	Conclusies	83
10.2	Discussie en aanbevelingen	85
10.2.1	sensoren	85
10.2.2	steekmonsters	85
11	Literatuur.....	87
	Bijlage 1: verdiepende figuren.....	88

Sensor Gestuurd Boeren

Teveel voedingsstoffen in het water zorgen voor een slechte waterkwaliteit doordat (blauw)algen, kroos en andere waterplanten overmatig groeien en daarmee gewenste planten en diersoorten weg concurreren. Een van de grootste bronnen van het stikstof en fosfaat in het grond- en oppervlaktewater in het beheergebied van Aa en Maas is de landbouw. Landelijk is het beeld dat er de laatste jaren, ondanks aangescherpt beleid en uitgevoerde maatregelen, geen verbeteringen te zien zijn in de waterkwaliteit. In 2017 kwam daar nog het nieuws bij over de grootschalige mestfraude in oost Brabant. Hoewel de algemene principes van de uitstroom van nutriënten naar het water goed zijn onderzocht, ontbreekt het aan concreet inzicht om hierop te sturen. De mate van emissie uit de landbouw verschilt namelijk sterk per grondsoort, grondwaterstand, regenpatroon e.a. niet-beïnvloedbare factoren, naast de wijze waarop het land bewerkt en bemest wordt.

Om goed in kaart te brengen wat de effecten van de bedrijfsvoering van boeren op de waterkwaliteit is, is het noodzakelijk om hoogfrequent te meten. Dit kan het best worden gedaan met sensoren en deze spelen dan ook een belangrijke rol in het programma Sensor Gestuurd Boeren. Binnen dit programma wordt de relatie onderzocht tussen agrarisch handelen, en de waterkwaliteit, op basis van bedrijfsmanagement gegevens van de boeren - de kenmerken van de percelen en de activiteiten die daarop plaatsvinden- en metingen met sensoren in oppervlaktewater en op de percelen.

Het programma Sensor Gestuurd boeren is een innovatief samenwerkingstraject tussen waterschap Aa en Maas en de boeren in het stroomgebied rond de Vinkenloop, Westerbeek. De doelstelling voor het waterschap is om de uit- en afspoeling van stikstof uit de landbouw te verminderen door het gezamenlijk verkrijgen van data gedreven inzicht. In de toekomst moet dat uiteindelijk leiden tot meer zelfsturing, innovatie en lokaal maatwerk met meer verantwoordelijkheid voor de agrarische ondernemer.

Sensor Gestuurd boeren wordt mede mogelijk gemaakt met financiële steun van de provincie Noord-Brabant en het Europees Landbouwfonds voor PlattelandsOntwikkeling

Provincie Noord-Brabant



Europees Landbouwfonds voor
Plattelandsontwikkeling; Europa
investeert in zijn platteland

1 Inleiding

1.1 Sensor gestuurd boeren

Bij het onderzoeksproject Sensor Gestuurd Boeren (SGB) wordt door waterschap Aa en Maas samen met de agrarisch ondernemers in een klein stroomgebied meerjarig onderzoek gedaan naar de bronnen en routes van stikstofverbindingen in het water. Daartoe is onder meer gewerkt met sensoren om de waterkwaliteit te meten. Deze sensormetingen zijn aangevuld met een groot aantal reguliere steekmonsters in grond-, drainage- en oppervlaktewater. Het doel van het onderzoek is om in het agrarische gebied de relatie te begrijpen tussen waterkwaliteit en de agrarische activiteiten die in het gebied worden uitgevoerd. Wat is het belang van specifieke locaties/teelten (hot spots) en wat is het belang van specifieke momenten (hot moments) voor de diffuse en directe emissies van stikstof vanaf het land naar het water? Of zijn meer gematigde en diffuse processen belangrijker voor de waterkwaliteit? Dat kan helpen voor het vinden van een handelingsperspectief: welke maatregelen zijn op welke plekken en momenten zinvol?

1.2 Leeswijzer

In deze rapportage zijn opgenomen:

- Beschrijving van het meetnet, de onderzoeksvragen en het onderzoeksgebied.
- Resultaten van de sensoren voor de waterkwaliteit: in de tijd en ruimtelijk weergegeven
- Resultaten van de steekmonsters: in de tijd en ruimtelijk weergegeven
- Resultaten van de bodemonderzoeken aan N-mineraal
- Conclusies en aanbevelingen

1.3 Onderzoeksvragen

In deze studie worden de meetgegevens uit de verschillende vormen van monitoring “op elkaar gelegd”. Dat doen we door tijdreeksen te maken van diverse gemeten waarden en door speciale situaties te analyseren (bijvoorbeeld natste percelen vs. rest, wat gebeurt er in de week van zware bui). Daarmee is het de bedoeling om temporele en ruimtelijke patronen gaan herkennen. Deze activiteit heeft tot doel om inzicht te krijgen in het functioneren van het gebied, mogelijk belangrijke routes te vinden en deze informatie regelmatig te toetsen bij de deelnemende boeren.

De onderzoeksvragen zijn:

1. Zijn er ruimtelijke verschillen tussen de meetpunten?
2. Zijn er temporele patronen te zien die te relateren zijn aan het weer (droogte, neerslag, verdamping, temperatuur, temperatuursom etc.)?
3. Zijn er ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan ondergrond?
4. Zijn er temporele/ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan hydrologie (kwel/wegzijging)?
5. Zijn er temporele/ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan het agrarisch handelen (o.b.v. aangeleverde data boeren)?
6. Zijn er temporele/ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan overig handelen? (bv onderhoud stuwen, maaien)

1.4 Waterkwaliteitsdoelen

Voor de waterkwaliteit zijn er normen voor grondwater en normen voor oppervlaktewater.

Oppervlaktewater

De Vinkenloop is een zijloop van de Strijpse Beek. Het water valt in de categorie 'overig water' en is geen KRW-waterlichaam. Benedenstrooms liggen wel KRW-waterlichamen. Het meest gelijke watertype voor de Vinkenloop is type M2, zwak gebufferde sloot met minerale ondergrond.

Stikstof kan in diverse vormen voorkomen: N -organisch, als ammonium, (NH₄), als nitraat (NO₃).

Genormeerd in het oppervlaktewater is N-totaal wegens het stimulerende effect op algen en planten. De norm voor stikstof (als totaal) voor dit watertype is 2,4 mg/ N/l. De norm voor P-totaal is 0,22 mg/l (GEP, zie STOWA 2018-50, Evers et al 2018).

Tabel 1-1: De normen voor stikstof totaal (zomergemiddelde) voor de Vinkenloop

Klasse	Norm N-totaal (mg N/l)	Norm P-totaal (mg/l)
MEP	≤ 2,0 mg/l	≤ 0,06 mg/l
GEP	≤ 2,4 mg/l	≤ 0,22 mg/l
Matig	2,4 – 4,8 mg/l	0,22 – 0,44 mg/l
Ontoereikend	4,8 – 12 mg/l	0,44 – 1,10 mg/l
Slecht	> 12 mg/l	> 1,10 mg/l

De normen voor stikstof en fosfor zijn zomerhalfjaar gemiddelden (de periode van 1 april tot en met 30 september). Individuele waarden mogen hier dus bovenuit pieken, zolang er maar genoeg andere meetdagen zijn onder deze waarden. In de strikte zin zijn de gehalten in het winterseizoen voor de toestandsbeoordeling Kaderrichtlijn Water niet relevant. Echter: stikstof en fosfor stromen verder benedenstrooms, uiteindelijk via Maas naar de Noordzee (afwenteling). Daarom is het goed om ook naar de winterconcentraties te kijken.

Grondwater

In de Nitraatrichtlijn is aanvullend de norm gesteld van 50 mg/l nitraat (=11,3 mg/l NO₃-N) in het grondwater, en een streefwaarde van 25 mg/l. Deze normen zijn gesteld om het principe dat het water geschikt is om drinkwater uit te maken.

1.5 Onderzoeksgebied

Bij de start van het project sensor gestuurd boeren in 2018/2019 is een aantal locaties onderzocht op geschiktheid als proeflocatie:

- Wanroijse beek, Tovensche beek, Raam
- Middengebied Raam tussen Wanroij en weg Mill-Beers
- Hoge Raam
- Groote Wetering inclusief de Vinkelse loop
- Loosbroek / bufferboeren
- Westelijke Langstraat (Maas en Dieze polders)
- Westerbeek

Op zandgronden komen twee situaties veel voor die voor het onderzoek beide interessant zijn om te meten:

- Gebieden met droge sloten die enkel nat worden als het regent (zoals Westerbeek), echter is meten daar lastig vanwege watergebrek in de zomer;
- Gebieden met kwel en/of inlaatwater die wel nat blijven waardoor meten met sensoren goed lukt, maar waar landgebruik op percelen waarschijnlijk lastiger te relateren is aan waterkwaliteit

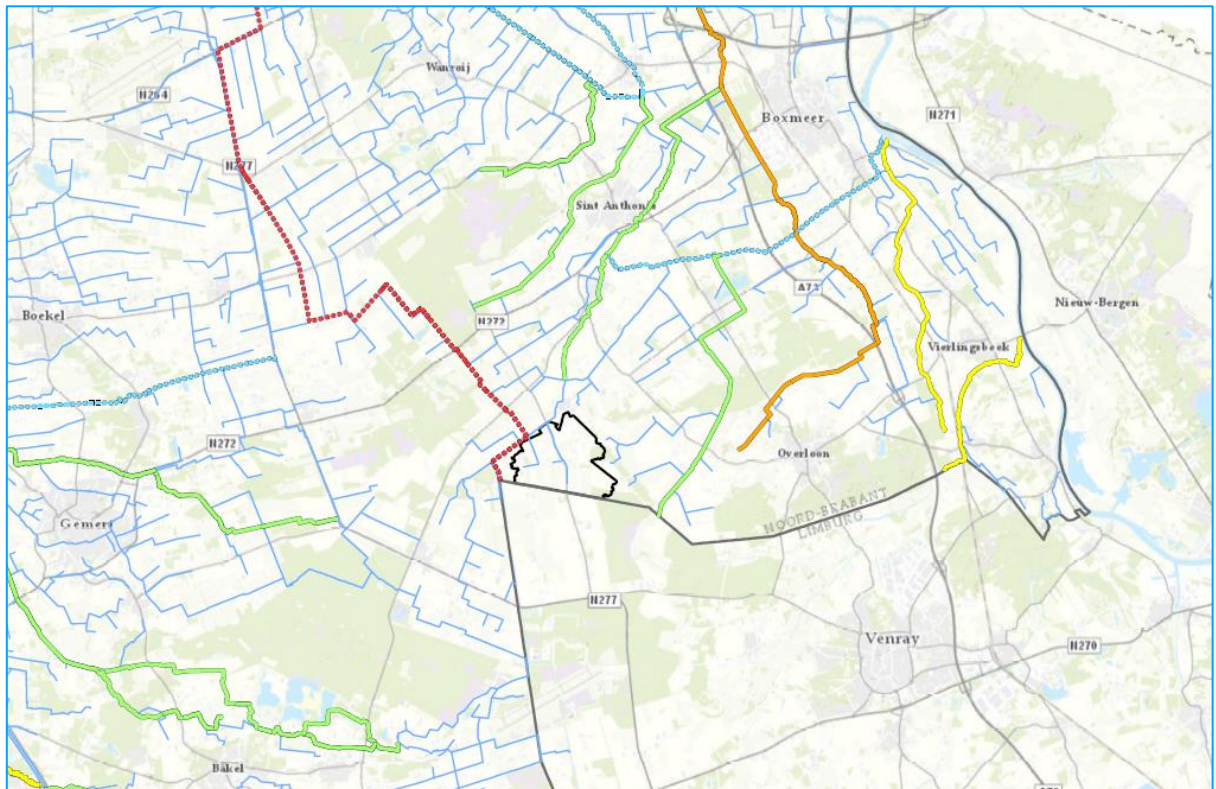
Uiteindelijk is de keuze gevallen op de Vinkenloop. De redenen hiervoor waren:

- boeren in het gebied wilden meedoen;
- Nabijheid van de proefboerderij van Wageningen UR;

- Nabijheid van een meetpunt voor de MNLSO in de Strijpse Beek en beschikbaarheid van meetgegevens;
- representatieve situatie qua landgebruik, teelten en droogval voor oost Brabant;
- Geen invloeden anders dan landbouw, grondwater en atmosferische depositie (geen puntbronnen, overstorten, rwzi's of inlaatwater);

Het proefgebied Vinkenloop heeft ook een aantal nadelen waar we ons bewust van moeten zijn bij de inrichting van het meetnet en de data analyse:

- Aanwezigheid van ijzerrijke kwel kan sensoren verstoren
- Het gebied valt regelmatig droog



Figuur 1-1 Het onderzoeksgebied in oost-Brabant. Ook op de kaart staan de KRW-waterlichamen (gekleurde lijnen) en de hoofdwatergangen (dunne blauwe lijnen).

Een uitgebreide beschrijving van het onderzoeksgebied is opgenomen in [Rozema en Dijk 2021].

2 Beschrijving meetnet

Het meetnet voor Sensor Gestuurd Boeren is ontworpen op basis van de informatiebehoefte, de gebiedskenmerken, de landbouwkundige en geochemische processen rondom stikstof, diverse veldbezoeken en afstemming met de KennisImpulsWaterKwaliteit (KIWK). Het meetnet is gericht op het verzamelen van gegevens over waterkwaliteit, afvoeren, neerslag en meteo en bodem.

De locaties van metingen zijn gekozen met het oog op het kunnen opstellen van water- en stoffenbalansen en voldoende voeding van de te gebruiken modellen. Het meetnet is een aantal keer herzien gedurende de looptijd van het onderzoek.

2.1 Meetnet waterkwaliteit - steekmonsters

Voor de waterkwaliteit zijn er 6 soorten meetpunten. De waterkwaliteit meten we met sensoren (deel van de locaties) en met steekmonsters (alle locaties):

- oppervlaktewater – A-watgang (Vinkenloop)
- oppervlaktewater – B en C-watgangen (greppels die uitkomen op de Vinkenloop)
- freatisch (= ondiep) grondwater
- drainage (regulier en peil gestuurd)
- oppervlakkige afspoeling
- neerslag

Voor waterkwaliteitsbemonstering met steekmonsters en laboratoriumanalyses wordt gewerkt met twee pakketten met parameters:

- een standaard pakket
- een uitgebreid pakket

De macro-ionen die aanvullend worden gemeten in het uitgebreide pakket geven inzicht in chemische processen die zich afspelen in bodem en water en zijn een controle of de ionenbalans klopt. Vanwege de kosten is niet op alle plekken het uitgebreide pakket gemeten.

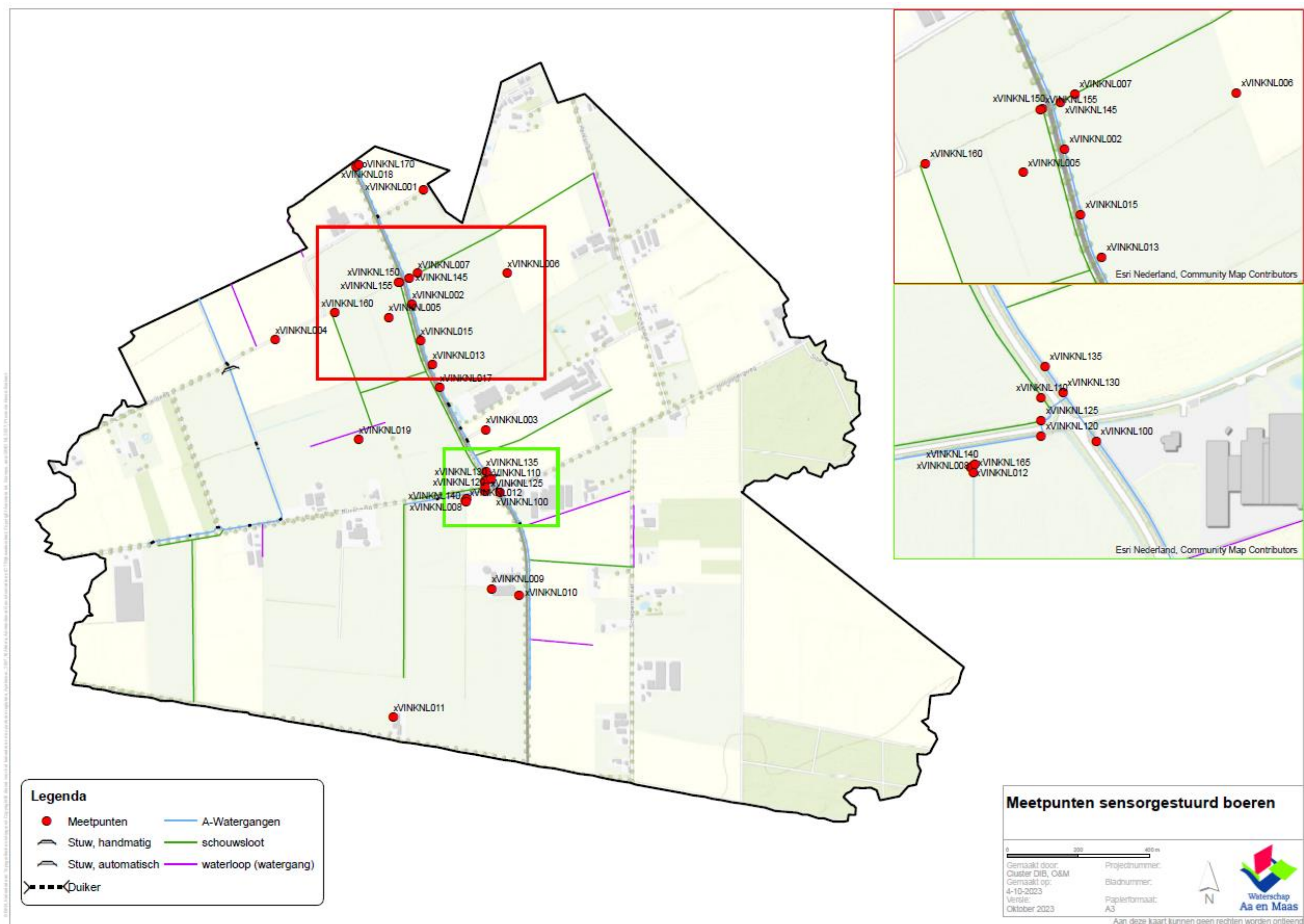
Tabel 2-1. Samenstelling pakketten monitoring oppervlakte- en grondwater met steekmonsters en laboratorium analyses

parameter	standaard	uitgebreid	grondwater
pH	x	x	x
temperatuur	x	x	x
EGV	x	x	x
doorzicht / extinctie	x	x	
zuurstof	x	x	x
chloride	x	x	x
nitraat	x	x	x
ammonium	x	x	x
kjeldahl		x	x
ortho-p		x	x
totaal-p		x	x
Macro-ionen: HCO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , Na ⁺ , Fe ²⁺ /3 ⁺		x	x
sulfaat		x	x

IJzer kan in twee vormen in water voorkomen: tweewaardig (2+, gereduceerd, als ion opgelost in water) en driewaardig (3+, geoxideerd, roodbruine neerslag). Omdat gereduceerd ijzer (Fe²⁺) onder invloed van zuurstof omgezet worden naar de geoxideerde vorm (Fe³⁺) is Fe²⁺ lastig te monitoren (moet anaeroob) en zal bijna al het ijzer in de Vinkenloop voorkomen als Fe³⁺. Daarom analyseren we alleen Fe³⁺.

Tabel 2-2: meetpunten in de Vinkenloop en omgeving

MEPAN	MEPID	Omschrijving	X	Y	sensor	debiet
oVINKNL170	341417	Vinkenloop nabij monding in de Strijpse Beek	187456	398987	NO3, veld (EGV, T, pH)	ja
xVINKNL001	341437	Grondwater - Grondwater, peilbuis 1, SEBO001_G	187645	398924		
xVINKNL002	341438	Grondwater, peilbuis 2, SEBO002_O	187613	398600		
xVINKNL003	341439	Grondwater, peilbuis 3, SEBO003_G	187821	398248		
xVINKNL004	341440	Grondwater, peilbuis 4, SEBO004_G	187228	398501		
xVINKNL005	341441	Grondwater, peilbuis 5, SEBO005_G	187548	398564		
xVINKNL006	341442	Grondwater, peilbuis 6, SEBO006_G	187882	398689		
xVINKNL007	341443	Drainwater – reguliere drainage1 – akkerbouw	187629	398687	veld (EGV, T, pH)	ja
xVINKNL008	341444	Drainwater – peil gestuurde drainage - grasland	187766	398051	NO3, veld (EGV, T, pH)	ja
xVINKNL009	341447	Grondwater beregeningsput melkveehouder	187838	397800		
xVINKNL010	341450	Grondwater, peilbuis 7, SEBO010_G	187915	397780		
xVINKNL011	341451	Grondwater, peilbuis 8, SEBO011_G	187561	397439		
xVINKNL012	341452	Regenwater opgevangen bij neerslagmeter	187764	398049	neerslag	
xVINKNL013	341455	Grondwater beregeningsput akkerbouwer	187671	398431		
xVINKNL015	341457	oppervlakkige afstroming van perceel akkerbouw	187638	398499		
xVINKNL017	341459	Vinkenloop oppervlaktewater na aantal duikers, bovenstrooms van de akkerbouw percelen	187692	398367		
xVINKNL018	341460	houtsnipper inlaat. Actief vanaf Q4 2023. Sensor locatie 170 is hierheen verplaatst.	187463	398992	NO3, veld (EGV, T, pH)	Ja
xVINKNL019	341461	houtsnipper inlaat. Actief vanaf Q4 2023. Sensor locatie 130 is hierheen verplaatst.	187463	398221	NO3, veld (EGV, T, pH)	Ja
xVINKNL100	341411	Bovenloop Vinkenloop, zuidelijk van duiker, oostkant Nieuweweg	187862	398070	veld (EGV, T, pH)	
xVINKNL110	341412	Greppel langs westkant Nieuweweg	187819	398104		
xVINKNL120	341416	A-watergang, zuidkant van de duiker onder Boveneind	187819	398074		
xVINKNL125	341432	A-watergang, noordkant van de duiker onder Boveneind	187819	398086	NO3, veld (EGV, T, pH)	ja
xVINKNL130	341423	Nieuweweg, bij stuw 114CKT	187836	398108	NO3, veld (EGV, T, pH)	ja
xVINKNL135	341425	Nieuweweg, 20 meter benedenstrooms stuw	187822	398128		
xVINKNL140	341436	Greppel tussen percelen grasland	187767	398052		
xVINKNL145	341435	Greppel tussen percelen akkerbouw – oostkant Nieuweweg	187606	398674		ja
xVINKNL150	341434	Greppel parallel Nieuweweg	187578	398664		
xVINKNL155	341433	Greppel tussen percelen akkerbouw – westkant Nieuweweg	187575	398662		ja
xVINKNL160	341446	Bovenstrooms greppel tussen percelen akkerbouw – westkant Nieuweweg	187395	398578		
xVINKNL165	341453	Greppel tussen percelen grasland – bovenstrooms van de uitgang peil gestuurde drainage	187766	398045		



Figuur 2-1: Overzicht meetpunten binnen het afwateringsgebied van de Vinkenloop

2.2 Meetnet waterkwaliteit - sensoren

Op 5 meetpunten zijn sensoren voor de waterkwaliteit aanwezig. Het betreft 3 locaties met een volledige set aan sensoren (nitraat, ammonium en veldparameters) en 2 locaties met een beperkte set aan sensoren (alleen de veldparameters). Op een aantal plekken wordt ook debiet gemeten.

De sensoren hangen samen met de randapparatuur zoals loggers, modem en accu's in een roestvrij stalen behuizing. Bovenop de meetpaal staat het zonnepaneel dat de meetopstelling voorziet van stroom, zodat deze overal buiten in het veld kan werken.



Figuur 2-2 voorbeeld van een van de meetopstellingen met de sensoren in de Vinkenloop (foto: N. van Aarle, Aquon)



Figuur 2-3: binnenzijde van een van de sensorpalen met daarin de apparatuur en accu's (foto: N. van Aarle, Aquon)

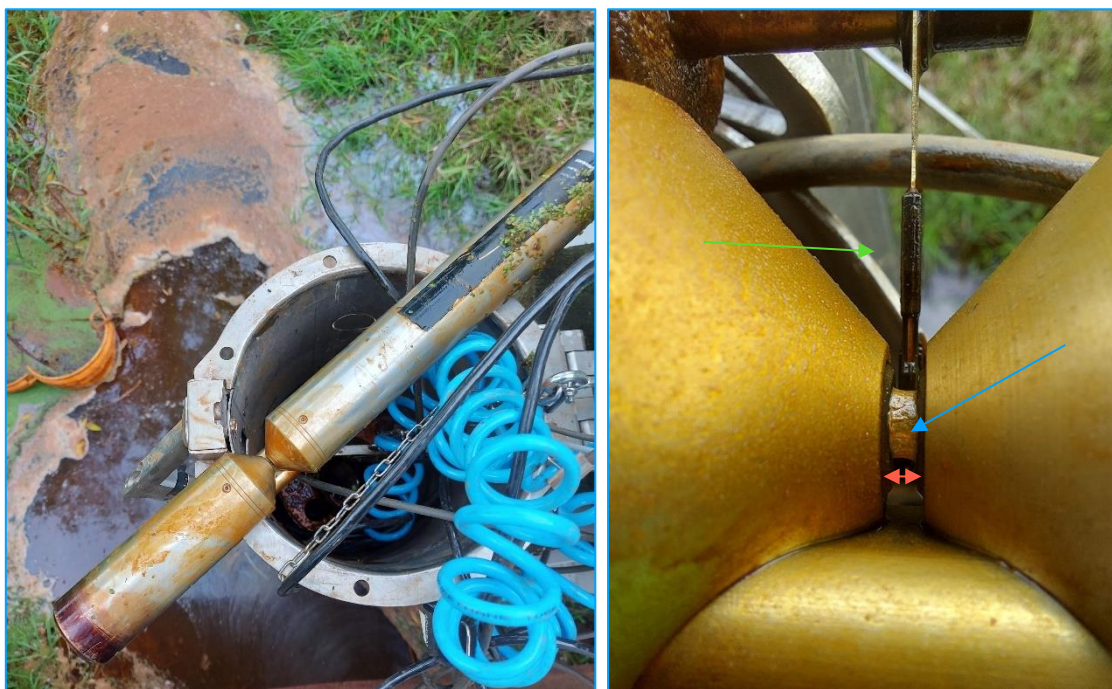
2.2.1 Nitraat

De sensoren voor nitraat zijn optisch: dat wil zeggen dat de sensoren de nitraat-concentraties bepalen op basis van afname van licht van een specifieke golflengte. De sensoren zijn van het merk Ott en Trios. De afstand tussen de lenzen (pad- of weglengte) bepaalt het meetbereik van de sensoren.

In troebel water kan het best worden gewerkt met een klein meetbereik, maar dat gaat ten koste van betrouwbaarheid in de lage meetrange. Voor de Vinkenloop is getest met meerdere lengtes en is uiteindelijk gekozen voor de 2 mm.

Tabel 2-3: meetbereik sensor nitraat

Weglengte sensor	Meetbereik	Betrouwbaarheid
0.3 mm	1.65 – 200 mg/l NO ₃ -N	± (5 % + 3.3 mg/L) NO ₃ -N
1 mm	0.5 – 60 mg/l NO ₃ -N	± (5 % + 1.0 mg/L) NO ₃ -N
2 mm	0.25 – 30 mg/l NO ₃ -N	± (5 % + 0.5 mg/L) NO ₃ -N
5 mm	0.1 – 12 mg/l NO ₃ -N	± (5 % + 0.2 mg/L) NO ₃ -N
10 mm	0.05 – 6 mg/l NO ₃ -N	± (5 % + 0.05 mg/L) NO ₃ -N



Figuur 2-4: links: de nitraat sensor. De blauwe slang is de slang voor perslucht die gebruikt wordt voor reiniging van de sensoren. rechts : close up van de padlengte tussen beide lenzen (oranje pijl), met een vastzittend stukje vuil/biofilm (blauwe pijl) en de wisser om de lenzen schoon te maken (groene pijl). (foto: N. van Aarle, Aquon)

De metingen met de nitraat sensor zijn bij de juiste omstandigheden stabiel en goed bruikbaar. Daarbij valt op dat de sensor het op meetlocatie xVINKNL125 goed in staat is om het nitraat te meten. Dit is vaak water dat wat helderder is. Ook op locatie oVINKNL170 gaat het meten goed, maar door troebelheid is daar wel veel meer sprake van verloop en onderhoud. Locatie xVINKNL130 is heel erg lastig voor de sensor: doordat daar ook een stuw staat is het water hier erg sedimentrijk, troebel en heeft de sensor heel veel moeite om goed te meten. Hierbij moet wel vermeld worden dat de omstandigheden regelmatig veranderen in de Vinkenloop, waarbij met name in het najaar het water een stuk troebeler is dan in voorjaar / zomer.

2.2.2 Ammonium

Naast nitraat is in de Vinkenloop in 2019 - 2021 ook gewerkt met sensoren die ammonium kunnen meten (Go Sys ISE met een BlueSense controller): Deze sensoren werken met ion-specifieke elektroden en een membraan. Het meetbereik volgens de fabrikant ligt in de range van 0.2 – 18 000 mg/l. De praktijkervaring in de Vinkenloop is anders: daar begint de sensor pas een beetje te meten vanaf 1 mg/l. en die concentraties komen niet zo vaak voor. Verder raakt de sensor (membraan) redelijk snel vervuild met sediment en biofouling en heeft de sensor last van interferentie met andere ionen.



Figuur 2-5: de ammonium ISE sensor met biofouling en sediment op het membraan. (foto: N. van Aarle, Aquon)

De ISE moet worden gekoppeld aan een controller, die op zijn beurt weer aan een datalogger/modem wordt gekoppeld. De BlueSense controller vraagt meer stroom dan in het veld (met name in de winter) geleverd kan worden door zonnepaneel met accu. Daarom is een tijdschakelaar geïnstalleerd op de controller. Echter: dit zorgt weer voor andere problemen in de meetresultaten (zaagtand patroon).

Het hoge stroomverbruik, lastige omstandigheden in het troebele water, hoge onderhoudsfrequentie en onbetrouwbare meetresultaten leiden tot de keuze om eind 2021 niet verder te gaan met de ammonium sensoren.

2.2.3 Veldparameters

Naast sensoren voor nitraat en ammonium staat er ook sensoren voor pH, EGV, temperatuur in de Vinkenloop. Dit zijn sensoren van het merk Ponsel. Deze sensoren zijn wat robuuster in de metingen dan de ammonium- en nitraat sensoren.

De pH en redox sensor presteren vrij constant en goed, ook wanneer deze vuil is of bedekt met organismen. De EGV-sensor presteert ook goed, hoewel deze iets meer last heeft van biofouling. De afwijking ten opzichte van de geijkte handmeters is niet groot (zelden meer dan ca. 15%, waar wij 10% aanhouden als maximale afwijking).

2.3 Meetnet afvoeren

Naast metingen aan de waterkwaliteit worden ook afvoeren bepaald. Hiervoor is een aparte rapportage gemaakt, zie Buijert [2022].

2.4 Meetnet neerslag

Voor het vaststellen van de neerslag zijn er meerdere databronnen beschikbaar bij het waterschap of andere publieke bronnen:

- Radarbeelden (gevalideerd)
- KNMI hoofdstation Volkel (15 km van onderzoeksgebied)
- KNMI dagstation St. Anthonis (6 km van onderzoeksgebied)

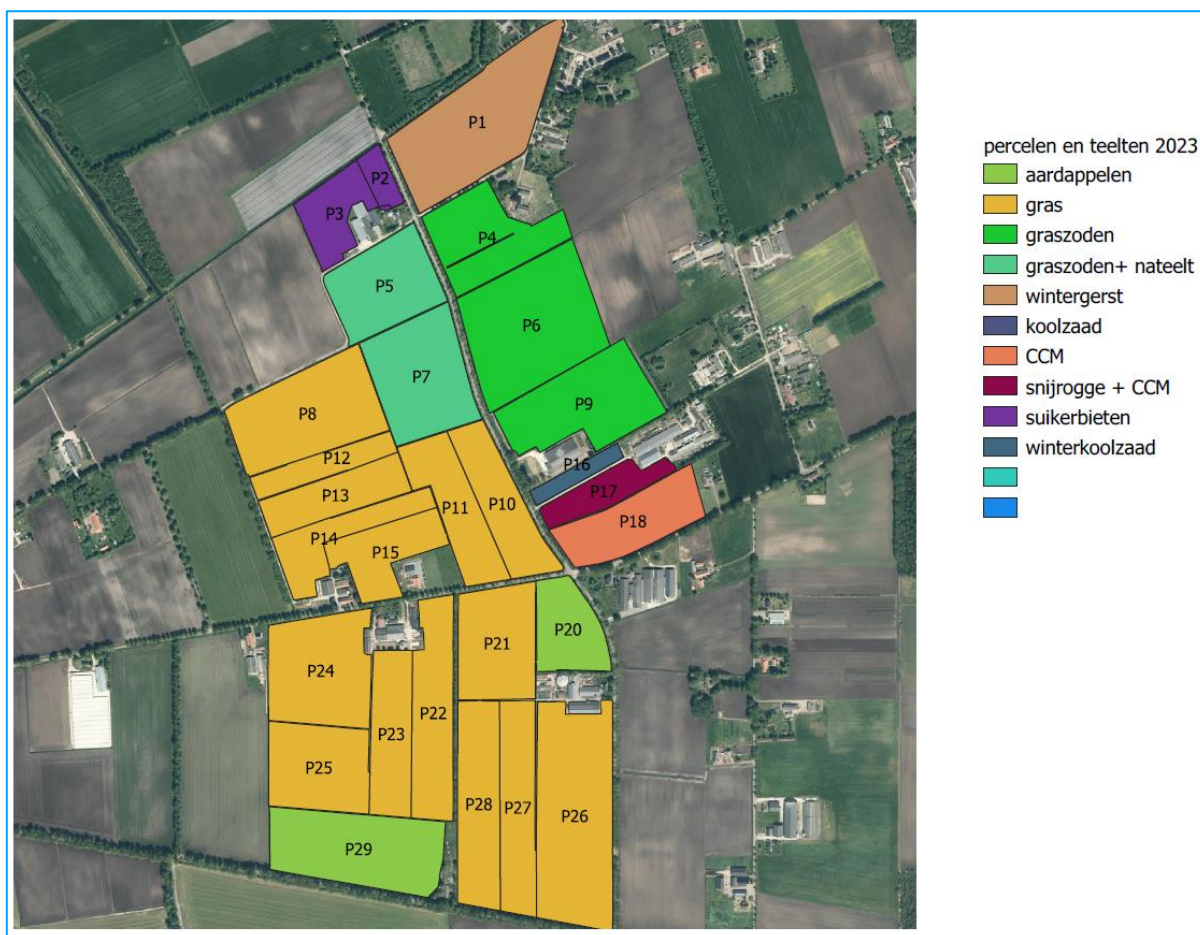
- meetpunt Proefboerderij Vredepeel (1 km van onderzoeksgebied)
- neerslagdata verzameld met de fieldmates in het gebied.
- Neerslagdata verzameld met het klimaatstation in het gebied



Figuur 2-6: binnenzijde van het geplaatste klimaatstation met voorziening voor opvangen van regenwater om te analyseren in het lab

2.5 Percelen in het onderzoek

In het onderzoeksgebied zijn er 28 percelen van de deelnemende ondernemers. Dit is deels akkerbouw, deels voor melkveehouderij.



Figuur 2-7: percelen in het onderzoek met de teelt 2023

Tabel 2-4: gewasrotatie 2018-2023

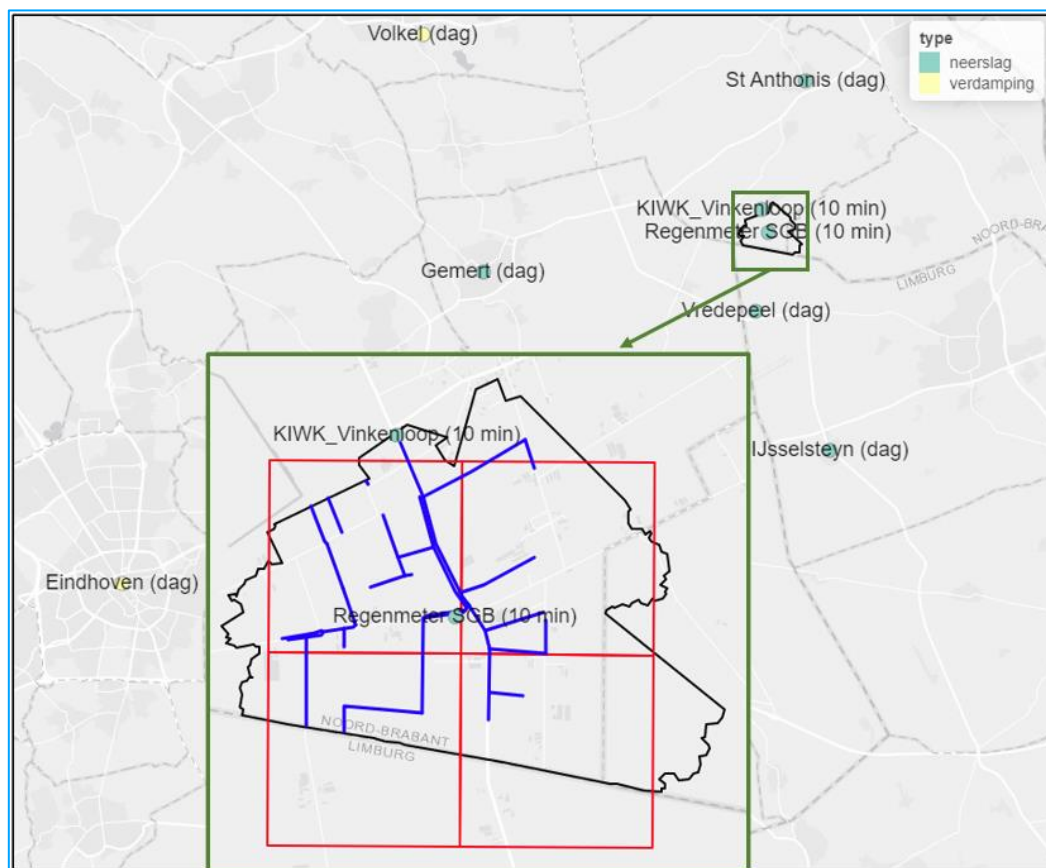
perceel	2018	2019	2020	2021	2022	2023
P1	Gerst, winter-	Waspeen, productie	Mais, snij-	Mais, snij-	Aardappelen, consumptie	Gerst, winter-
P2	Aardappelen, consumptie	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Bieten, suiker-
P3	Aardappelen, consumptie	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Bieten, suiker-
P4	Bieten, suiker-	Waspeen, productie	Gerst, zomer-	Tulp, bloembollen en -knollen	graszoden	graszoden
P5	Graszoden	Graszoden	Graszoden	Uien, zilver-	graszoden	graszoden
P6	Bieten, suiker-	Uien, zaai-	Tulp, bloembollen en -knollen	Lelie, bloembollen en -knollen	graszoden	graszoden
P7	Graszoden	Graszoden	Graszoden	Uien, zilver-	graszoden	graszoden
P8	Waspeen, productie	Uien, zilver-	Mais, snij-	Aardappelen, consumptie	Mais, snij-	Grasland, tijdelijk
P9	Lelie, bloembollen en -knollen	Graszoden	Uien, zilver-	Cichorei	graszoden	graszoden
P10	Mais, snij-	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P11	Mais, snij-	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P12	Mais, snij-	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P13	Mais, snij-	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P14	Grasland, tijdelijk	Aardappelen, consumptie	Mais, snij-	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P15	Grasland, blijvend	Grasland, blijvend	Mais, snij-	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk

perceel	2018	2019	2020	2021	2022	2023
P16	Gerst, zomer-	Gerst, zomer-	Aardappelen, consumptie	Mais, corncob mix	Bonen, veld-	Koolzaad
P17	Gerst, zomer-	Gerst, zomer-	Aardappelen, consumptie	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix
P18	Gerst, zomer-	Mais, corncob mix	Aardappelen, consumptie	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix	Mais, corncob mix
P20	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Mais, snij-	Aardappelen, consumptie
P21	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P22	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P23	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P24	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P25	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P26	Grasland, tijdelijk	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P27	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P28	Grasland, tijdelijk	Aardappelen, consumptie	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk
P29	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Grasland, tijdelijk	Aardappelen, consumptie

3 Neerslag

3.1 Ligging neerslagstations

De neerslag wordt op meerdere plekken gemeten in en rondom het projectgebied (zie Figuur 3.1 en Tabel 3.1). In het gebied zelf liggen neerslagmeters vanuit de KIWK en vanuit SGB. Ook zijn gegevens van de regenradar beschikbaar (zie rode cellen in Figuur 3.1). Buiten het projectgebied is de regenmeter op proefboerderij Vredepeel de dichtstbijzijnde. De KNMI neerslagstations liggen tenminste 6 km (St Anthonis) van het projectgebied. De KNMI meteostations, waar naast neerslag ook de verdamping wordt gemeten, liggen nog verder weg.



Figuur 3-1: Ligging van de neerslagstations nabij de Vinkenloop. Op de geel gemarkeerde locaties (Eindhoven, Arcen en Volkel) wordt tevens de verdamping gemeten. Voor de rode cellen zijn gegevens van de neerslagradar beschikbaar.

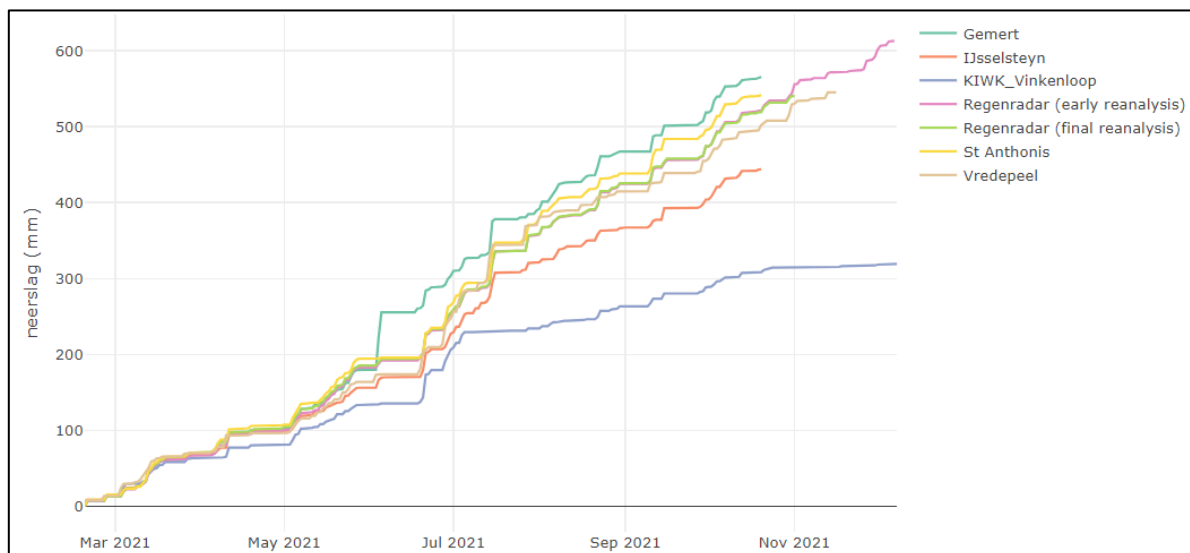
Tabel 3-1: Specificaties van de stations nabij de Vinkenloop waar neerslag en verdamping wordt gemeten.

station	type	frequentie	bron	afstand tot centrum projectgebied (km)	data vanaf
Regenmeter SGB	neerslag	10 min	Aa en Maas	0.1	21 aug 2021
Regenradar	neerslag	uur	WIWB	0.3	19 juli 2019
KIWK_Vinkenloop	neerslag	10 min	Deltares	0.9	18 feb 2021
Vredepeel	neerslag	dag	Vredepeel	3.5	2000
St Anthonis	neerslag	dag	KNMI	6.2	1919
IJsselsteyn	neerslag	dag	KNMI	9.4	1947
Gemert	neerslag	dag	KNMI	11.8	1904
Volkel	verdamping	dag	KNMI	16.4	1951
Arcen	verdamping	dag	KNMI	24.6	1990
Eindhoven	verdamping	dag	KNMI	30.4	1951

3.2 Cumulatieve neerslag

Uit een eerdere analyse naar cumulatieve neerslag en piekbuien volgde dat de neerslag bij Vredepeel het beste kan worden gebruikt voor het identificeren van droge en natte periodes in het projectgebied. Gezien de plaatselijkheid van piekbuien is het namelijk belangrijk om een neerslagstation in de buurt te gebruiken. De neerslagmeters van KIWK en SGB liggen weliswaar dicht bij/in het gebied, maar de KIWK-meter staat onder een boom waardoor te weinig neerslag wordt gemeten, vooral als de boom in het blad staat (zie Figuur 3.2) en de SGB meter is pas actief vanaf het najaar van 2021 en beslaat daarmee niet de volledige onderzoeksperiode. Daarom is gekozen te werken met Vredepeel. Dit is weliswaar geen KNMI station, maar jaartotalen wijken niet structureel af van de KNMI meetwaarden. Dit geeft vertrouwen in de nauwkeurigheid van de gemeten neerslag. In Vredepeel wordt op dagbasis gemeten. Voor de verdeling van neerslag gedurende de dag is de regenradar de best te gebruiken bron voor neerslagdata.

In Figuur 3.3 is te zien hoe de SGB-neerslagmeter het doet t.o.v. de meter te Vredepeel. De maandtotalen verschillen vaak behoorlijk van elkaar. De totale neerslagsom komt echter aardig overeen voor de periode dat beide neerslagmeters actief waren (744 mm in Vredepeel, 714 mm in het SGB gebied).



Figuur 3-2: Cumulatieve neerslag in 2021 zoals gemeten door de verschillende stations.

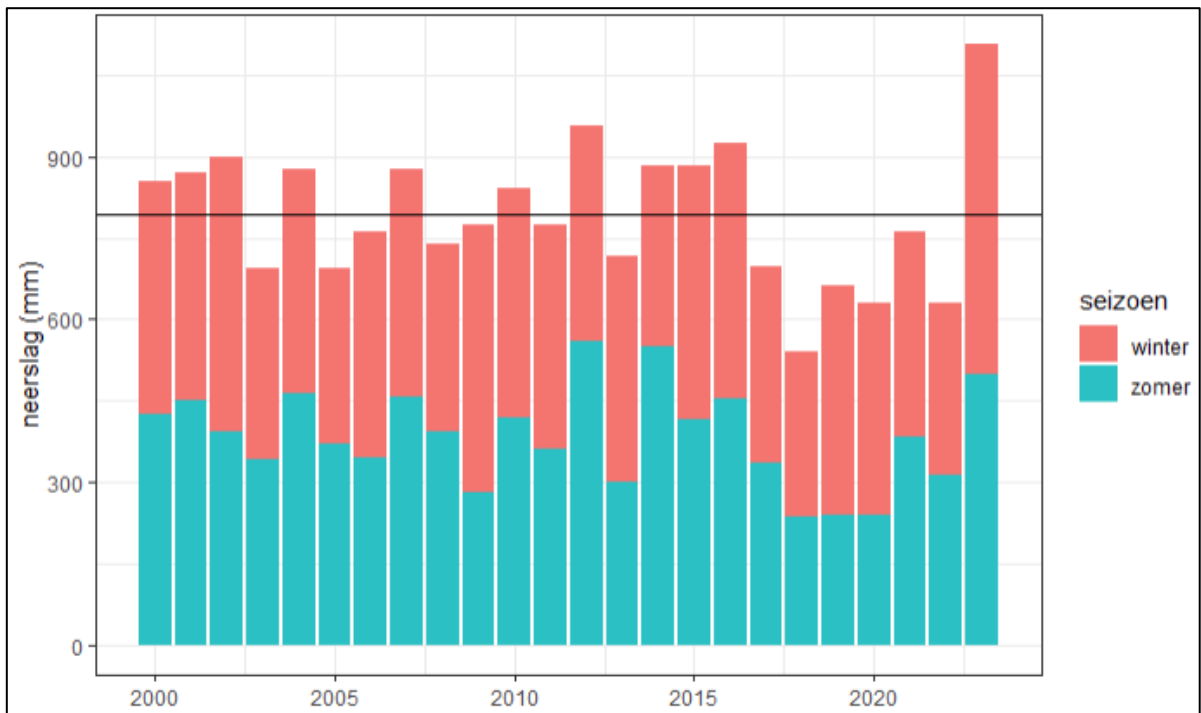


Figuur 3-3: Maandelijkse neerslag van de Vredepeel- en SGB-regenmeters, voor de maanden waarin beide meters alle dagen actief waren (juli 2021 – juni 2023).

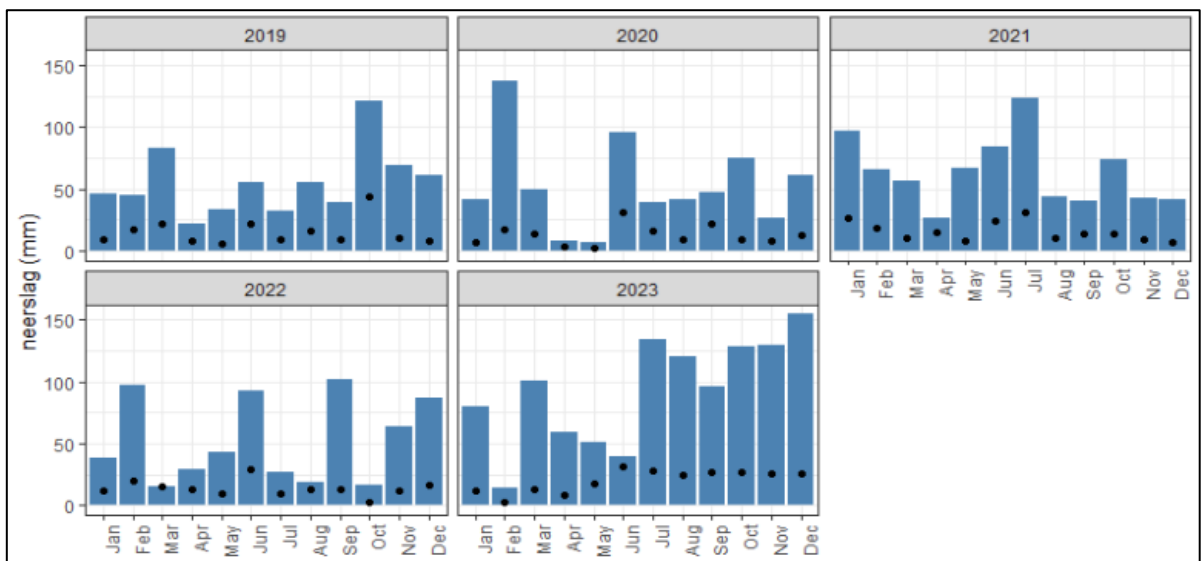
3.3 Droge en natte jaren en maanden

De weerjaren van het SGB project (2019-2023) zijn extreem te noemen (zie Figuur 3.4). Met uitzondering van 2021 waren de jaren een stuk droger (2019, 2020, 2022) of een stuk natter (2023) dan gemiddeld. Zo viel er gemiddeld zo'n 800 mm per jaar in 2000-2023 en is 2023 met 1100 mm extreem nat te noemen. De jaren 2019, 2020 en 2022 zijn met een krappe 650 mm per jaar extreem droog geweest, mede doordat er zo weinig neerslag viel in het zomerhalfjaar (vooral in 2019 en 2020).

De neerslag per maand voor de SGB-jaren (2019-2023) is te zien in Figuur 3.5. Zo was het voorjaar van 2020 extreem droog (april, mei) en was de tweede helft van 2023 extreem nat. Verder valt op dat de piekbuien (piekdagen) aardig bijdragen aan de totale maandsom.



Figuur 3-4: Jaarlijkse neerslag te Vredepeel, inclusief de bijdrage van het zomerhalfjaar (blauw: april-sep) en het winterhalfjaar (rood). De zwarte lijn geeft de jaargemiddelde neerslag over 2000-2023.



Figuur 3-5: Maandelijkse neerslag (blauw) te Vredepeel, inclusief de maximale dagelijkse neerslag per maand (zwarte stip).

4 Sensoren

4.1 Validatie Data sensoren

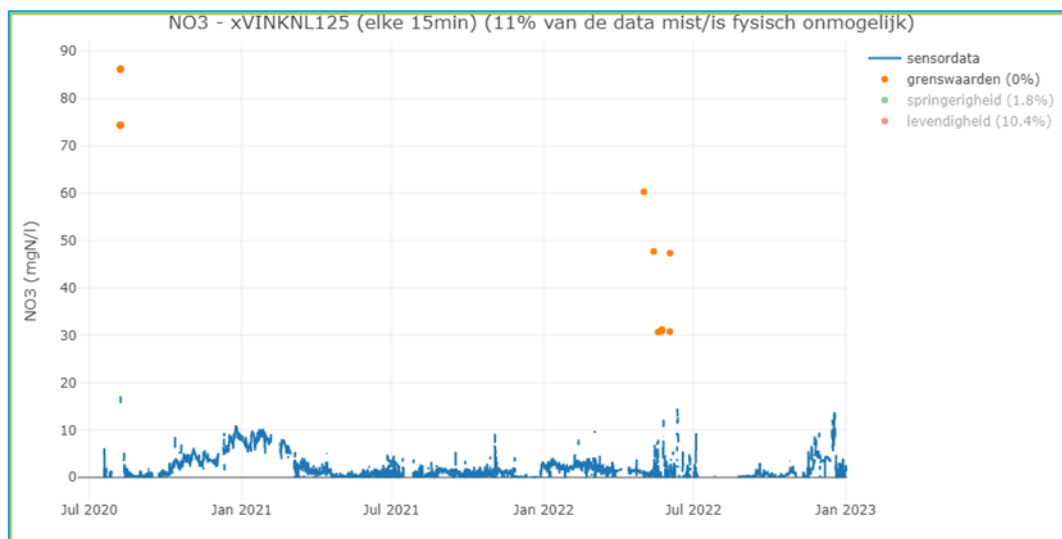
Data van de sensoren voor de waterkwaliteit zijn – zeker voor nitraat – niet direct bruikbaar zonder het opwerken van de data. Oorzaken hiervoor zijn bijvoorbeeld afwijkingen in de meetwaarden door vervuiling op de sensoren.



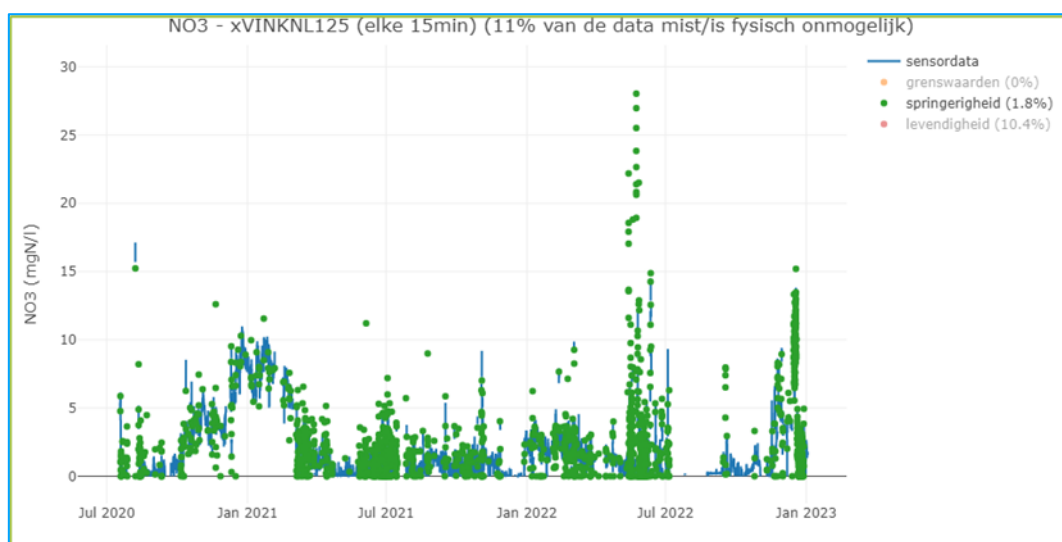
Figuur 4-1: nitraat sensor in de Vinkenloop na het schoonmaken en één week later

Een aantal basisstappen / checks in de databewerking zijn nodig (Zu, 2021, Ouwerkerk en Rozemeijer, 2023):

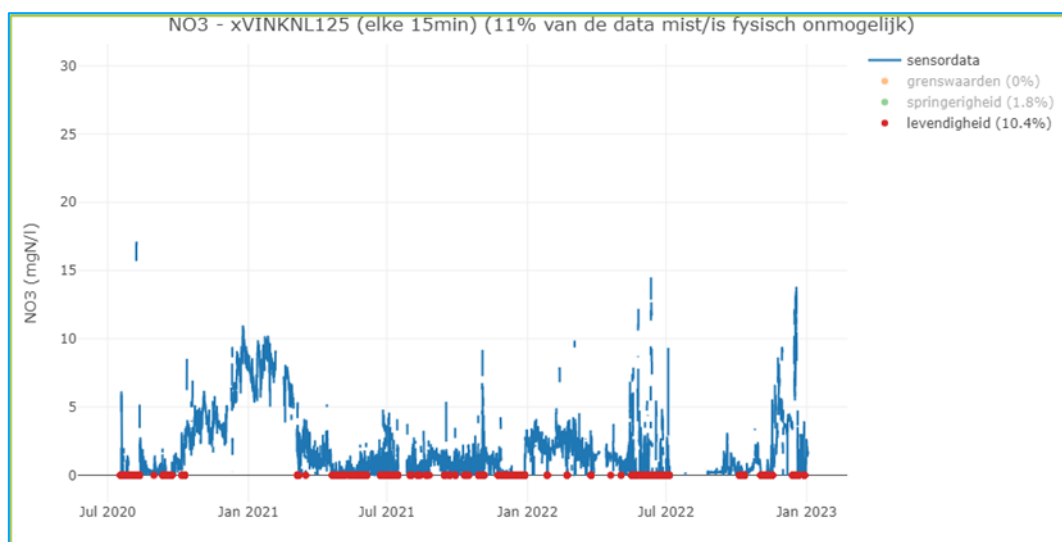
- Onmogelijk: Fysisch onmogelijke waarden (een pH waarde van meer dan 14, temperatuur onder van het water onder de 0 °C)
- Grenswaarden: waardes buiten realistische range (nitraatgehaltes van meer dan 100 mg/l in de Vinkenloop) (zie Figuur 4-2)
- Springerigheid / ruis: waardes die te snel veranderen van ene naar andere tijdstap (zie Figuur 4-3)
- Flatlines / Levendigheid: waardes die te lang blijven hangen op constante waarde (zie Figuur 4-4)
- Drift en jumps: piekerigheid in de meetwaarden of juist hele langzame verschuiving door vies worden van de sensor
- Check op missende gegevens en hoe deze worden door- en weergegeven?



Figuur 4-2: een voorbeeld voor meetwaarden van de nitraat sensor die voor dit meetpunt buiten de realistische meetrange liggen



Figuur 4-3: een voorbeeld voor meetwaarden van de nitraat sensor die afgekeurd worden de meetwaarden te springerig zijn (normale waarde – hele korte piek – normale waarde)



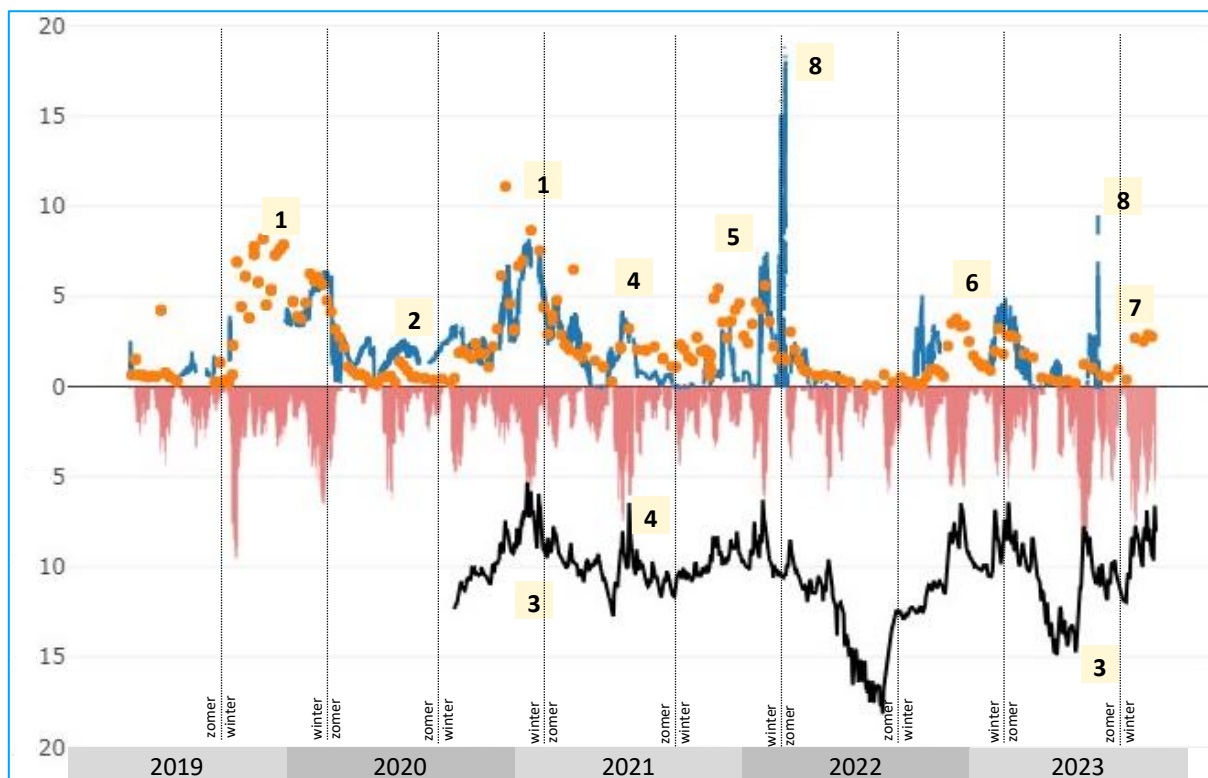
Figuur 4-4: een voorbeeld voor meetwaarden van de nitraat sensor die afgekeurd worden omdat het gaat om flatlines (te lang dezelfde constante meetwaarde)

4.2 Nitraat

Nitraat wordt op een aantal plekken in het watersysteem gemeten. Figuur 4-5 geeft de resultaten voor het meetpunt bij de monding (oVINKNL170). Naast metingen met sensoren zijn in de Vinkenloop ook wekelijkse controlemetingen gedaan door het lab met de conventionele bemonstering en analyse, en worden grondwaterstanden gemeten en is er neerslag data beschikbaar.

De volgende patronen zijn te zien voor oVINKNL170:

- 1) Concentraties nitraat in de winter zijn hoger: dat komt door uitspoeling (door neerslag overschot) en beperkte biologische activiteit door lage temperaturen. In de winters 20/21 en 21/22 zijn concentraties gemeten tussen de 8 en 10 mg/l (nr. 1).
- 2) Concentraties in de zomer zijn lager (nitraat is zelfs bijna afwezig in de Vinkenloop, minder dan 1 mg/l) omdat er dan minder sprake is van uitspoeling (neerslag tekort en opname door gewassen) en biologische activiteit in de sloot (groei vegetatie)
- 3) In de winters zijn de grondwaterstanden hoger dan in de zomers (nr. 3), waar er ook een verschil is tussen droge zomers (2019, 2020, 2022) en natte zomers (2021, 2023)
- 4) Als het in de zomers hard regent (bv juli 2021) dan stijgen de grondwaterstanden en lopen de concentraties nitraat in de Vinkenloop op (nr. 4)
- 5) Na droge zomers, zoals in 2019 en 2020 het geval was (nr. 1), zijn de gemeten pieken in nitraat in de winter hoger, dan na natte zomers (2021, nr. 5) Ook gewaskeuze speelt een belangrijke rol: in de zomer 2022 en 2023 zijn er veel graszoden geteeld en is er weinig akkerbouw geweest in het onderzoeksgebied. Daardoor is er minder uitspoeling geweest in de er op volgende winter dan in de winters ervoor (nr. 1 en 5), en zijn de concentraties die zijn gemeten lager (ca 5 mg/l, nr. 6 en 7)).
- 6) De sensor voor nitraat is in de zomer 2023 op deze locatie verwijderd om op een andere locatie in het onderzoeksgebied in te zetten.
- 7) Er zijn enkele gevalideerde pieken in sensordata niet zijn gevangen met de steekmonsters. Het is niet gelukt om deze pieken te relateren aan handelen in het water (bv maaien) of activiteiten op het land (nr. 8). Het is niet bekend of het daadwerkelijke uitschieters zijn of problemen met de sensor.

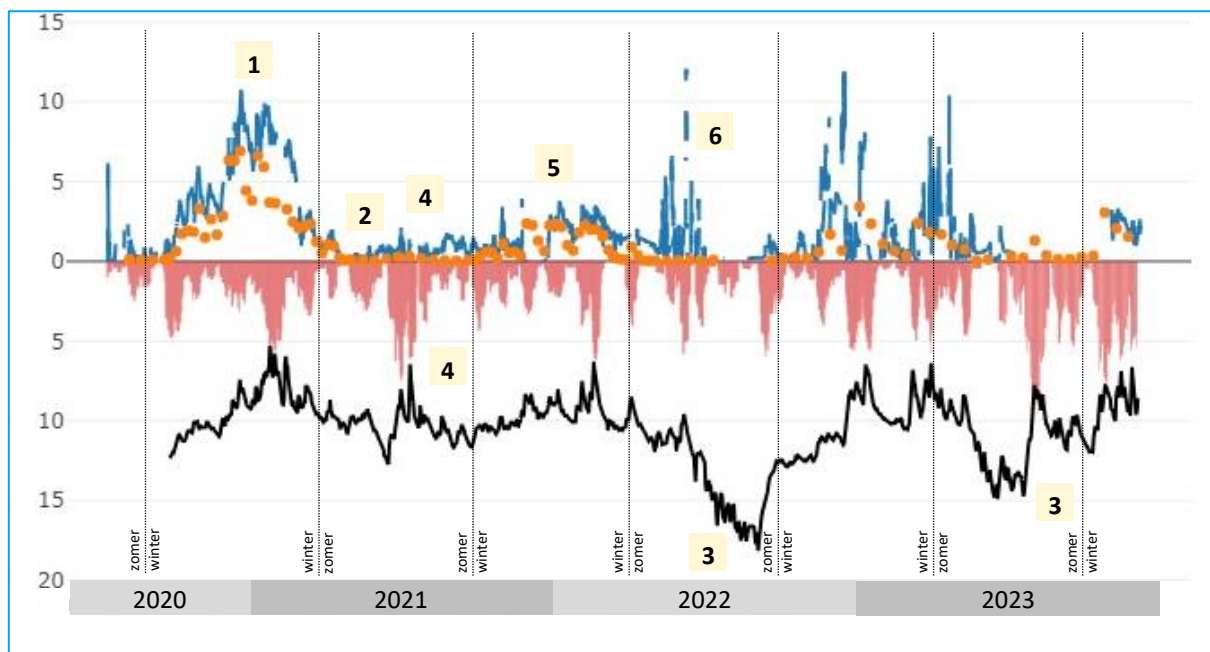


Figuur 4-5: nitraat in de Vinkenloop bij de monding (meetpunt oVINKNL170) gemeten met sensor (blauwe lijn), controle metingen met reguliere monsternamen en analyse door Aquon (oranje punten), beide uitgedrukt in mg NO₃-N / l, aan de bovenkant van de x-as. De data van de sensoren is gevalideerd. Ook weergegeven is de cumulatieve neerslag van de afgelopen 10 dagen (rood), uitgedrukt in mm, en de gemiddelde grondwaterstand in het onderzoeksgebied zoals gemeten in de peilbuizen (zwarte lijn), uitgedrukt in dm onder het maaiveld.

Figuur 4-6 geeft de resultaten voor het meetpunt tussen de weilanden in een sloot die afwatert op de Vinkenloop (xVINKNL125). Naast metingen met sensoren zijn in de Vinkenloop ook wekelijkse controlemetingen gedaan door het lab met de conventionele bemonstering en analyse, en worden grondwaterstanden gemeten en is er neerslag data beschikbaar.

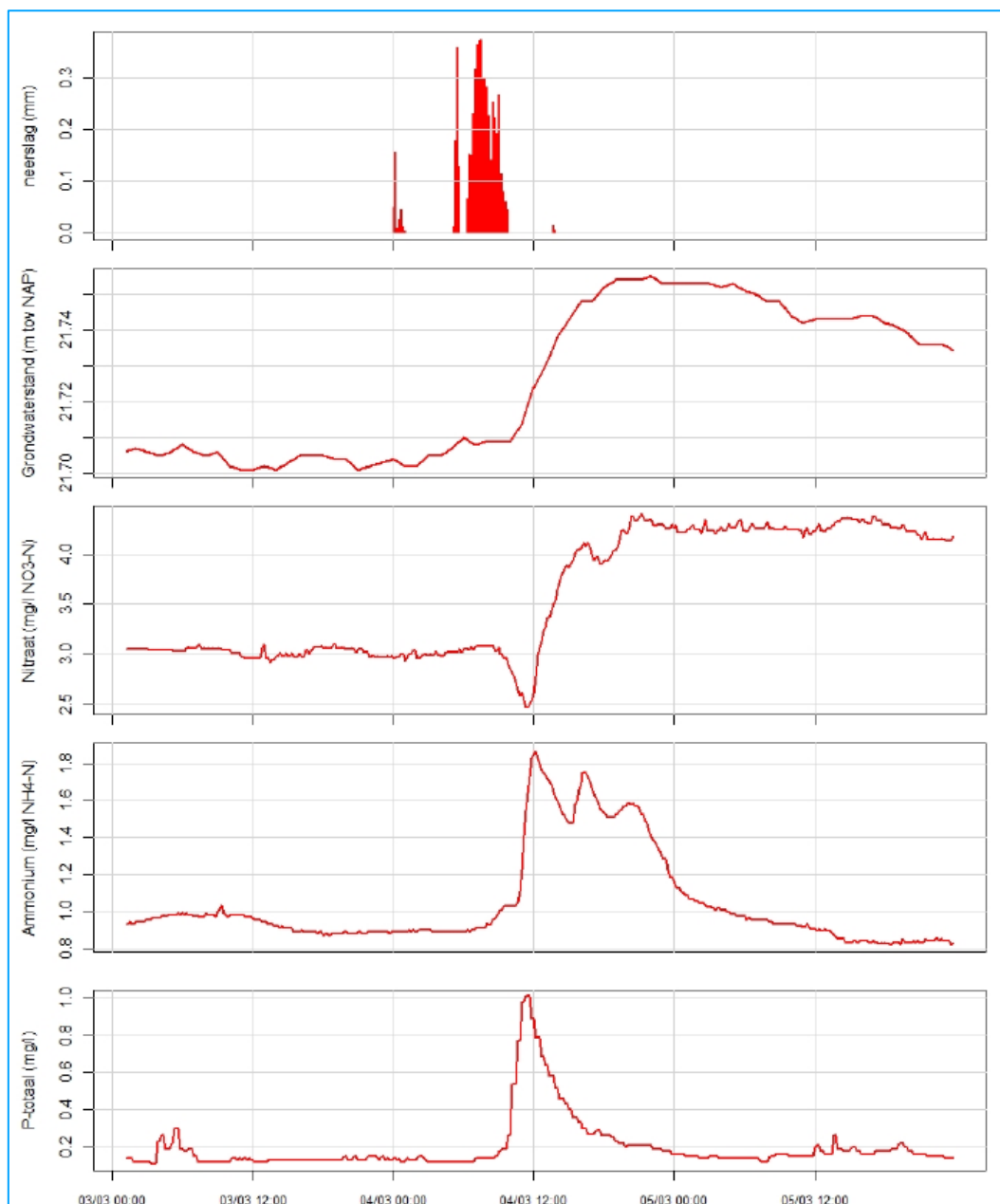
De volgende patronen zijn te zien voor oVINKNL125:

- 1) Concentraties nitraat in de winter zijn hoger: dat komt door uitspoeling (door neerslag overschot) en beperkte biologische activiteit door lage temperaturen. Tussen de verschillende winters zitten wel verschillen in de mate van uitspoeling (heeft met weer in voorafgaande zomer te maken) (nr. 1).
- 2) Concentraties in de zomer zijn lager (nitraat is zelfs bijna afwezig) omdat er dan minder sprake is van uitspoeling (neerslag tekort en opname door gewassen) en biologische activiteit in de sloot (groei vegetatie) (nr. 2)
- 3) In de winters zijn de grondwaterstanden hoger dan in de zomers, waar er ook een verschil is tussen droge zomers (2022) en natte zomers (2023) (nr. 3)
- 4) Als het in de zomers hard regent (bv juli 2021) dan stijgen de grondwaterstanden, alleen lopen in deze sloot de concentraties nitraat maar heel beperkt op in vergelijking tot het meetpunt aan het einde van de vinkenloop (figuur hierboven) waar meer invloed is van akkerbouw.
- 5) De pieken aan nitraat die in de winter (2020/2021, nr. 1) worden gemeten zijn na droge zomers (2020) hoger dan in winters (2021/2022) na natte zomers (2021) (nr. 5)
- 6) De prestatie van de sensor in 2020 en 2021 was goed, in zomer 2022 en 2023 had de sensor veel meer problemen om goed te meten waardoor er daar meer uitschieters te zien zijn, die ook door de validatie protocollen zijn gekomen. Hier is het aannemelijk dat deze pieken door de sensoren komen, er zijn bij inspectie o.a. beschadigde lenzen op de sensor gevonden. Meetrange nitraat sensor begint vanaf ca 1 mg/l NO₃-N, op dit meetpunt liggen de meeste meetwaarden daar in de zomer onder.



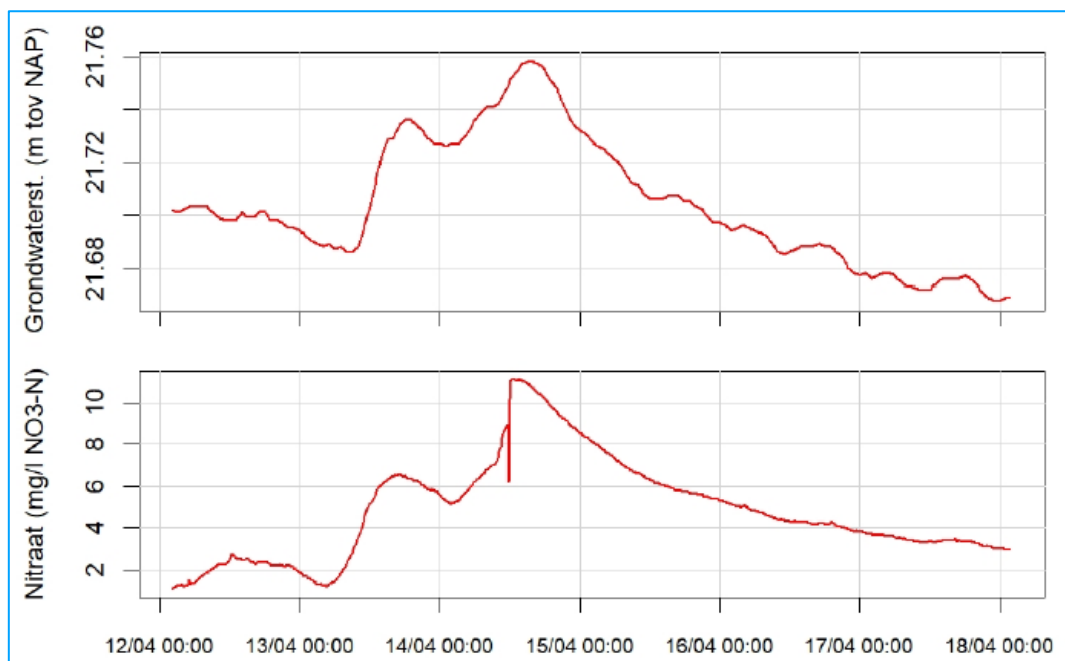
Figuur 4-6: nitraat in de sloot langs het Boveneind, tussen de weilanden (meetpunt xVINKNL125) gemeten met sensor (blauwe lijn), controle metingen met reguliere monsternamen en analyse door Aquon (oranje punten), beide uitgedrukt in mg NO₃-N / l, aan de bovenkant van de x-as. De data van de sensoren is gevalideerd. Ook weergegeven is de cumulatieve neerslag van de afgelopen 10 dagen (rood), uitgedrukt in mm, en de gemiddelde grondwaterstand in het onderzoeksgebied zoals gemeten in de peilbuizen (zwarte lijn), uitgedrukt in dm onder het maaiveld.

Sensoren met realtime metingen laten het ook toe om in te zoomen op specifieke gebeurtenissen. Metingen met sensoren en auto-analysers van KIWK laat het effect zien van een regenbui op de waterkwaliteit. Nitraat concentraties dalen eerst een beetje, om daarna toe te nemen en verhoogd te blijven. Dat is de uitspoeling van het nitraat. Ammonium en fosfor spoelt oppervlakkig af bij buien: concentraties stijgen bij begin van de bui, en dalen daarna weer (Figuur 4-7).

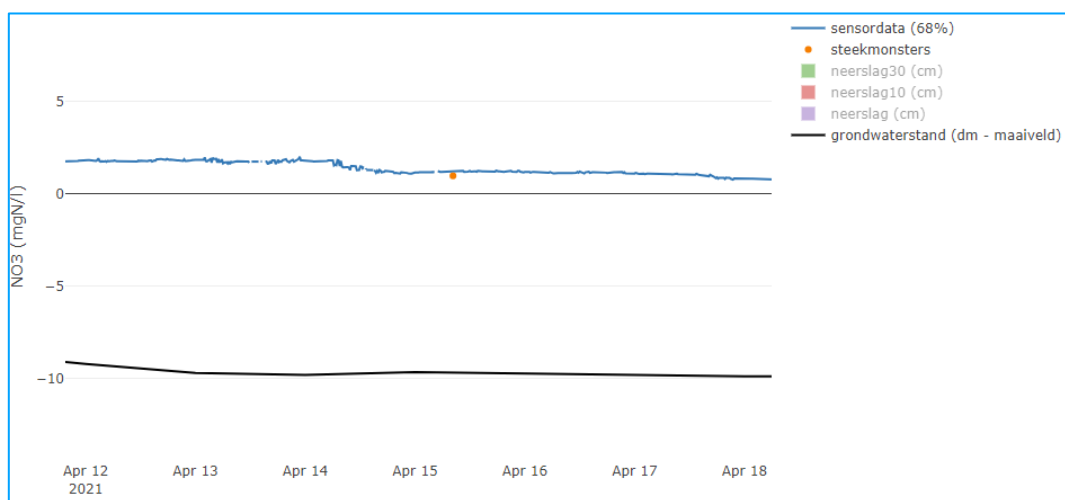


Figuur 4-7: metingen door KIWK in de Vinkenloop (oVINKNL170) met sensoren en auto-analyzers voor, tijdens en na een regenbui (04-03-2021). Na de neerslag gaan grondwaterstand omhoog en gaat ook de nitraat concentratie omhoog. Fosfor en ammonium pieken kort na de bui om vervolgens weer snel terug te komen op het basisniveau van voor de bui (Schipper et al 2022).

In de Vinkenloop zijn ook hoge concentraties nitraat gemeten in droge perioden. Een voorbeeld hiervan is te zien op 21 april 2021. Op die dag is één van de percelen intensief beregend om het gewas te beschermen tegen nachtvorst. De beregening (met nitraatrijk grondwater, 8 mg N/l) zorgde daarnaast ook voor aanvullende uitspoeling vanuit het perceel. Dit was terug te meten in de monding van de Vinkenloop bij meetpunt oVINKNL170 (Figuur 4-8). Bovenstrooms van het betreffende perceel, in de sloot langs het bovineind is er geen piek geweest in nitraat (Figuur 4-9).



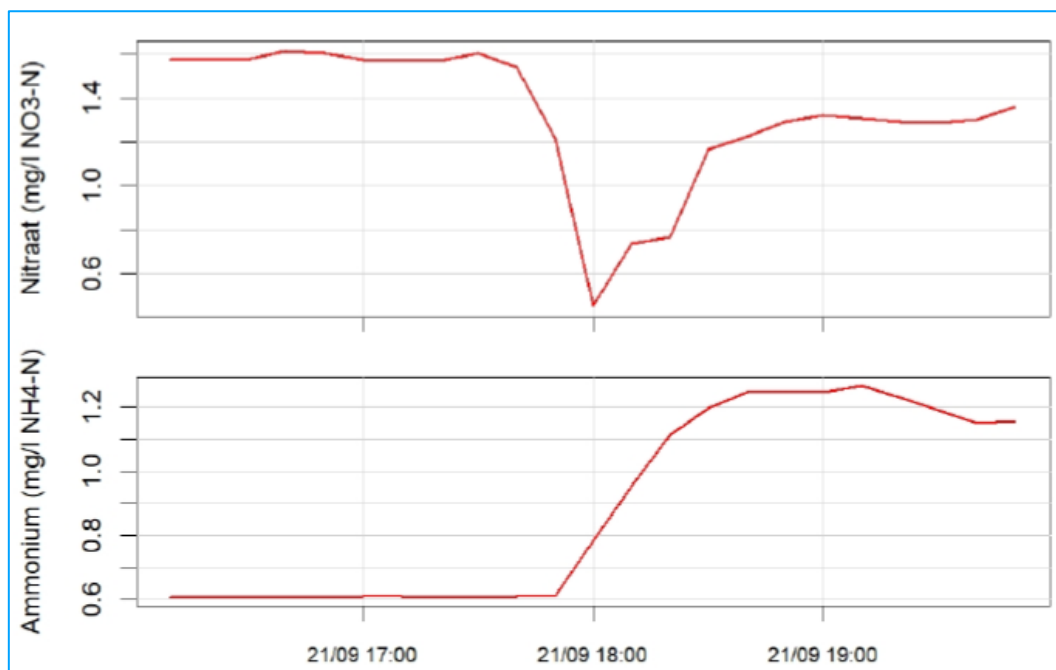
Figuur 4-8: metingen door KIWK in de Vinkenloop (oVINKNL170) met sensoren en auto-analyzers rondom een moment met beregening voor bescherming tegen nachtvorst (april 2021) (Schipper et al 2022).



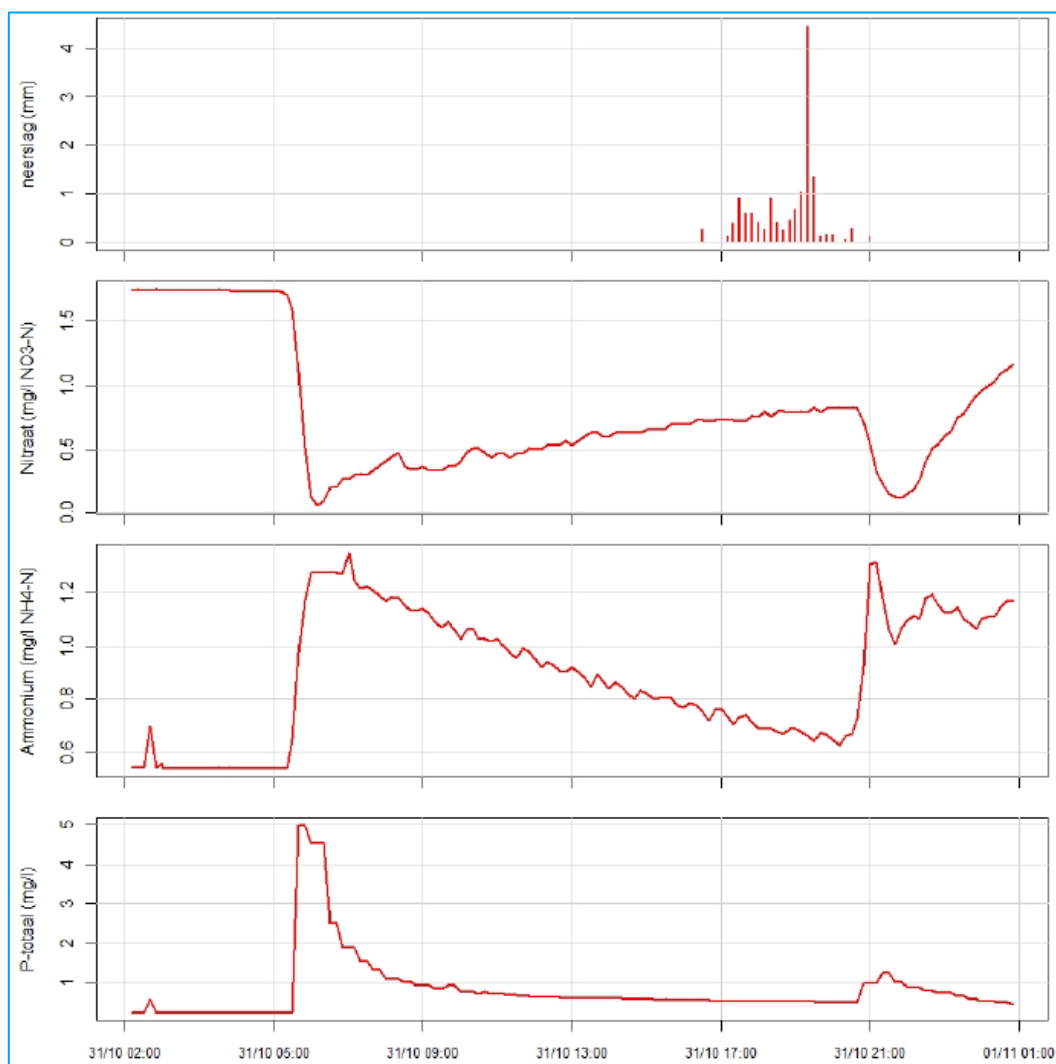
Figuur 4-9: metingen in de sloot langs het Boveneind (oVINKNL125) met sensor voor nitraat en de grondwaterstand (april 2021).

Ook het maaien van de watergang heeft effect op de waterkwaliteit. Hierdoor is een tijdelijke verandering in de nitraat- en ammoniumconcentraties waargenomen (geen neerslag, afvoer en grondwaterstanden stabiel). De nitraatconcentraties daalden, terwijl de concentratie ammonium steeg. Waarschijnlijk zijn deze concentratieveranderingen het gevolg van het mobiliseren van water dat voor het maaien stagneerde tussen de begroeiing. Door het stagneren van het water tussen de blaadjes van waterplanten kan het water 's nachts zuurstof- en nitraatarm worden en juist wat rijker aan ammonium (Figuur 4-10). Door het maaien komt dat ammoniumrijke water meer in

In oktober 2021 zaten er een aantal duikers verstopt in de Vinkenloop. Op 31 oktober is er een 'doorbraak' te zien van zo'n verstopte duiker door toenemende waterdruk: fosfor, ammonium en troebelheid pieken (opwerveling sediment), nitraat daalt door de influx van nitraat armer water dat werd opgestuwd (schoon kwelwater bovenstrooms), gevolgd door het effect van neerslag (zie Figuur 4-11). Het debiet bij schoonsputten van de duiker neemt toe van ca 10 l/s naar 40 l/s.

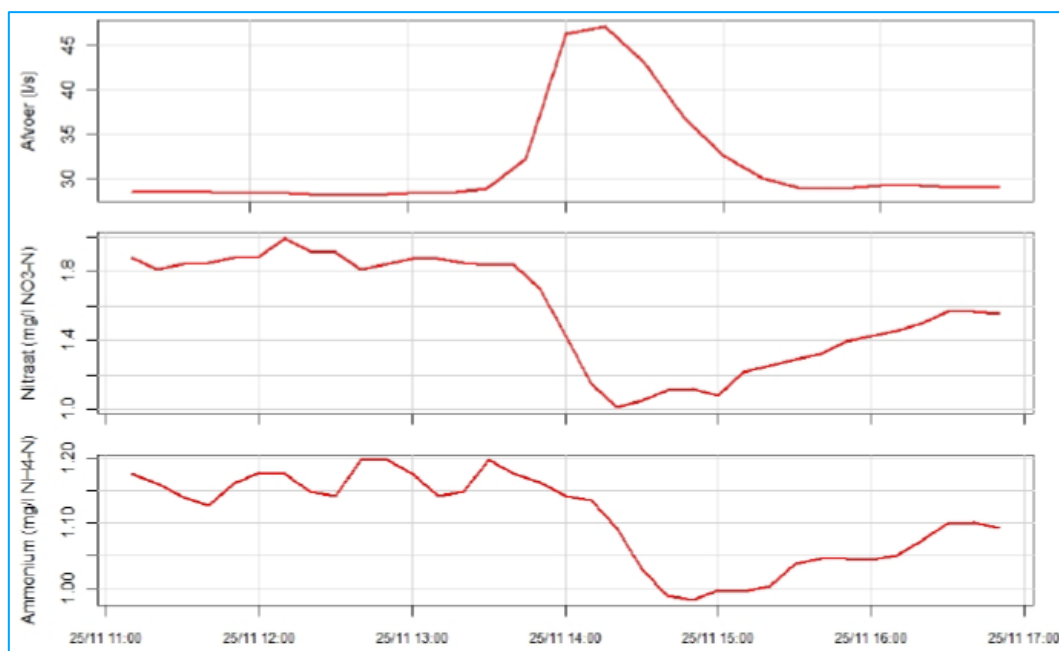


Figuur 4-10: metingen door KIWK in de Vinkenloop (oVINKNL170) met sensoren en auto-analyzers rondom maaien van de Vinkenloop (september 2021) (Schipper et al 2022).



Figuur 4-11: metingen door KIWK in de Vinkenloop (oVINKNL170) met sensoren en auto-analyzers rondom het leeglopen van een verstopte duiker (31-10-2021, 05:00 uur), gevolgd door een regenbui (31-10-2021, 18:00 uur) (Schipper et al 2022).

Het effect van het opwervelen van sediment is herhaald in een gecontroleerde proef, waarbij de stuw in de bovenloop is opgetrokken om water op te sparen, en vervolgens ineens vrij te laten door stuw te laten zakken (afvoergolf). Zowel de nitraat- als de ammoniumconcentraties nemen af in het water, terwijl de troebelheid en sediment in water wel toename (Figuur 4-12). Uit eerdere metingen bleek al dat dit water minder stikstof bevat dan het water elders in de Vinkenloop, waardoor de afname in nitraat en ammonium te verklaring is door verdunning met schoner water. Omdat tijdens de afvoergolf geen ammoniumpiek is gezien, is de duur van de opwerveling te kort geweest voor het vrijkomen van ammonium uit het sediment. Het is waarschijnlijk dat bij piekbuien andere bronnen bij de Vinkenloop bepalender zijn voor de stijging in ammonium en nitraat dan opwerveling van het sediment, zoals directe afspoeling vanaf het land en/of snel reagerende drains).



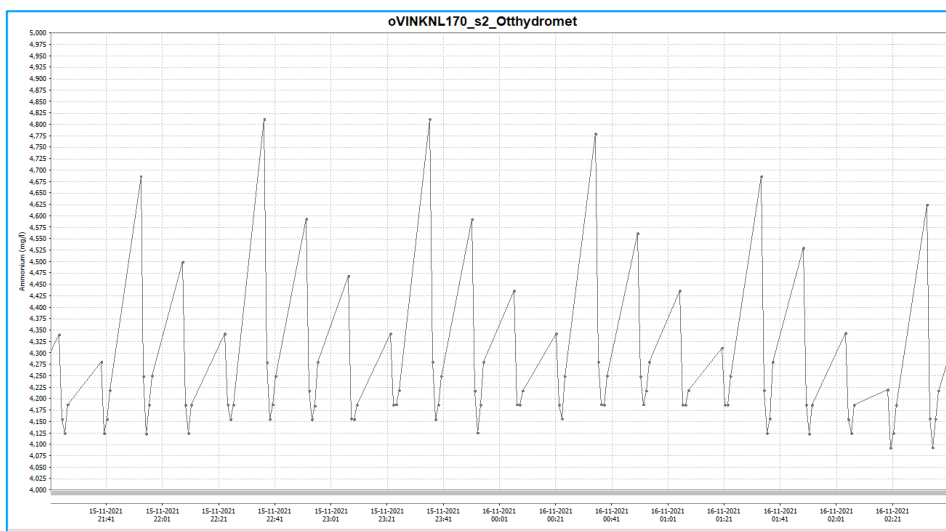
Figuur 4-12: metingen door KIWK in de Vinkenloop (oVINKNL170) met sensoren en auto-analyzers rondom de afvoergolf door de Vinkenloop (Schipper et al 2022).

4.3 Ammonium

In de Vinkenloop is in 2020 en 2021 op twee plekken gewerkt met een sensor voor het meten van ammonium. In deze periode is gebleken dat ammonium een parameters is die lastig met een sensor is te monitoren. De oorzaken hiervoor zijn:

- Concentraties ammonium in het water van de Vinkenloop zijn laag (vaak < 1 mg NH₄-N/l) en liggen rondom de ondergrens van de meetrange van de sensor
- Problemen met de capaciteit van de batterijen,
- Stroomverbruik van de omrekenmodule (bluesense) en van de communicatieapparatuur voor de ammonium sensor (modbus),
- spanningsverschillen in de batterijen die het meetresultaat beïnvloeden

Eind 2021 is daarom gestopt met meten van ammonium met sensoren. Vanuit de KIWK zijn er wel ammonium metingen beschikbaar, daar wordt gemeten met een auto-analyzer. Dit is gevoeliger meetapparatuur dan de sensor. Deze metingen zijn mogelijk omdat voor de meetopstelling KIWK wel een stroomvoorziening beschikbaar is.



Figuur 4-13: ruwe sensordata (lijnen) voor de ammoniumsensor op locatie oVINKNL170. De stippen zijn de meetmomenten, de lijnen tussen de stippen de interpolatie. Het zaagtandpatroon heeft te maken met inschakelen en opstarten en weer uitschakelen van de apparatuur, dit als voorbeeld

4.4 EGV

EGV is Elektrisch Geleidings Vermogen. Het is een maat voor opgeloste zouten in water. Dit kunnen organische zuren zijn, en verder stoffen zoals chloride, kalium, nitraat en ammonium, sulfaat of oxides met ijzer of aluminium. EGV sensoren zijn halverwege in 2020 geïnstalleerd. EGV sensoren worden breed gebruikt in Nederland.

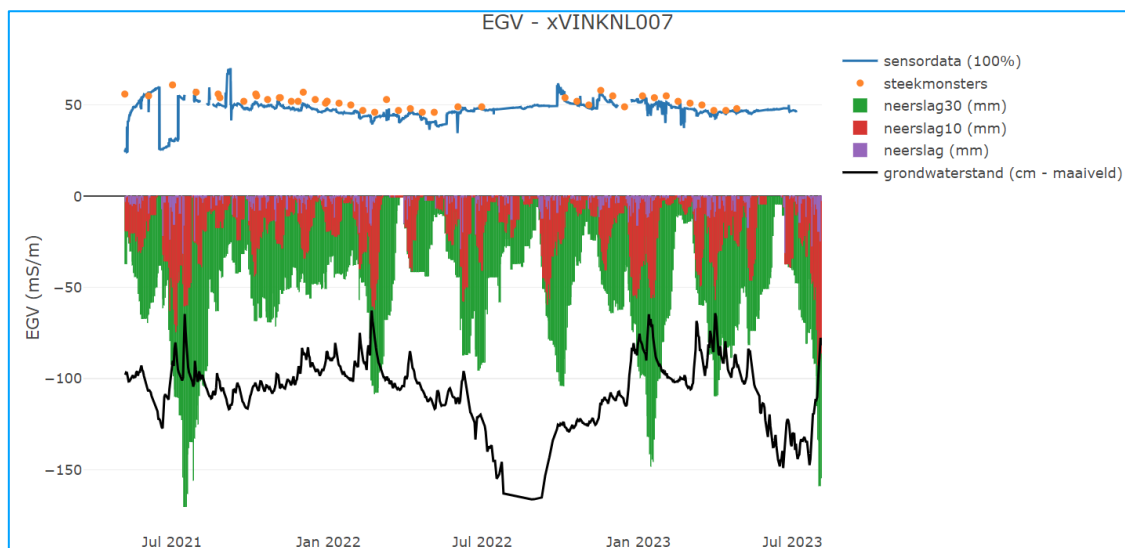
De figuren hieronder laten per sensor de gemeten EGV zien, vergeleken met de waarden van de steekmonsters. Ook is de cumulatieve neerslag (bij Vredepeel) weergegeven, net zoals de grondwaterstand. De EGV sensorwaarden zijn gevalideerd. Te springerige waarden zijn eruit gehaald, net zoals te constante waarden en waarden die buiten de realistische range voor oppervlaktewater in dit gebied vallen (< 10 mS/m of > 100 mS/m). Paragraaf 5.8 gaat verder in op de verschillen in EGV tussen de verschillende meetlocaties.

Qua meetnauwkeurigheid vallen de volgende zaken op:

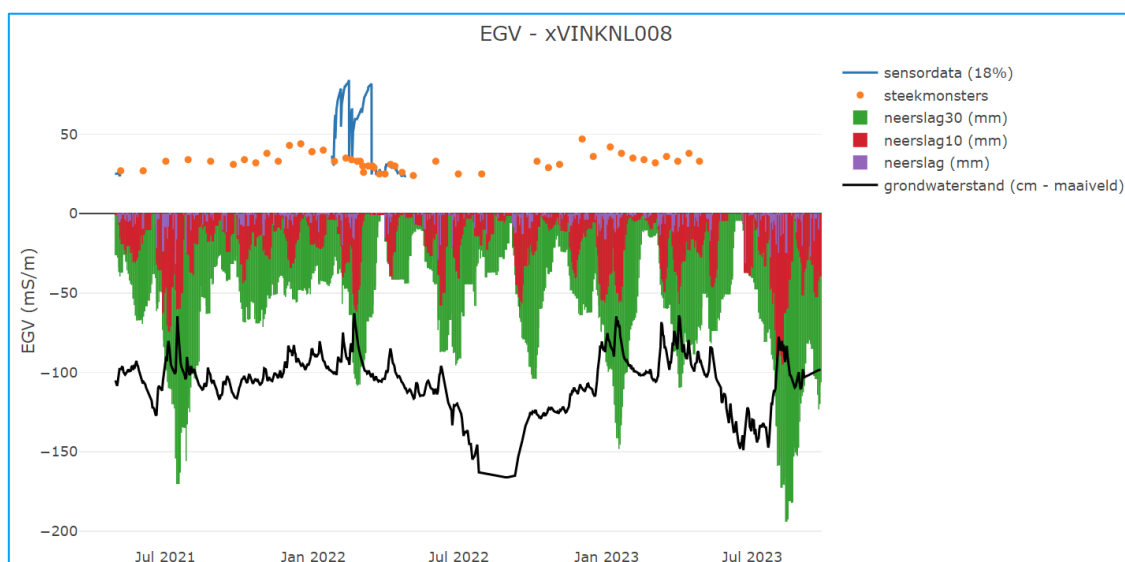
- Sommige sensoren komen goed overeen met de steekmonsters (007, 125, 155)
- Sommige sensoren meten in de te verwachten range (10 tot 100 mS/cm) maar meten meer variatie in de EGV dan de steekmonsters (130, 170)
- Sommige sensoren meten niet in de te verwachten range (008, 100). Zo meet 008 overwegend waarden die een factor 1000 te hoog zitten, en zit 008 vaak een factor 10 te laag. Hierdoor komen de meeste sensordata niet door de validatie, resulterend in lage percentages aan 'betrouwbare data': vrijwel 0% voor sensor 100 en 18% voor sensor 008.

Er lijkt geen duidelijk en/of eenduidig verband tussen EGV en de grondwaterstand en neerslag. Bij nitraat vonden we wel zo'n verband. De vooraf bedachte redenen om EGV te meten (als proxy voor andere stoffen en voor de waterherkomst) lijken dus niet geheel op te gaan:

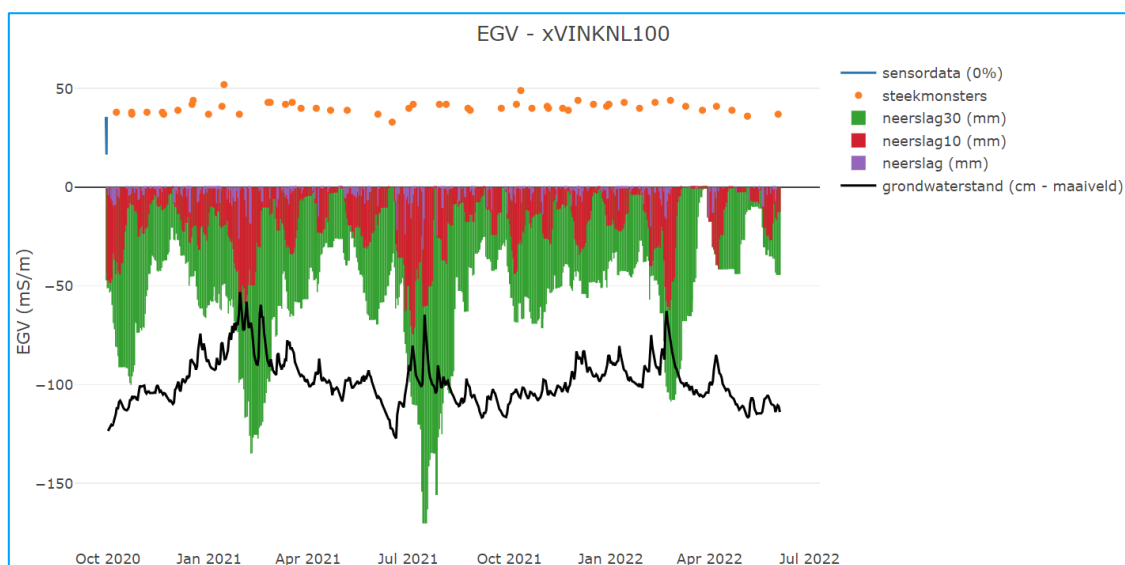
- Controle parameters op de andere sensoren die NO_3 , NH_4 meten
- Geeft beeld van verdunnend effect van neerslag en mate van waterafvoer (stabiele meetwaarden duiden op een EGV sensor die in stilstaand water meet of in de lucht aan het meten is, wat weer duidt op droogval)
- Kijken of we hieruit waarden van niet met sensoren gemeten stoffen, zoals N-organisch, of P, kunnen schatten,
- of we verhouding grondwater/perceelswater drains (en evt. oppervlakkige afstroming van percelen) kunnen schatten.



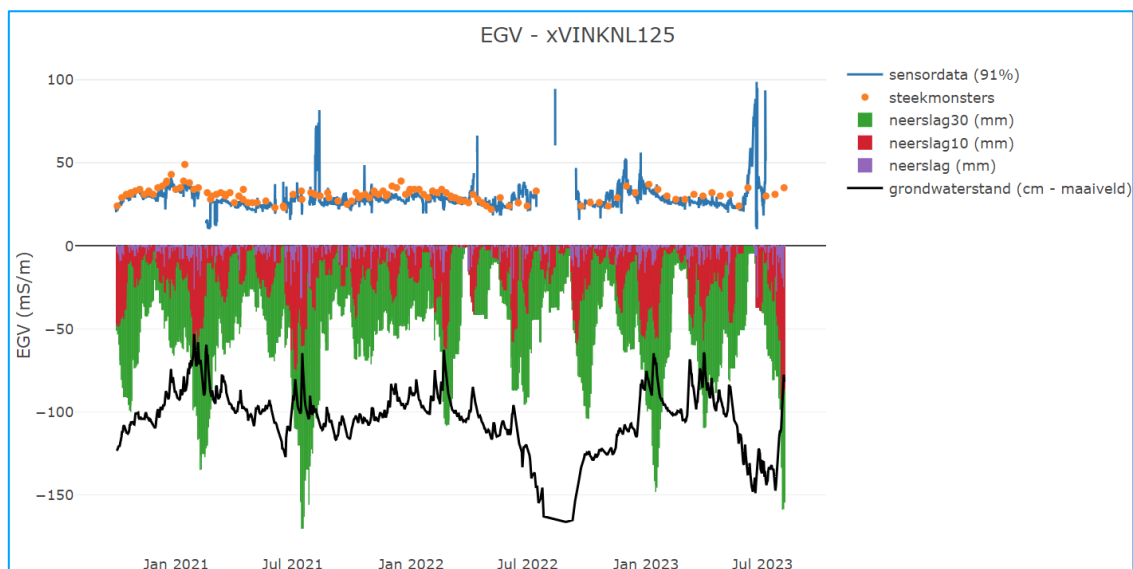
Figuur 4-14: EGV volgens sensor 007 (drainwater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.



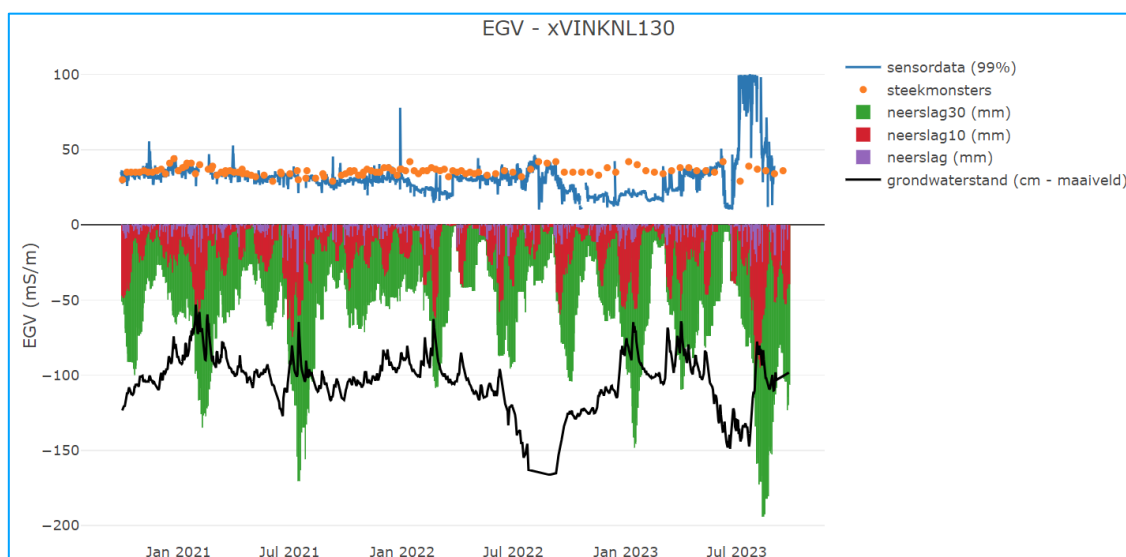
Figuur 4-15: EGV volgens sensor 008 (drainwater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.



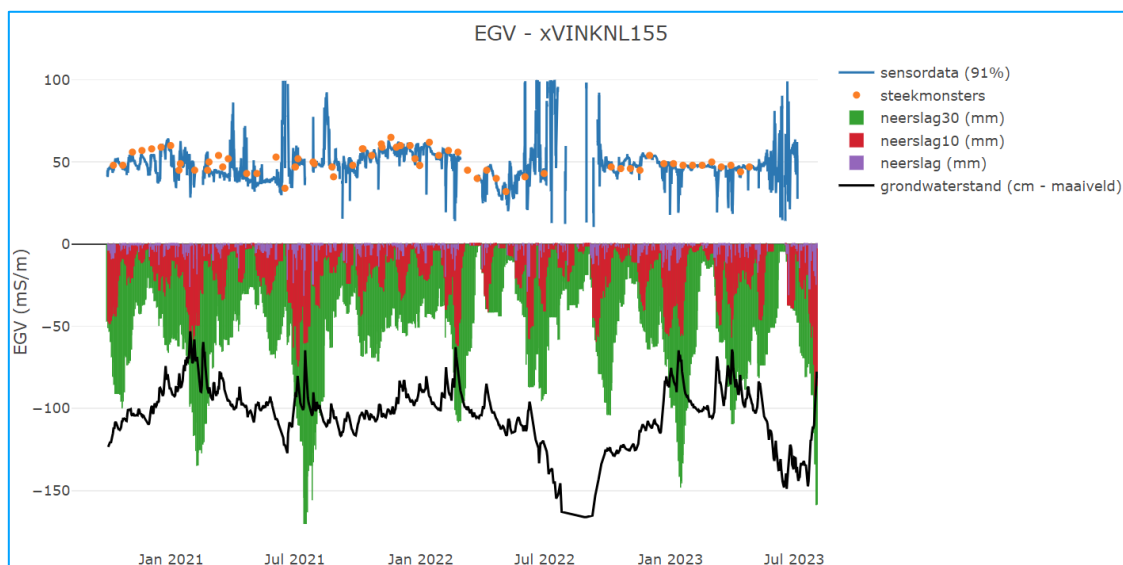
Figuur 4-16: EGV volgens sensor 100 (oppervlaktewater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.



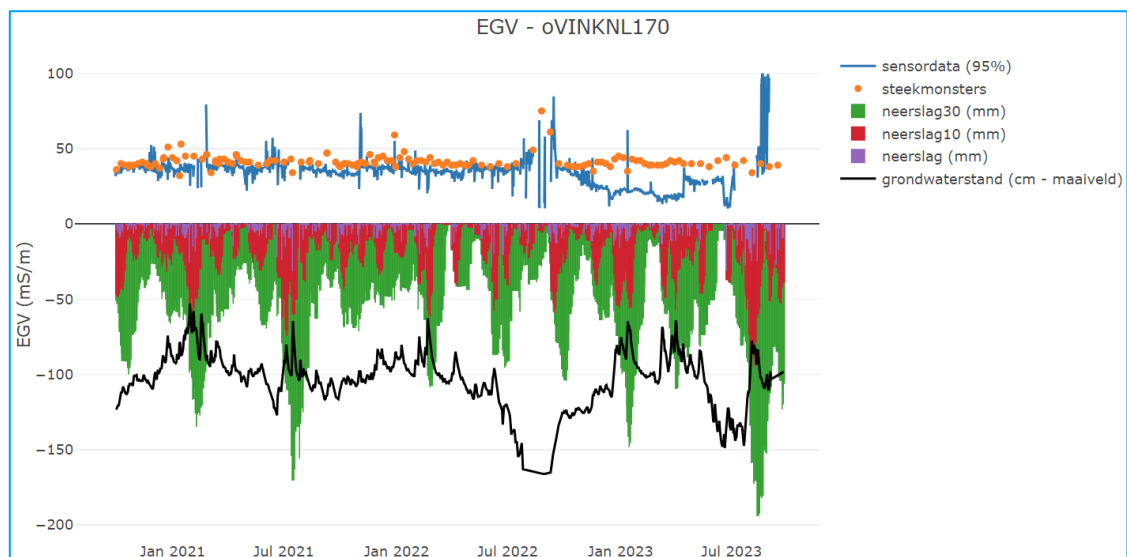
Figuur 4-17: EGV volgens sensor 125 (oppervlaktewater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.



Figuur 4-18: EGV volgens sensor 130 (oppervlaktewater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.



Figuur 4-19: EGV volgens sensor 155 (oppervlaktewater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.



Figuur 4-20: EGV volgens sensor 170 (oppervlaktewater) en steekmonsters, in relatie tot neerslagsom en grondwaterstand.

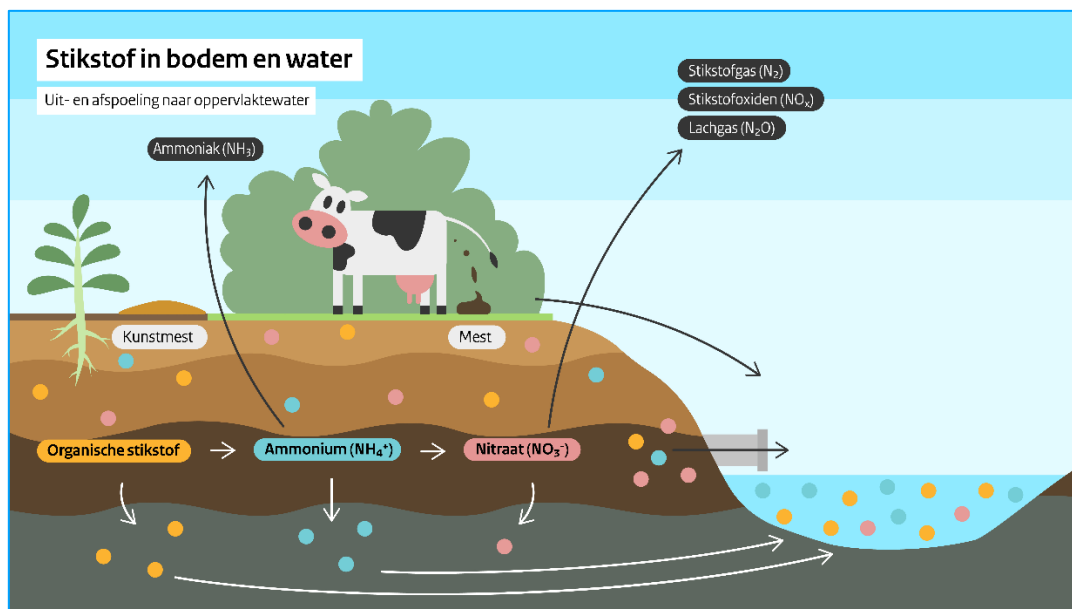
5 Steekmonsters

5.1 Stikstof totaal

Stikstof is in verschillende vormen in de bodem en het water aanwezig. Door biologische en/of chemische processen kan de vorm van stikstof ook veranderen (Figuur 5-1). Stikstof komt in de bodem voor als organisch materiaal (bijv. plantenresten of mest), urea (urine), ammonium en nitraat (bijv. via kunstmest). In de stikstofcyclus wordt organisch materiaal en urea omgezet in ammonium (NH_4^+). Vervolgens kan ammonium weer omgezet worden in nitraat (NO_3^-) wanneer er genoeg zuurstof aanwezig is. Zowel ammonium als nitraat kan opgenomen worden door planten of microben in de bodem. Dit proces gaat sneller wanneer het warmer is, waardoor meer stikstof in organisch materiaal wordt opgeslagen en minder in de bodem blijft. Wanneer deze planten en microben sterven kan het als organisch materiaal weer terugkomen in de bodem, waardoor de cyclus opnieuw begint.

Stikstof kan het systeem ook verlaten. Nitraat is goed oplosbaar en kan daardoor de bodem snel verlaten via uitspoeling naar het grond- of oppervlaktewater wanneer er meer water en nitraten aanwezig zijn dan de planten kunnen opnemen. Dit is vooral het geval in de winter, wanneer er een neerslagoverschot is in Nederland en planten/microben minder opnemen door de koude temperaturen.

Ammonium is minder goed oplosbaar en bind zich meer aan bodemdeeltjes, waardoor er minder uitspoelt en ammonium voornamelijk in het oppervlaktewater terecht komt via oppervlakkige afspoeling. Deze afspoeling vindt vooral plaats bij zware buien of lange periodes met veel neerslag. Ammonium kan ook omgezet worden naar ammoniak (zuur-base reactie), waarbij ammoniak (NH_3) een gas is en zo vervluchtigd uit de bodem. Nitraat kan onder zuurstofloze omstandigheden (bv als bij hoge grondwaterstanden) door bacteriën omgezet worden in stikstofgas (N_2) of lachgas (N_2O), wat ook het systeem verlaat naar de atmosfeer. Tenslotte kan stikstof met de oogst van gewassen worden afgevoerd. Hierdoor komt het stikstof niet terug in de bodem in de vorm van plantenresten. Daarom moet voor de teelt van gewassen de stikstof voorraad in de bodem aangevuld worden om zo de bodem niet uit te putten.



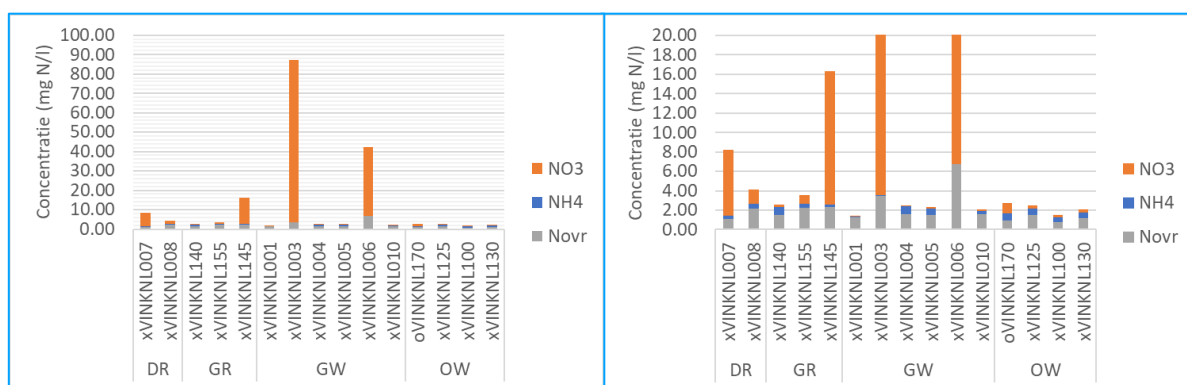
Figuur 5-1: Stikstofcyclus in de bodem (Bron: RIVM)

Stikstof kan via verschillende manieren in het oppervlaktewater terecht komen. Het kan wegzijgen richting het grondwater of via drainagebuizen in greppels terecht komen. Zonder drainagebuizen kan het ook bij hogere grondwaterspiegels via de bodem in watergangen en greppels terecht komen (uitspoeling). Oppervlakkig kan water ook afspoelen in de watergangen en greppels. De greppels wateren vaak weer af op

de watergang. In het oppervlaktewater werkt het systeem min of meer hetzelfde als in de bodem. Hierdoor kan in het water stikstof voorkomen in organisch materiaal of urea, ook wel overig stikstof genoemd (Novr), ammonium en nitraat. In het water kan het overige stikstof vervolgens ook weer worden omgezet in ammonium en daarna nitraat. Als het stikstof in het water samen wordt stikstof totaal genoemd (N-totaal). Vergelijkbaar als in de bodem. Bij een teveel aan stikstof kan eutrofiëring plaatsvinden, waarbij er erg veel algengroei is aan het oppervlak en de waterbodem donker en zuurstofloos wordt.

De meeste meetlocaties in de Vinkenloop (OW) bevatten in de zomer concentraties tussen de 2 en 4 mg N/l. Echter zijn er een aantal meetlocaties met concentraties die 4 tot 20x hoger zijn (Figuur 5-2). Vooral in het grondwater (GW) vallen xVINKNL003 en xVINKNL006 op met concentraties boven 40 mg N/l, terwijl de overige grondwaterpunten concentraties tussen de 1 en 3 mg N/l hebben. Verder zijn de concentraties in xVINKNL007 (drain, DR) en xVINKNL145 (perceelsloot, GR) ook beduidend hoger. De hoeveelheid nitraat in een meetpunt is bepalend voor deze hoge concentraties.

De hoge concentraties zijn vooral in het noordoosten van het gebied te vinden, bij het uitstroompunt. Het oppervlaktewater bij het uitstroompunt van de Vinkenloop (oVINKNL170) heeft ook hogere concentraties dan het oppervlaktewater in de bovenloop (xVINKNL100). Dit lijkt vooral te komen door hogere nitraatconcentraties, terwijl de overige vormen van stikstof (organisch stikstof, nitriet en ammoniak) juist afnemen. Omdat er in het gebied geen sprake is van waterinlaat en/of puntbronnen komt deze toename aan stikstof in het water door activiteiten in het gebied zelf.



Figuur 5-2: Zomergemiddelde (2020-2023) concentratie van stikstof als nitraat (NO₃), ammonium (NH₄) en overige stikstof (Novr = N_{tot} - NO₃ - NH₄). Rechter figuur is een ingezoomde versie van het linker figuur. DR: Drainagewater, GR: Greppels/Schouwsloten, GW: Grondwater en OW: Oppervlaktewater). Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

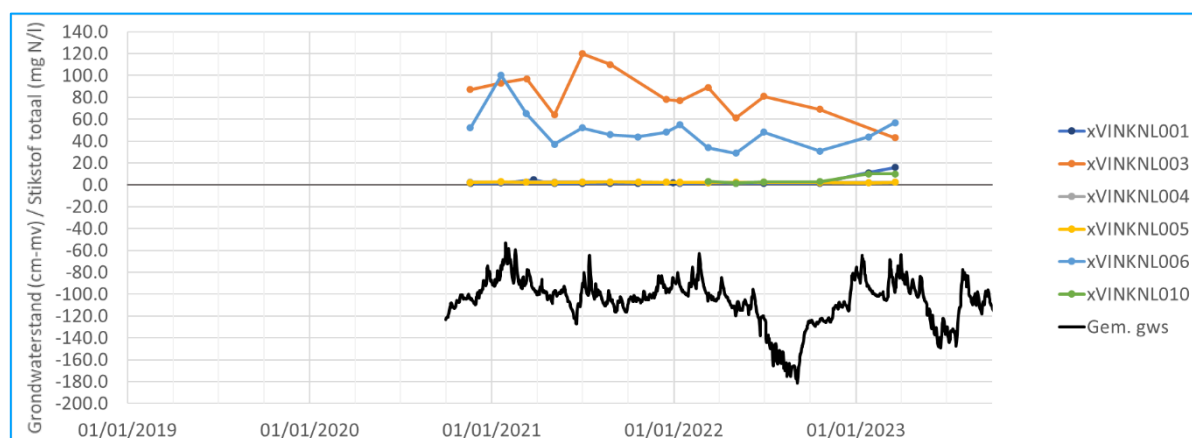
5.1.1 Grondwater

In het grondwater zijn in xVINKNL003 en xVINKNL006 (beide percelen met akkerbouw) beduidend hogere concentraties gevonden. Kijkend over de tijd valt op dat er een dalende trend is bij xVINKNL003 (Figuur 5-3). Verder is door de tijd te zien dat na een droge periode in 2022 met lagere grondwaterstanden de concentraties van xVINKNL001, xVINKNL010 en xVINKNL006 weer stijgen terwijl de grondwaterstand ook stijgt.

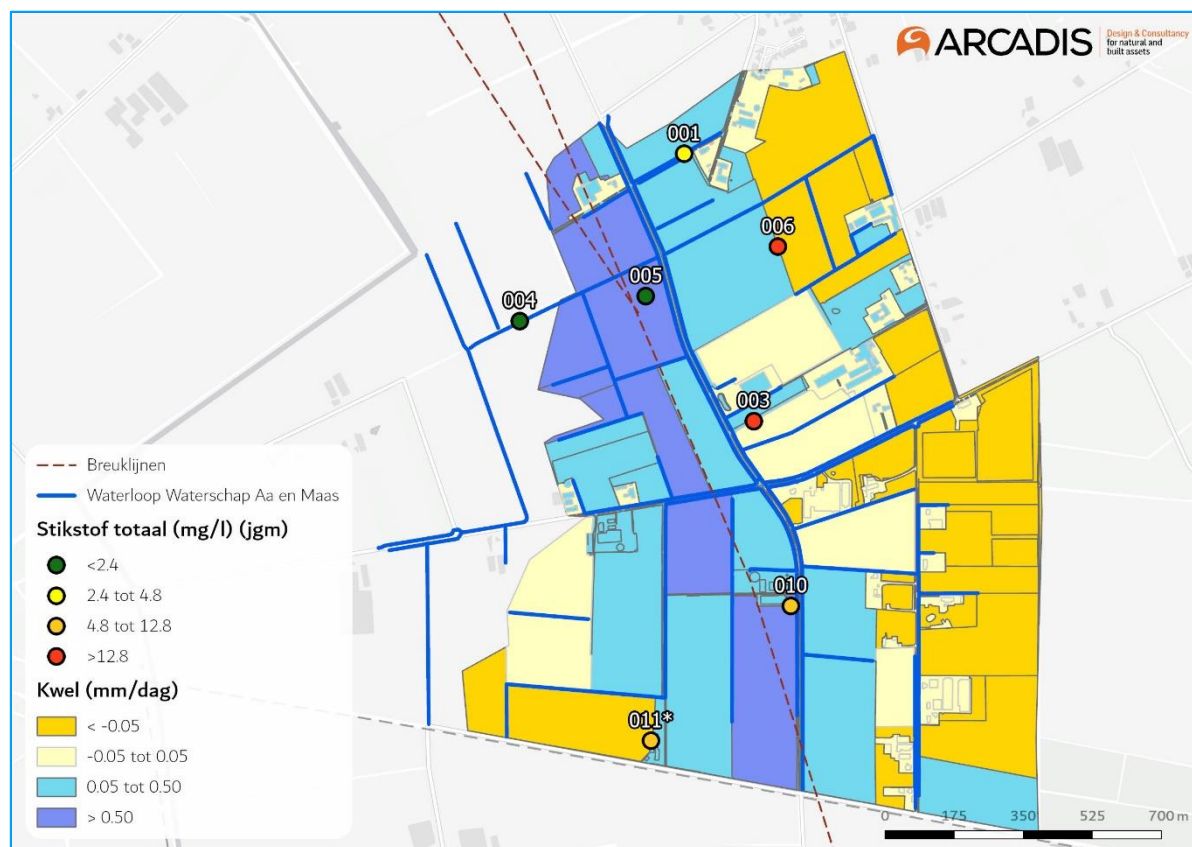
In een ruimtelijk overzicht is ook te zien dat xVINKNL003 en xVINKNL006 geplaatst zijn bij percelen met geen kwel/wegzijging (Figuur 5-4). Dit kan komen doordat de andere peilbuizen vooral water meten dat verdunt is door het kwelwater. Kwel in dit gebied bevat met 1.2 mg N/l¹ relatief weinig stikstof. De hoge concentraties bij xVINKNL003 en xVINKNL006 worden dan verklaard door het gebrek aan verdunning van het geïnfilterde water van de percelen door kwelwater. Na een droge zomer kan dan veel nitraatrijk bouwvoorwater uitzakken, waarbij een nitraatrijke laag rondom de filterdiepte zit. Echter is deze theorie moeilijk te toetsen met de huidige stikstof totaal grondwater datareeks over één droge zomer (2022). De hogere waarden bij

¹ Gemeten in twee beregeningsputten in het gebied met een filterdiepte van 8 tot 12 meter onder het maaiveld.

xVINKNL001 in 2022/2023 kunnen namelijk ook verklaard worden doordat er aardappelen op het perceel met deze peilbuis hebben gestaan. Aardappelen zijn gevoelig voor stikstofuitspoeling.



Figuur 5-3: Gemeten totale stikstofconcentraties in peilbuizen (mg N/l) (positieve y-as) met de gemeten gemiddelde grondwaterstanden van de peilbuizen (cm onder maaiveld) (negatieve y-as). Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11



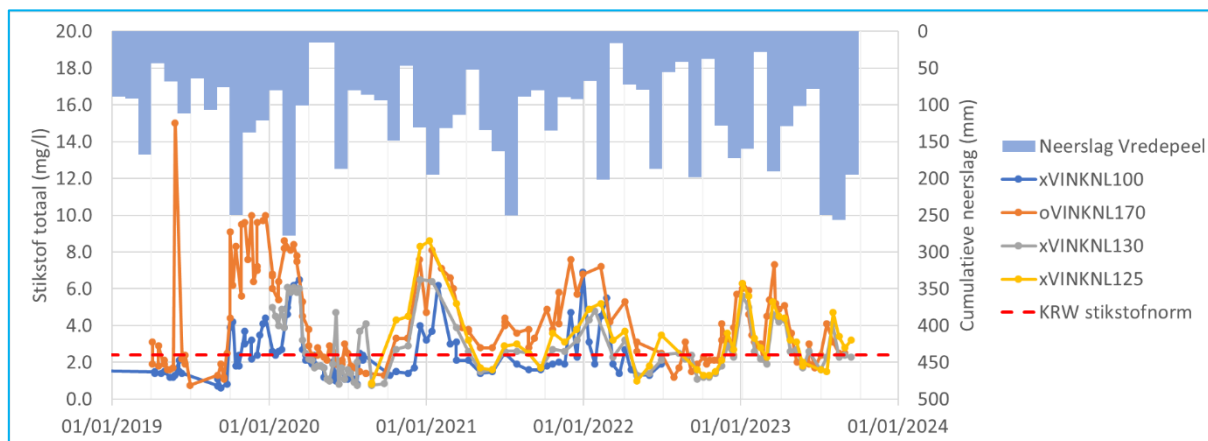
Figuur 5-4: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde grondwaterconcentraties in de Vinkenloop. *011 is i.v.m. uitzonderlijk hoge fosforconcentraties niet meegenomen in de grafieken, ook niet in de grafieken voor N.

5.1.2 Oppervlaktewater

Er zijn frequent steekmonsters voor het oppervlaktewater van de Vinkenloop. In deze metingen is een verschil te zien tussen de zomer en de winter (Figuur 5-5).

Gedurende de zomer zakken de stikstof concentraties regelmatig onder de KRW-norm (2.4 mg N/l). Terwijl in de winter de concentraties tussen de 4 en 10 mg N/l schommelen. Het systeem is daarnaast ook dynamisch, waarbij kleinere pieken en dalen elkaar snel afwisselen. De dynamiek is sterk gebonden aan de hoeveelheid

neerslag die in de maand valt. In drogere periodes zakt de concentratie en gedurende nattere periodes stijgt de concentratie (zie 02/2023) (zie ook hoofdstuk 4.2). Dit is verder gebonden aan het groeiseizoen van gewassen, waarbij de concentraties lager zijn wanneer er gewassen groeien op het land. De gewasrotaties kunnen ook de lagere waarden in de winter van 2023 verklaren, aangezien er dan veel graspercelen zijn in de Vinkenloop die het hele jaar rond water en stikstof kunnen opnemen, in tegenstelling tot braakliggende akkerbouwgronden.

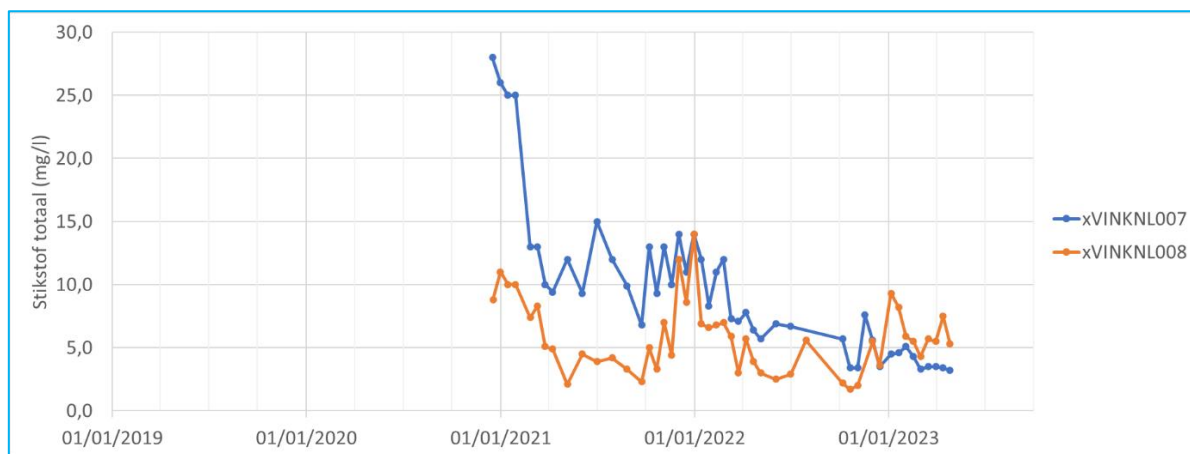


Figuur 5-5: Stikstof totaal concentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop uitgezet tegen de maandelijks cumulatieve neerslag bij neerslagstation Vredepeel. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.1.3 Drainagewater

Het drainagewater heeft hogere concentraties N-totaal dan het oppervlaktewater. xVINKNL007 heeft op het begin aanzienlijk hogere concentraties dan xVINKNL008 (Figuur 5-6). Hoogstwaarschijnlijk heeft xVINKNL008 lagere concentraties doordat het ook kwelwater afvoert, wat de concentraties verdunt. De drain xVINKNL008 ligt onder een grasland, wat vaak voor minder uitspoeling zorgt, en op een locatie waar sprake is van veenrestanten in de bodem (koolstof), wat in combinatie met natte omstandigheden (anaeroob) zorgt voor denitrificatie. Drain xVINKNL007 ligt op een akkerbouwperceel. De lagere waarden bij xVINKNL007 vanaf 2022 worden verklaard door de gewasrotatie, aangezien er graszoden op zijn gezet in 2022. Deze graszoden nemen beter stikstof op dan de lelies die daarvoor op het perceel stonden, waardoor de concentraties in het drainagewater lager zijn. Ook graszoden hebben, net als weiland, weinig uitspoeling (Timmermans & van der Burgt, 2023)

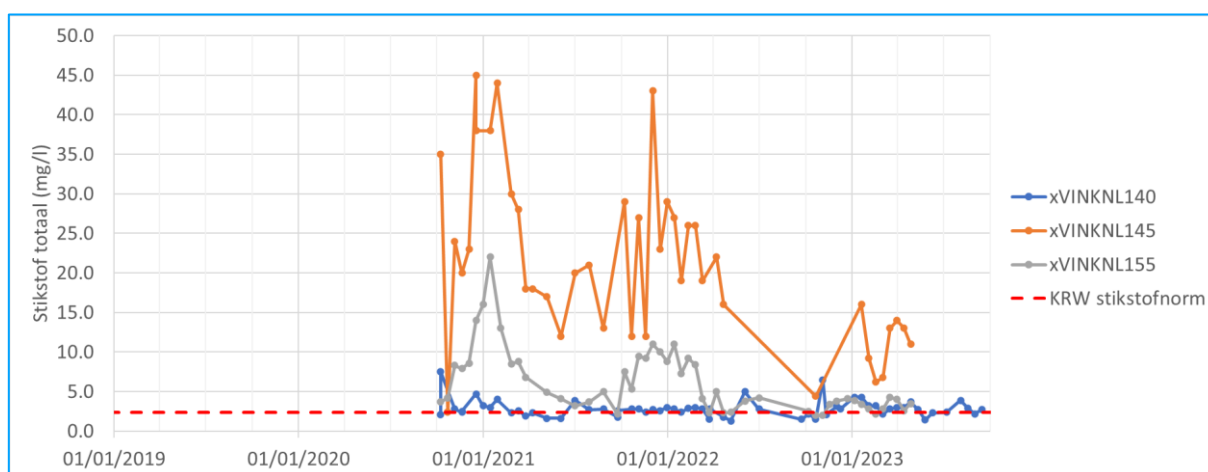
Daarnaast hebben beide meetpunten hogere concentraties in de winter en lagere concentraties in de zomer. In droge periodes wordt er nauwelijks water afgevoerd door de buisdrainage. Het drainagewater wordt in een verzamelbak opgevangen. Hierdoor zit er – zeker in droge periodes – een historie van de vorige concentraties in de metingen.



Figuur 5-6: Stikstof totaal concentraties van steekmonsters uit drainagewater. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.1.4 Greppels/schouwsloten

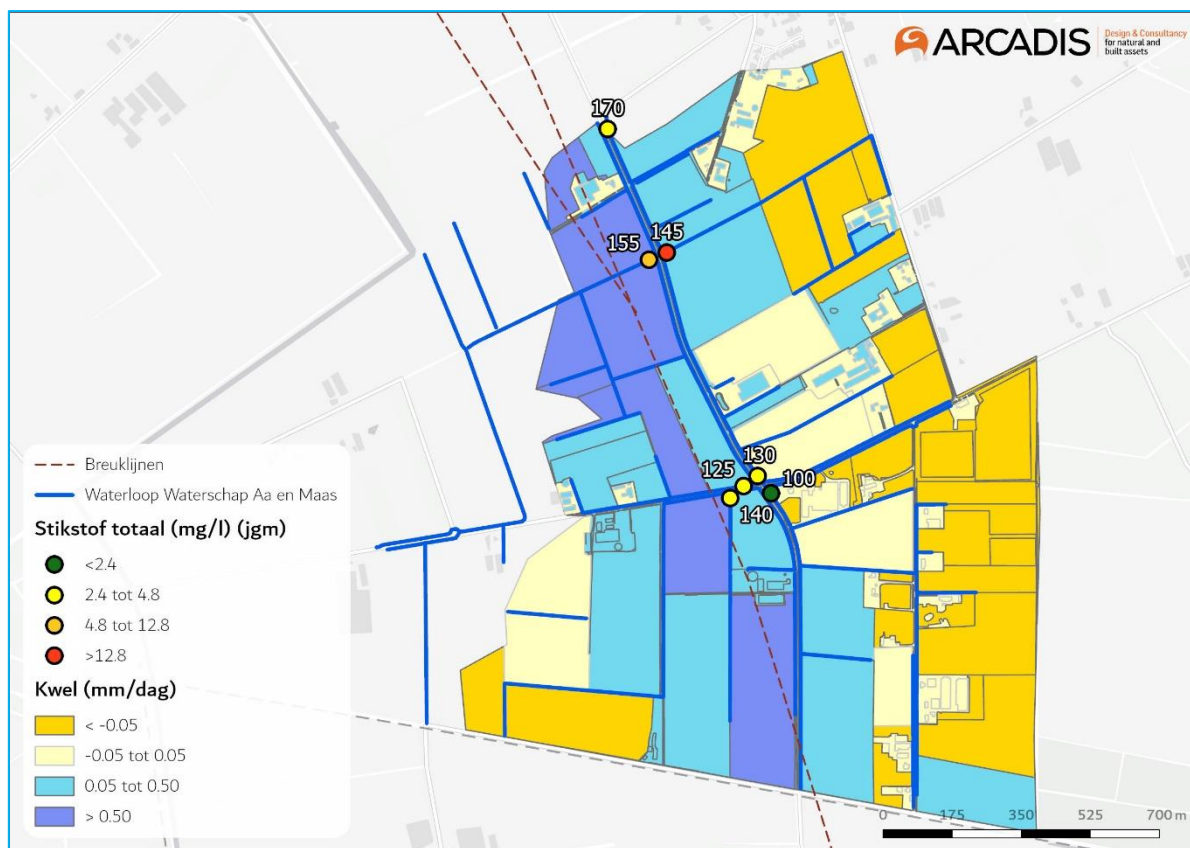
Tussen de greppels is er veel variatie in concentraties. xVINKNL140 heeft lage concentraties, variërend tussen de 2 en 5 mg N/l, terwijl xVINKNL145 hoge concentraties heeft, variërend tussen de 5 en 45 mg N/l (Figuur 5-7). Het verschil lijkt vooral te komen door een combinatie van de hoeveelheid kwel en landgebruikstypes rondom de schouwsloten. Zo ligt xVINKNL140 in een kwelrijk gebied met voornamelijk graslanden en spoelt daardoor een lage concentratie aan stikstof uit (zie ook drain xVINKNL008). xVINKNL155 heeft ook relatief veel kwel (Figuur 5-8), maar meer akkerbouwpercelen rondom de schouwsloot. De schouwsloot van xVINKNL145 water vooral water uit wegzijingsgebieden met veel akkerbouw af. De combinatie van weinig kwel met intensieve akkerbouw lijkt dus voor hogere stikstofconcentraties in de schouwsloot te zorgen, waarbij kwel de concentraties verdund (zie xVINKNL155) en graslanden voor minder uitspoeling zorgen (zie xVINKNL140). Verder is er weer een zomer/winter patroon te zien, waarbij er in de winter hogere stikstofconcentraties worden gemeten dan in de winter. Ook is zijn de lage concentraties in de droge februari 2023 terug te zien in xVINKNL145 vergelijkbaar met het oppervlaktewater. Tenslotte heeft xVINKNL145 een vergelijkbaar patroon met het drainagewater uit xVINKNL007, waarbij het drainagewater uitstroomt op deze schouwsloot. De lagere waarden van xVINKNL145 en xVINKNL155 richting 2023 kunnen ook gerelateerd zijn aan de graszoden die toen op deze percelen stonden. Deze hebben waarschijnlijk meer stikstof vastgehouden gedurende de natte winter en meer opgenomen gedurende het voorjaar en najaar.



Figuur 5-7: Stikstof totaal concentraties van steekmonsters uit water van greppels aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

Aangezien de schouwsloten van xVINKNL145 en xVINKNL155 afwateren op de hoofdwatergang in de benedenloop, laadt het systeem zich dus meer op richting het uitstroompunt van de Vinkenloop (xVINKNL170). Op basis van Figuur 5-2 valt op dat richting het uitstroompunt in het noorden de overige

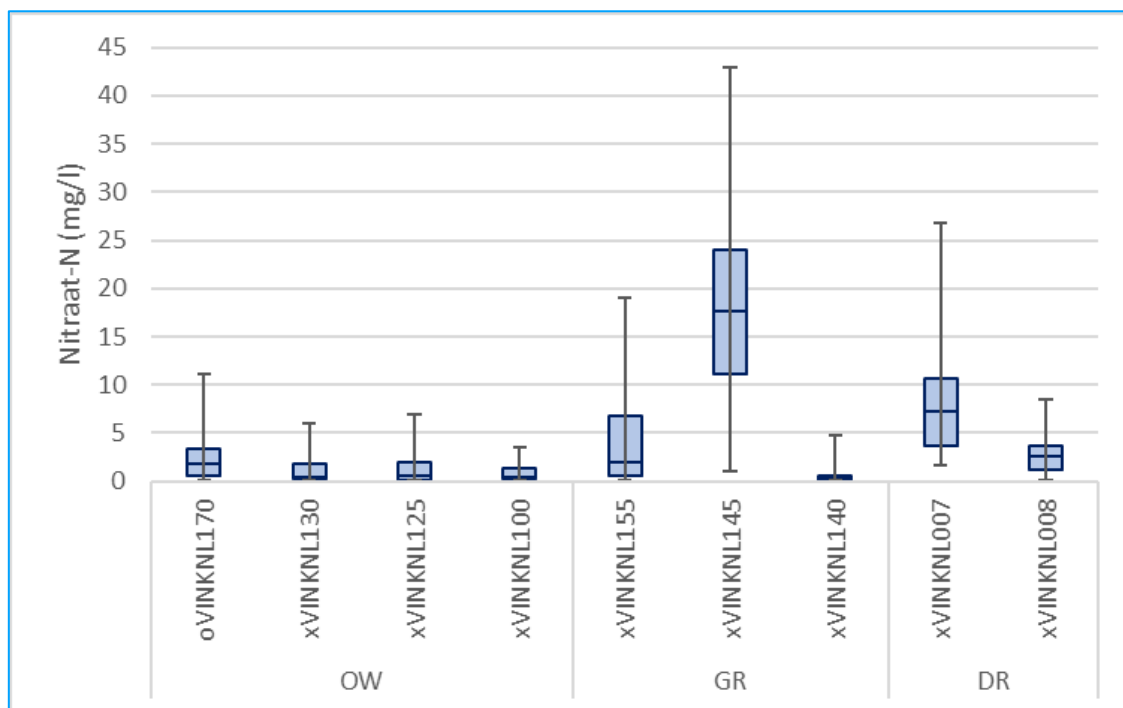
stikstof afneemt, terwijl de hoeveelheid totale stikstof toeneemt en dan vooral in de vorm van nitraat. Dit suggereert dat particulier stikstof “bezinkt” richting het uitstroompunt, terwijl er gelijktijdig meer nitraat in de Vinkenloop terecht komt via de schouwsloten in het noorden van het gebied.



Figuur 5-8: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde stikstof totaal concentraties van het oppervlaktewater in de Vinkenloop onderverdeeld in de KRW-klassen.

5.2 Nitraat (NO₃-N)

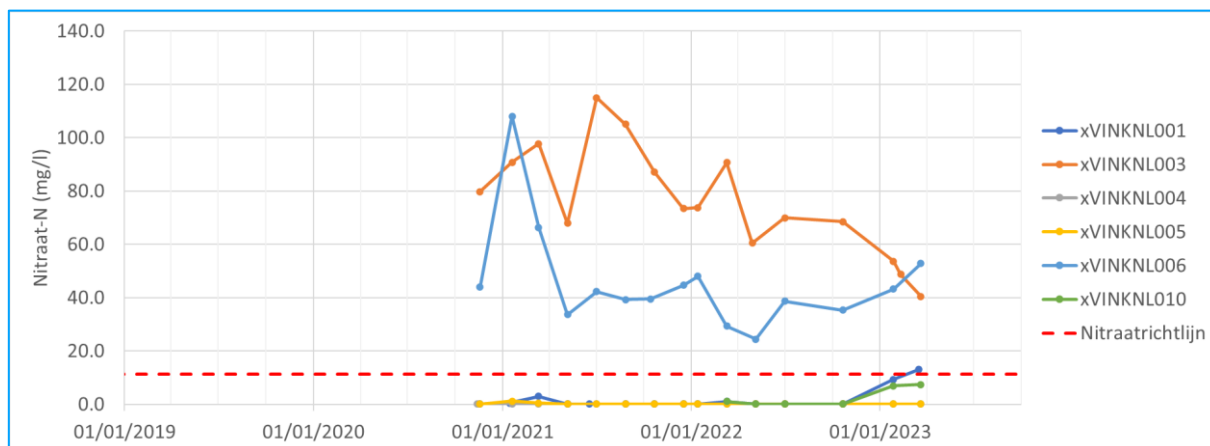
Bij de stikstof totaal metingen is er een grote variatie in de concentratie per meetlocatie en dat deze verschillen vooral worden veroorzaakt door de aanwezigheid van nitraat. Verder is te zien dat hoge concentraties nitraat vooral zijn terug te vinden in drainagewater en greppels/schouwsloten (Figuur 5-2). Echter is er veel spreiding in de concentraties gedurende de meetperiode van de meetlocaties (Figuur 5-9). Hierbij valt op dat de spreiding het grootste is voor de drainagesystemen en greppels. Dit geeft aan dat individuele percelen meer variatie in nitraat af- en uitspoeling hebben dan het gehele systeem. Een hevige bui kan bijvoorbeeld voor veel mest af- en uitspoeling zorgen op het een net bemest perceel met jonge gewassen, terwijl niet bemeste percelen voornamelijk voor verdunning zorgen in het gebied. De variatie tussen de percelen – en de aanwezigheid van kwel - zorgt voor een dempend effect op de concentratie variaties in het systeem, waardoor het oppervlaktewater minder spreiding heeft. Verder geven xVINKNL100, xVINKNL140 en xVINKNL008 weer dat in het kwelrijke gebied van de Vinkenloop ook minder spreiding is door de constante verdunnende factor van kwel. Terwijl het systeem meer variatie bij het uitstroompunt (oVINKNL170) laat zien doordat xVINKNL155 en xVINKNL145 hierop uitstromen. De akkerbouwpercelen rondom deze schouwsloten kunnen ook een belangrijke factor zijn voor de grote spreiding bij xVINKNL145 en xVINKNL155.



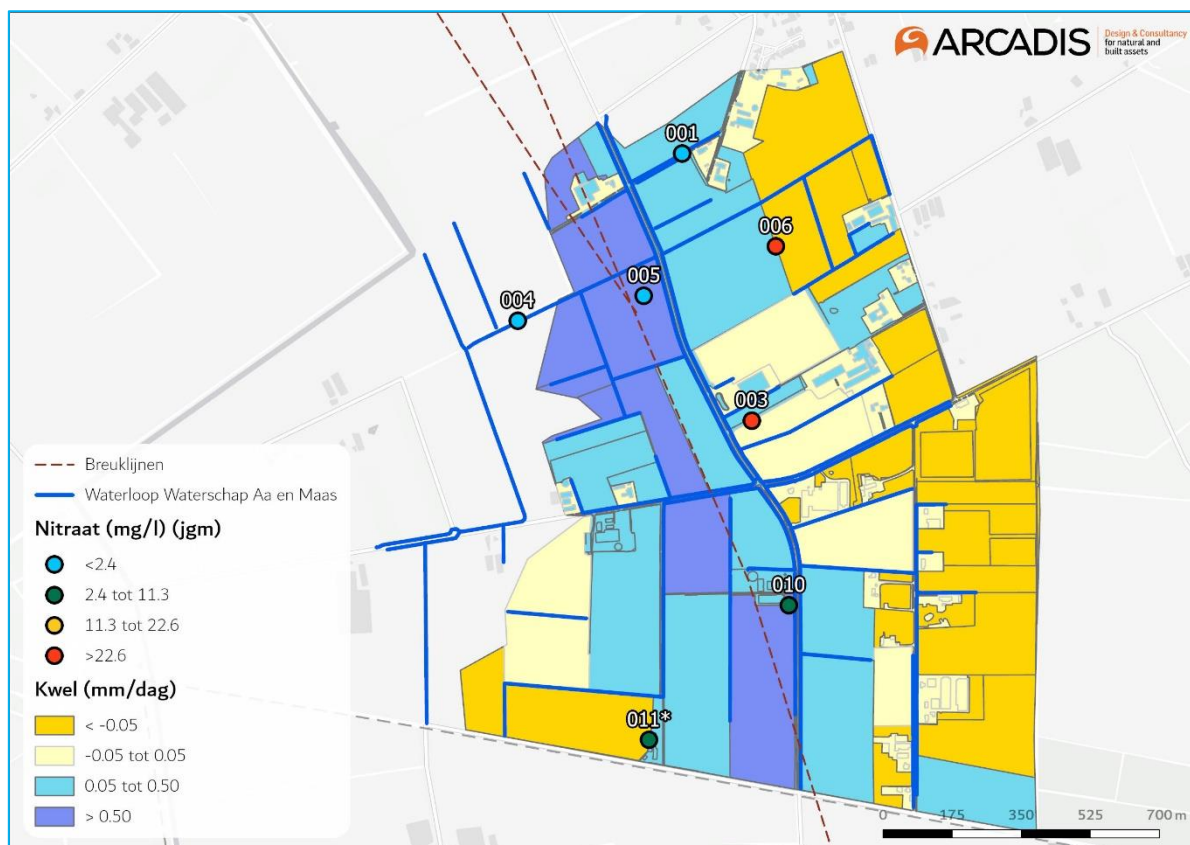
Figuur 5-9: Boxplot met de nitraatconcentraties van het oppervlaktewater en drainagewater met van links naar rechts de bovenloop en benedenloop meetlocaties per type (Oppervlaktewater (OW), Greppels/schouwsloten (GR) of Drainage (DR)). Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.2.1 Grondwater

De nitraatconcentraties van xVINKNL003 en xVINKNL0006 liggen 2 tot 10 keer boven de nitraatrichtlijn (50 mg NO₃/l à 11,3 mg N/l), terwijl op de concentraties op de andere locaties voornamelijk onder de normen uit de nitraatrichtlijn liggen (Figuur 5-10). Het patroon van de gemeten nitraatconcentraties door de tijd lijkt op die van stikstof totaal (Figuur 5-10 en Figuur 5-3). Figuur 5-2 geeft ook weer dat het zomerpatroon van xVINKNL003 en xVINKNL006 vooral door nitraat is gedomineerd. Echter is dit niet te herkennen in de andere peilbuizen door de lage zomerconcentraties. Metingen zijn gestopt in het voorjaar van 2023, maar het was interessant geweest om te zien of de zomerconcentraties in 2023 nog steeds hoog waren in de peilbuizen van xVINKNL001 en xVINKNL010. Nadat deze peilbuizen in de winter oplopende concentraties lieten zien. Wel lijkt het patroon voor nitraat van deze twee peilbuizen in de winter op het patroon voor stikstof totaal. De stikstofpatronen in het grondwater zijn dus hoogstwaarschijnlijk gedomineerd door nitraat.



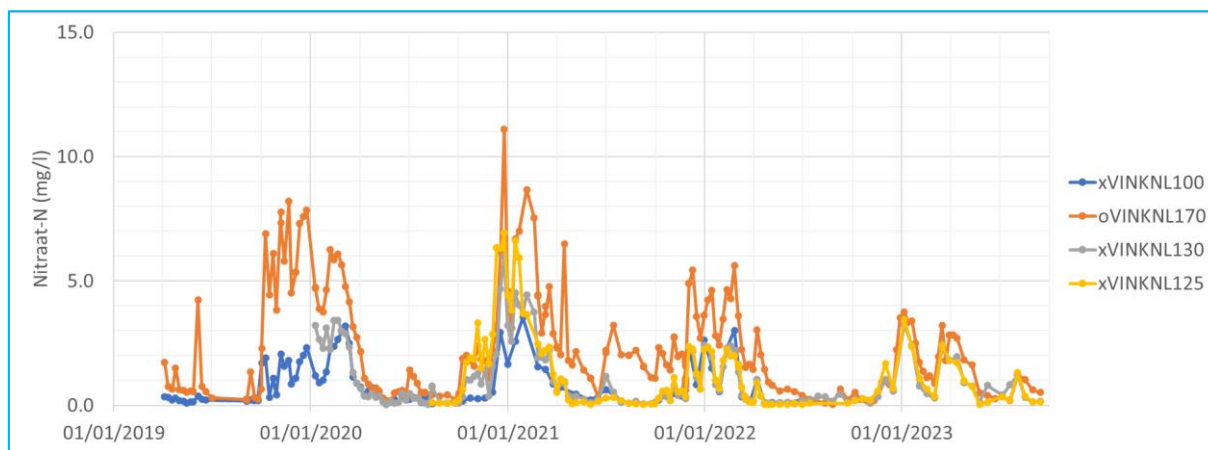
Figuur 5-10: Nitraatconcentraties van steekmonster uit de peilbuizen en de verhouding tot de nitraatrichtlijn. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11



Figuur 5-11: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde grondwaterconcentraties (mg NO₃-N/l) in de Vinkenloop onderverdeeld in het onderste KRW-limiet, de nitraatrichtlijn voor grondwater (11,3 mg NO₃-N/l), en 2x de norm van de nitraatrichtlijn. Meetpunt *011 is door uitzonderlijk hoge fosforconcentraties ook niet meegenomen in de grafieken voor nitraat.

5.2.2 Oppervlaktewater

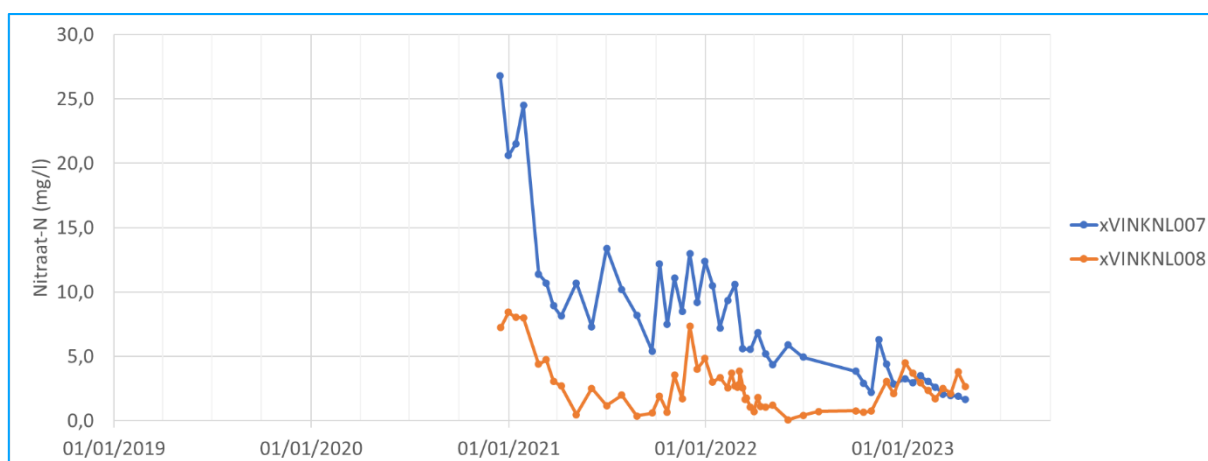
Nitraat in het oppervlaktewater laat grotendeels hetzelfde patroon zien als stikstof totaal (Figuur 5-12 en Figuur 5-5). Echter zie je wel een duidelijk verschil in het zomerhalfjaar. Dan zijn nitraatconcentraties namelijk (bijna) nul, terwijl stikstofconcentraties rond de 2 mg N/l zitten. Figuur 5-2 laat zien dat stikstof dan voornamelijk aanwezig is als ammonium of overig (nitriet, ammoniak of organisch). Aangezien het water van de Vinkenloop snel wordt afgevoerd en het grondwater eenzelfde structuur in stikstofcomponenten laat zien, lijkt het erop dat gedurende de zomer vooral nitraatarm kwelwater wordt afgevoerd. Daarnaast wordt eventueel wat nitraat in de zomer via de stikstofcyclus afgebroken (Figuur 5-1) of vastgelegd in biomassa. De bijdrage van processen zal door de korte verblijftijd in de Vinkenloop beperkt zijn. Er zijn verder snelle pieken in de het zomerhalfjaar te zien voor stikstof totaal en deze zijn ook afwezig voor nitraat. De piek in de zomer van 2019 bij oVINKNL170 is beduidend lager voor nitraat dan voor stikstof totaal. Deze pieken kunnen verbonden zijn aan hevige zomerbuien, waarbij vooral oppervlakkige afspoeling plaatsvindt. Metingen met sensoren en auto-analysers van KIWK laat zien dat dan vooral ammonium en fosfor oppervlakkig wordt afgevoerd bij buien (Figuur 4-7). Daarnaast valt op dat in de winters van 2021/2022 en 2022/2023 beduidend lagere nitraatconcentraties worden gemeten dan in de 2 winters ervoor. Bij de winter van 2021/2022 is waarschijnlijk al veel nitraat uitgespoeld in de natte zomer van 2021, waardoor minder nitraat in de winter uitspoelde. In 2022 was dit echter niet het geval. Wel waren er in 2022 en 2023 veel graszode percelen in het gebied, die dus efficiënter het nitraat hebben weten op te nemen (en na groei minder intensief worden bemest).



Figuur 5-12: Nitraatconcentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.2.3 Drainagewater

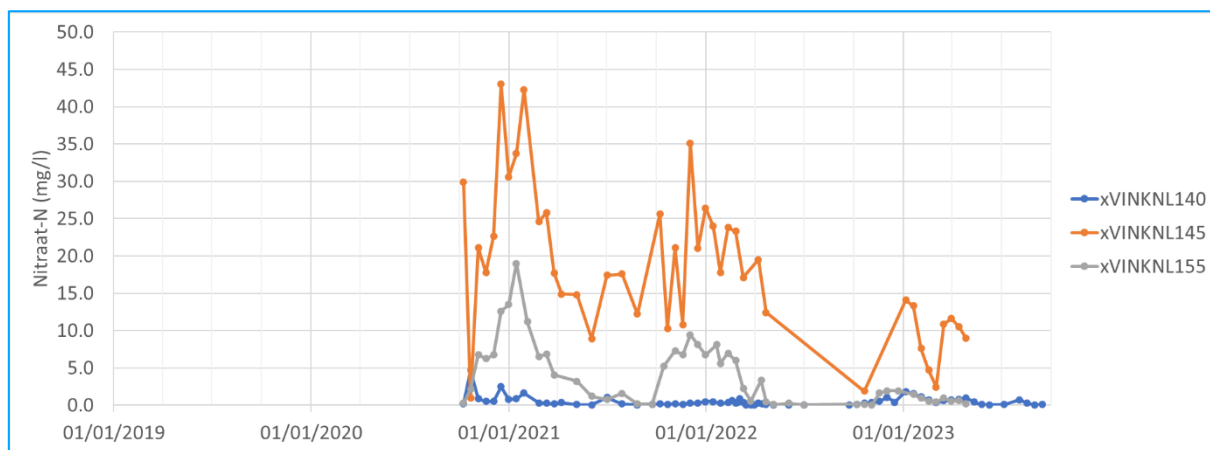
Het patroon van nitraat in het drainagewater lijkt op die van stikstof totaal (Figuur 5-13 en Figuur 5-6). Wel valt op dat in de winters van 2021/2022 en 2022/2023 de stikstof totaal concentraties bij xVINKNL008 meer in de buurt komen van of hoger uitvallen dan die van xVINKNL007, wanneer dit vergeleken wordt met de nitraatconcentraties. Het lijkt erop dat xVINKNL008 dan meer ammoniumrijk kwelwater afvoert dan xVINKNL007. In een eerdere rapportage was ook te zien dat er veel meer waterafvoer is in het gebied waar xVINKNL008 ligt dan het gebied waar xVINKNL007 ligt (Buijert 2023).



Figuur 5-13: Nitraatconcentraties van steekmonsters uit drainagewater. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

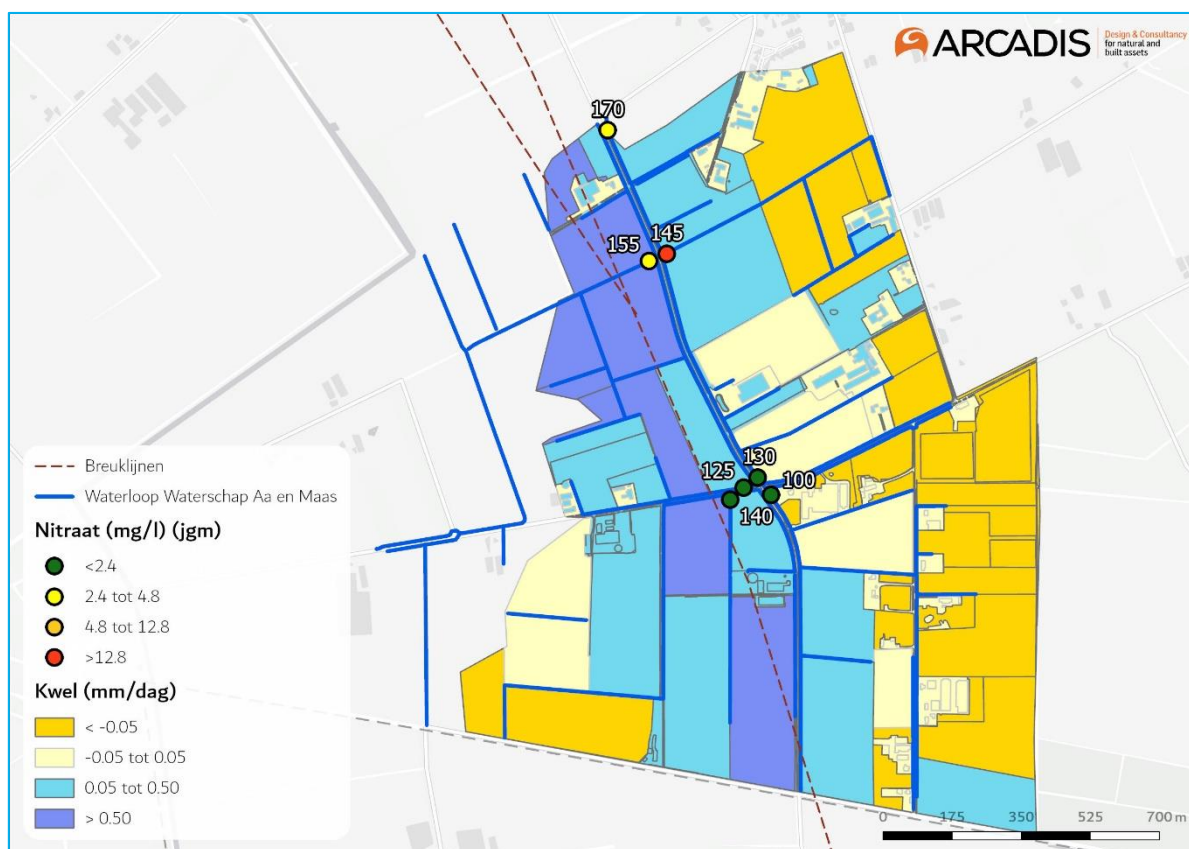
5.2.4 Greppels/schouwsloten

De grafieken van stikstof totaal en nitraatconcentraties in het water van de greppels zijn bijna identiek (Figuur 5-14 en Figuur 5-7). De concentraties in de greppels/schouwsloten wordt dus voornamelijk aangestuurd door uitspoeling van nitraat, behalve voor xVINKNL140. Bij xVINKNL140 zijn de nitraatconcentraties (voornamelijk) 0 mg N/l, terwijl de stikstof totaal concentraties rond de 2 mg N/l zitten. xVINKNL140 wordt deels gevoed door xVINKNL008, wat aan kan geven dat deze greppel ook voornamelijk kwelwater afvoert dat rijk is aan ammonium. Figuur 5-2 laat zien dat dit ook voor de zomer grotendeels het geval is, de andere greppels bevatten ook nitraat in de zomer.



Figuur 5-14: Nitraatconcentraties van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

Het oppervlaktewater systeem wordt belast met nitraat. Figuur 5-15 laat zien dat in de bovenloop alle meetpunten onder de 2.4 mg N/l vallen, terwijl in de benedenloop hogere waarden worden gemeten. In vergelijking met stikstof totaal lijkt het er dus op dat niet nitraat maar andere vormen van stikstof de totale stikstof concentraties in de bovenloop boven de KRW-norm tillen (Figuur 5-8). De dominantie van graspercelen in de bovenloop in combinatie met de hoge hoeveelheid kwel, lijken voor lagere nitraatconcentraties in de bovenloop te zorgen. Daarnaast zijn de verblijftijden in de zomer langer zijn doordat water zoveel mogelijk wordt vastgehouden. Biologische processen zorgen dan voor opname van nitraat in biomassa. De percelen met akkerbouw in de benedenloop zorgen dan voor meer nitraatuitspoeling en oplading van het systeem.



Figuur 5-15: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde nitraatconcentraties van het oppervlaktewater in de Vinkenloop onderverdeeld in de KRW-klassen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.2.5 Routings

Naast de reguliere labanalyses en statische sensoren is het ook mogelijk om de waterkwaliteit ruimtelijk in beeld te brengen door rond te lopen met nitraat app en egv sensoren met gps logger (zie ook Schipper et al 2022). Op 26-01-2023 heeft het waterschapslaboratorium Aquon een routing uitgevoerd met een meetbootje. Onder dit bootje hangen sensoren die de waterkwaliteit meten. In de kleine, ondiepe sloten is de meetapparatuur overgezet naar een klein surfbord (minder diepgang) (Figuur 5-16).



Figuur 5-16: uitvoering van de routing met sensoren en gps logger in het stroomgebied van de Vinkenloop (januari 2023).

De metingen aan temperatuur laten al ruimtelijke verschillen zien. Grondwater is in de winter warmer dan oppervlaktewater. Op de plekken waar veel grondwater aan het oppervlak komt (kwel), is de temperatuur van het water hoger. In de Vinkenloop is dat bovenstrooms in het stroomgebied (onderkant van Figuur 5-17)

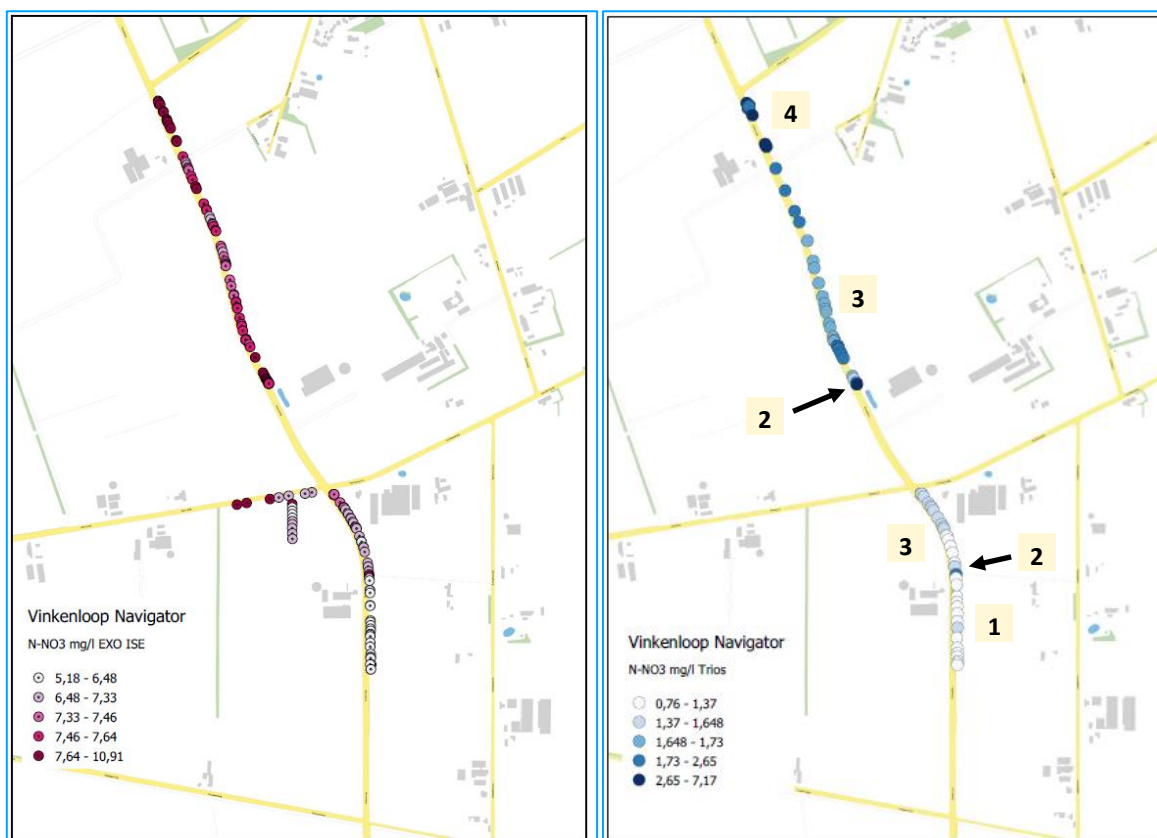


Figuur 5-17: Temperatuur in de Vinkenloop zoals gemeten tijdens de routing op 26-01-2023

Voor het meten van nitraat tijdens de routing is gewerkt met twee verschillende typen sensoren, de trios (optisch, zelfde als in de meetpalen worden gebruikt) en een ion-selectieve electrode (ISE, werkt met membraan). De absolute meetwaarden van de ISE moeten als minder betrouwbaar worden aangemerkt waarschijnlijk is de invloed van de hoge concentratie ijzer aanwezig in de Vinkenloop hier de oorzaak van.

Beide sensoren laten voor nitraat een vergelijkbaar beeld zien:

- 1) De bovenloop bevat weinig nitraat, dit is schoon kwelwater
- 2) Lokaal komt er na een erf een toename in nitraat
- 3) Daarna neemt deze piek weer af door verdunning in de waterloop
- 4) Meer benedenstrooms richting meetpunt oVINKNL170 neemt nitraat gehalte toe

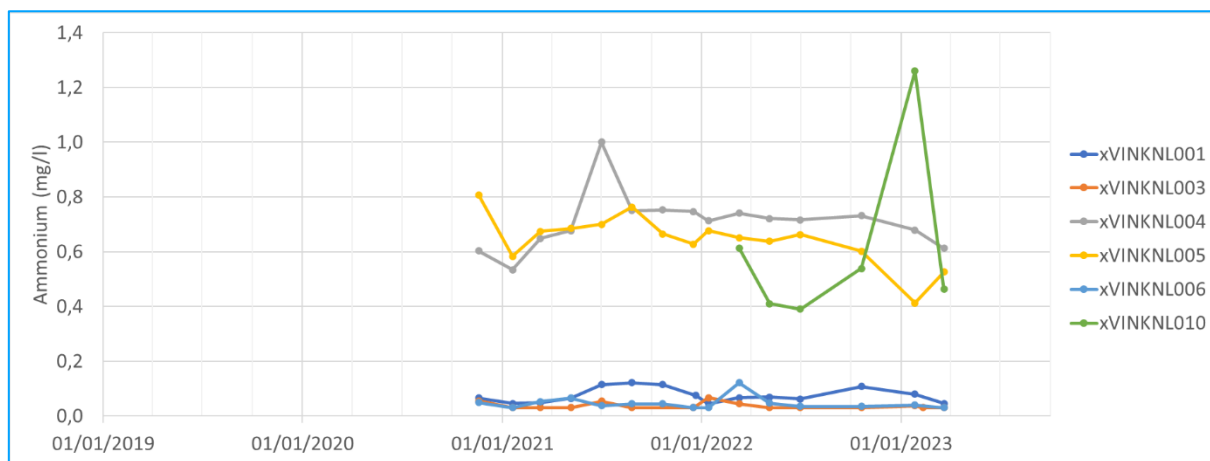


Figuur 5-18: nitraat-N (mg/l) in de Vinkenloop zoals gemeten tijdens de routing op 26-01-2023, links de ion-selectieve ISE sensor, rechts de optische Trios-sensor). Doordat de gps-logger niet overal goed signaal heeft gehad ontbreken er delen van de routing. De optische sensor geeft geen meetwaarden als het water te troebel is, daarom wijken figuren links en rechts af

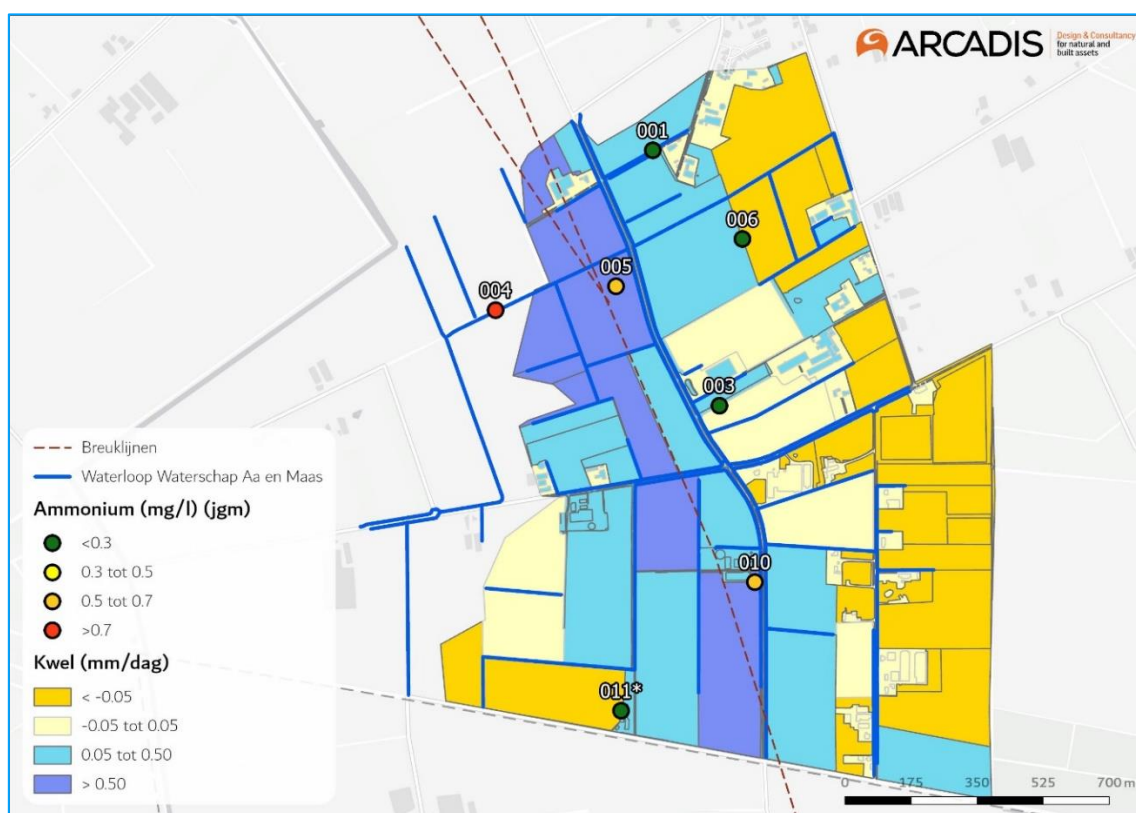
5.3 Ammonium (NH₄-N)

5.3.1 Grondwater

De ammoniumconcentraties in het grondwater zijn redelijk constant door het jaar heen (Figuur 5-19). Daarnaast valt het op dat de concentraties van xVINKNL004, xVINKNL005 en xVINKNL010 ongeveer zes tot acht keer zo hoog zijn als die van de andere peilbuizen. Terwijl de andere peilbuizen juist hogere nitraatconcentraties lieten zien. Figuur 5-20 laat zien dat de hoeveelheid kwel hiervoor een belangrijke oorzaak kan zijn. Een meting uit een grondwatermeting van 12 meter diep liet zien dat het kwelwater ongeveer een stikstofconcentratie van 1.2 mg N/l bevatte, wat grotendeels bestaat uit ammonium. xVINKNL004, xVINKNL005 en xVINKNL010 lijken dus sterk beïnvloed te worden door dit. Dit versterkt de eerdere hypothese dat deze peilbuizen voornamelijk gevoed worden met kwelwater, die de stikstofconcentraties verdunt. Een ander verklaring kan liggen bij het feit dat deze percelen een stuk natter zijn. Hierdoor wordt minder ammonium omgezet naar nitraat door de zuurstofarme omstandigheden die heersen in deze natte gebieden.



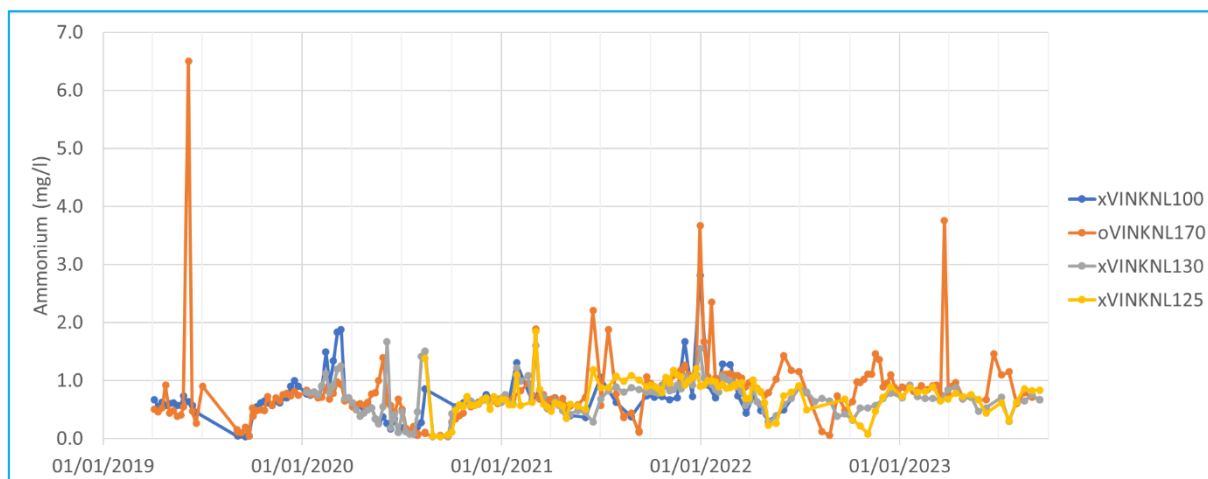
Figuur 5-19: Ammoniumconcentraties van steekmonster uit de peilbuizen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11



Figuur 5-20: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde ammoniumconcentraties in het grondwater rondom de Vinkenloop. *011 is door uitzonderlijk hoge fosforconcentraties niet meegenomen in de grafieken.

5.3.2 Oppervlaktewater

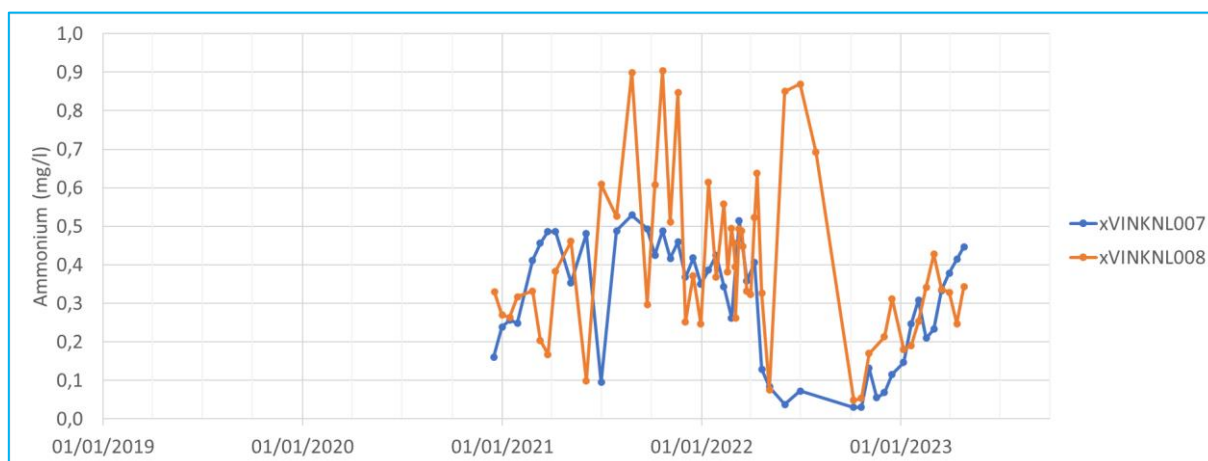
De ammoniumconcentratie in het oppervlaktewater laat twee patronen zien. De concentratie ligt voornamelijk rond 1 mg N/l, waarbij een duidelijke zomer/winter dynamiek minder zichtbaar is dan bij nitraat. Het tweede patroon laat kortstondige pieken zien in zowel de zomer als de winter (Figuur 5-21). Deze pieken kunnen wel problematisch zijn voor het oppervlaktewatersysteem, aangezien een hoge ammoniumconcentratie toxisch kan zijn voor het water(bodem)leven. De pieken zijn waarschijnlijk gekoppeld aan oppervlakkige afwatering van percelen rondom bemestingsmomenten. Ook maaimomenten en het schoonspuiten van duikers kan in theorie zorgen voor pieken in de ammoniumconcentratie, maar alleen voor het maaimoment op 14 t/m 26 juni 2022 is hiervan een verhoging te zien. Verder is er geen duidelijke koppeling tussen het beheer van de watergang en de steekmonsterdata. Het kan zijn dat dit ligt aan de frequentie van de steekmonstermetingen.



Figuur 5-21: Ammoniumconcentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.3.3 Drainagewater

In het drainagewater is minder dan 1 mg N/l aanwezig en gemiddeld zelfs minder dan 0.5 mg N/l (Figuur 5-22). Het patroon van beide meetpunten is redelijk vergelijkbaar op de zomerpiek van 2022 bij xVINKNL008 na. xVINKNL008 watert vooral venige bodems af, wat deze verhoogde ammoniumconcentratie in de zomer kan veroorzaken. Daarnaast was het debiet van xVINKNL008 rond die tijd nihil. Hierdoor is het humusrijke veenwater in de opvangbak van de drain waarschijnlijk zuurstofarm geworden, waarbij organisch materiaal tot ammonium mineraliseerde. Mineralisatie van veen is namelijk hoger in de zomer dan in de winter. Verder was 2021 een nat jaar, terwijl 2022 een droog jaar was. Dit kan de hogere ammoniumconcentraties in de zomer van 2021 verklaren. Deze lijken namelijk op de grondwaterconcentraties van xVINKNL004, xVINKNL005 en xVINKNL010. Door de hogere grondwaterspiegels lijkt dus vooral het kwelwater afgevoerd te worden door de drainagebuizen. De lage ammoniumconcentraties bij xVINKNL007 in 2022 kunnen ook gerelateerd zijn aan de teelt die bovenop het perceel stond die xVINKNL007 draineert. In 2022 lagen hier namelijk graszoden op. Deze ontvangen frequente, kleinere mestgiftten van kunstmest in tegenstelling tot akkerbouw, wat meestal een grote mestgift op het begin krijgt en daarna nog een keer. Hierdoor kan het zo zijn dat de graszoden effectief de mest opnemen en zo lagere concentraties aan ammonium in het drainagewater zit.

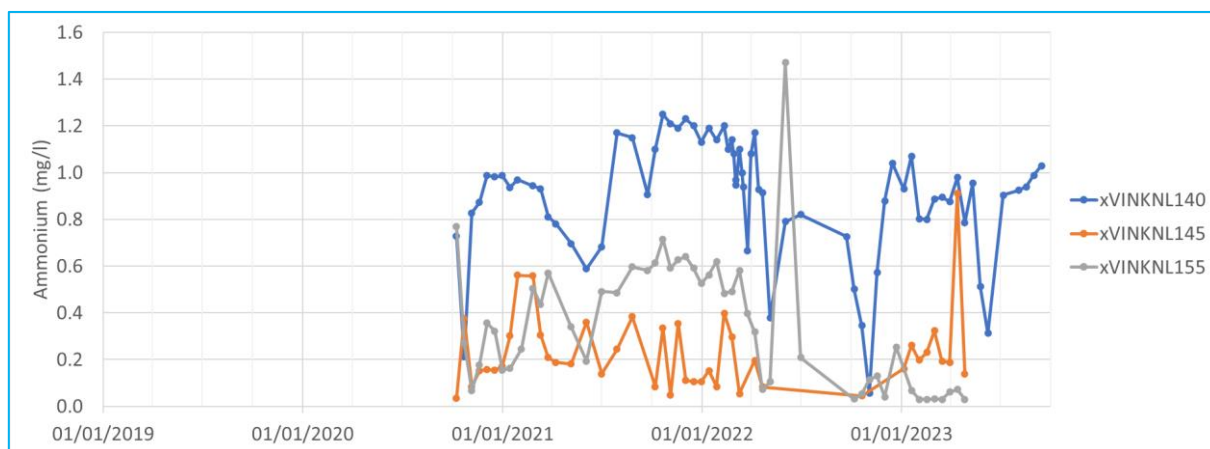


Figuur 5-22: Ammoniumconcentraties van steekmonsters uit drainagewater. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.3.4 Greppels/schouwsloten

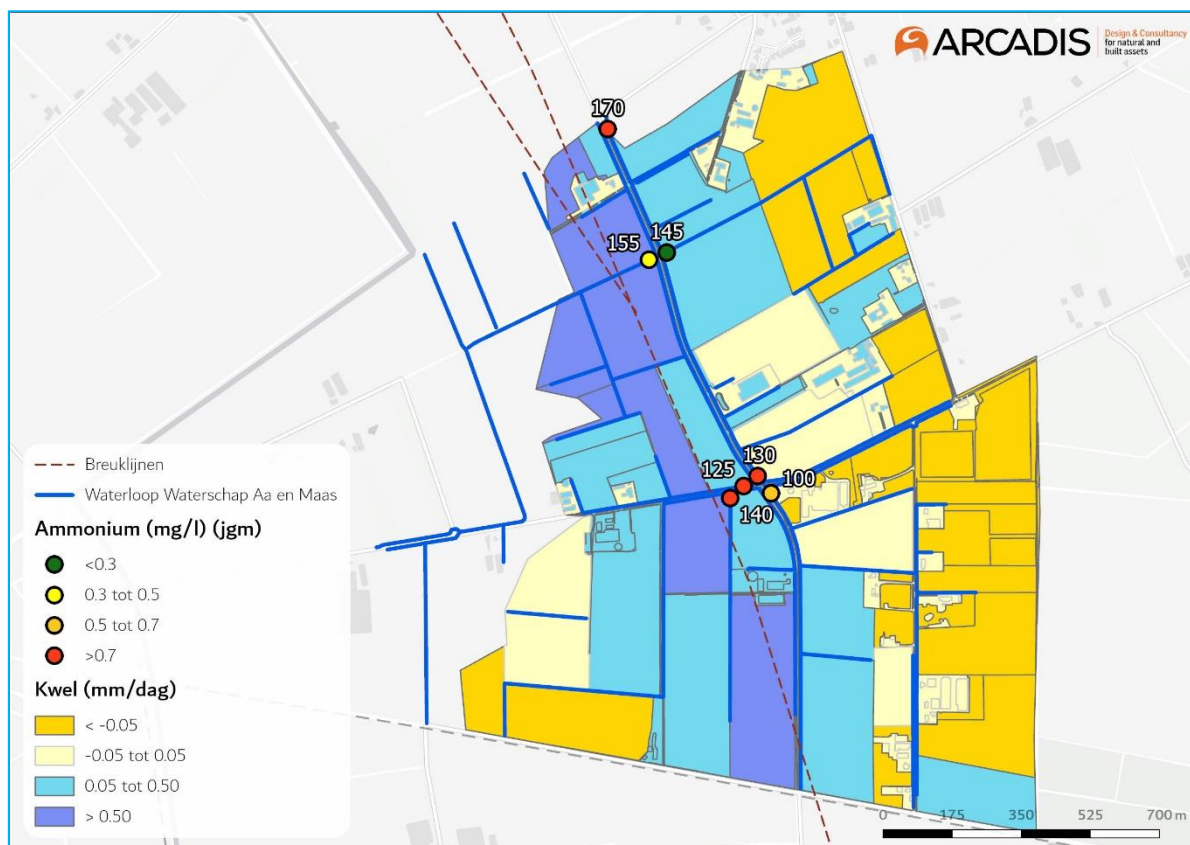
xVINKNL140 heeft twee keer hogere ammoniumconcentraties dan de andere greppels/schouwsloten (Figuur 5-23). Dit is tegenovergesteld aan de nitraatconcentraties in deze greppels (Figuur 5-14). Dit komt overeen met de hypothese dat xVINKNL140 meer ammoniumrijk kwelwater afvoert dan de andere greppels. Dit komt overeen met de hoger gemeten waarden in xVINKNL010 (Figuur 5-20). Daarnaast valt op dat

ammoniumconcentraties vaak dalen in het voorjaar en in de zomer, maar vervolgens ook snel weer oplopen. Een verklaring is dat de sloten droogvallen, waardoor de verblijftijd toeneemt en ammonium wordt omgezet naar nitraat. Vervolgens spoelt er weer nieuw water uit de percelen wat overeenkomt met de concentraties in het grondwater. Doordat de greppels/schouwsloten niet heel veel water voeren kan de concentratie vervolgens weer snel toenemen naar de concentratie van het uitspoelende perceelwater.



Figuur 5-23: Ammoniumconcentraties van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

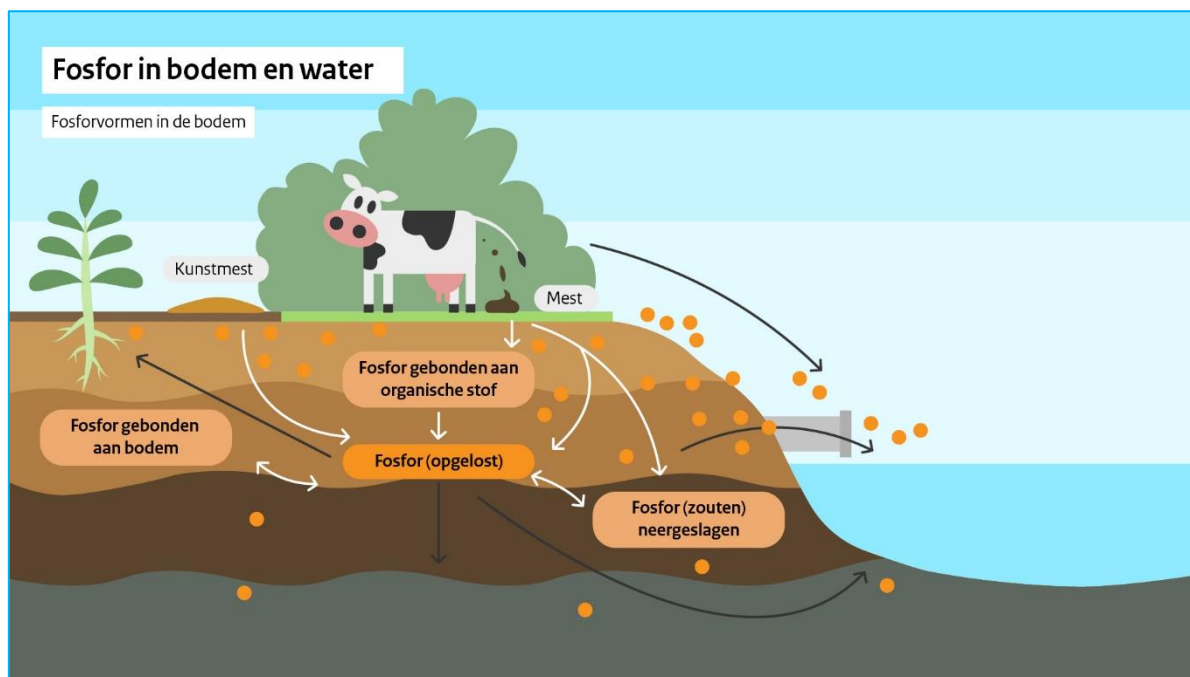
In de Vinkenloop zijn in de bovenloop hogere ammoniumconcentraties waargenomen, terwijl de greppels in de benedenloop lagere concentraties hebben (Figuur 5-24). Het uitstroompunt heeft echter ook hoge concentraties. Dus de xVINKNL145 en xVINKNL155 lijken voor weinig verdunning te zorgen of er is netto geen/weinig afbraak van ammonium in de waterloop. Rondom xVINKNL100 xVINKNL125, xVINKNL140 en xVINKNL130 liggen ook meer veenpercelen. Het lijkt er dus op dat deze veenpercelen voor hogere ammoniumwaardes zorgen in de bovenloop. Hoewel grondwaterconcentraties juist hoger zijn rondom xVINKNL155, zijn de concentraties in de greppel beduidend lager (Figuur 5-24 en Figuur 5-20). Dus hoewel xVINKNL155 in een kwelrijk gebied zit, lijkt het minder ammoniumrijke kwel af te voeren dan het oppervlaktewater in de bovenloop. Dit kan veroorzaakt worden door hogere uitspoeling debieten van zuurstof- en nitraatrijk perceelwater. Dit verdunt dan de hoeveelheid ammonium. Het kan ook zijn dat het water lang stilstaat met zuurstofrijke omstandigheden, waarbij het ammonium wordt omgezet. Debietmetingen kunnen hier meer inzicht in geven.



Figuur 5-24: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde ammoniumconcentraties van het oppervlaktewater in de Vinkenloop

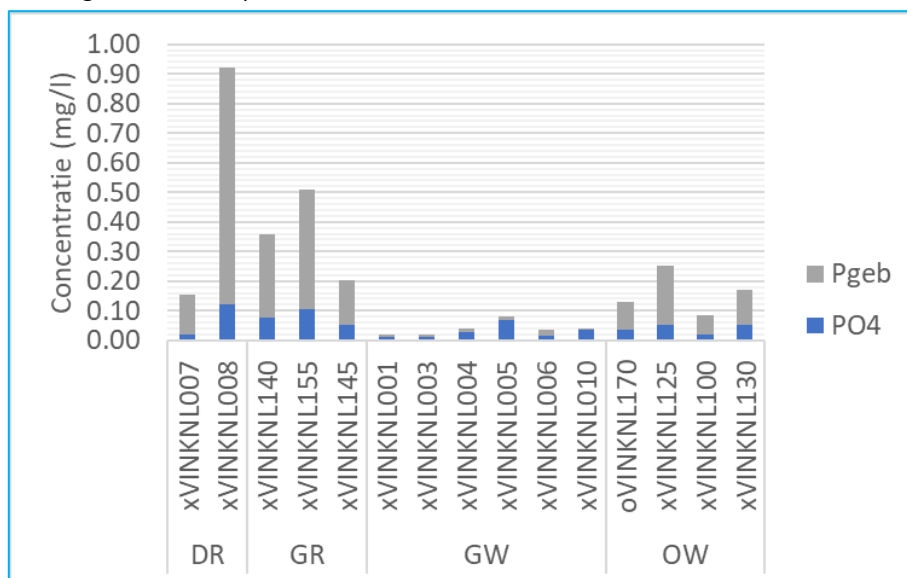
5.4 Fosfor (totaal-P)

Fosfor kan net als stikstof in verschillende vormen voorkomen in de bodem en het oppervlaktewater. Figuur 5-25 geeft weer in welke vormen fosfor aanwezig kan zijn en hoe deze over kunnen gaan in elkaar. Hierbij valt op dat fosfor hoofdzakelijk in twee vormen voorkomt, namelijk opgelost (fosfaat (PO_4)) of in vaste vorm (gebonden / neergeslagen). Fosfor kan zich binden aan bodemorganische stof, ijzer- en aluminiumoxiden en klei of neerslaan als calcium-, ijzer- en aluminiumfosfaten. Hiervoor geldt een chemisch evenwicht die afhankelijk is van factoren als zuurstofgraad, temperatuur, zuurgraad, hoeveelheid van het fosforbindende materiaal, enzovoorts. Wanneer er genoeg zuurstof is, zal veel fosfor zich binden aan bodemmateriële. Hierdoor zijn de hoogste concentraties aan fosfor te vinden in de bovenste laag van de bodem en spoelt er weinig fosfaat uit. Fosfor zal dan voornamelijk via afspoeling van sediment en mest in het oppervlaktewater terechtkomen en minder via drainage en kwel. In het oppervlaktewater kan fosfor vervolgens gebufferd worden in de waterbodem. Bij hoge zandgronden is vooral de aanvoer van ijzerrijke kwel een belangrijke factor voor deze buffering. Verder kan fosfor verwijderd worden uit de (water)bodem door planten. Deze nemen de fosfaten op en zal bij het oogsten het fosfor uit het systeem verwijderen.



Figuur 5-25: Fosforcyclus in de bodem (Bron: RIVM)

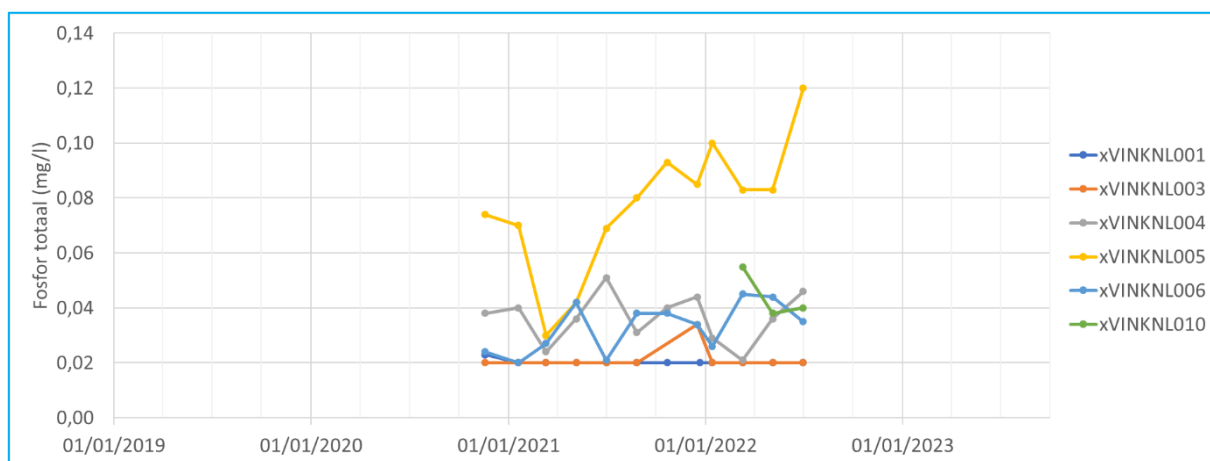
De fosforconcentratie in het gebied varieert sterk. Over het algemeen worden de laagste concentraties aan fosfor in het grondwater gevonden met een maximum zomergemiddelde van ~ 0.8 mg/l in xVINKNL005 (Figuur 5-26). In het oppervlaktewater van de hoofdloop, de greppels en het drainagewater zit meer fosfor. Het fosfor in het oppervlakte en drainagewater is vooral aanwezig in gebonden vorm, terwijl in het grondwater fosfor vooral in opgeloste vorm aanwezig lijkt. Verder valt op dat fosforgehaltes relatief hoog zijn bij xVINKNL008, xVINKNL140 en xVINKNL125. Deze meetpunten staan dicht op de veenpercelen, wat kan aanduiden dat organisch gebonden fosfor af en uitspoelt van deze percelen. xVINKNL100 lijkt ondertussen voor een verdunning van xVINKNL125 te zorgen richting xVINKNL130. Echter kan het ijzerrijke kwel er ook voor zorgen dat veel fosfor gebonden op de bodem achterblijft voor de stuw bij xVINKNL130. Dit verklaart dan ook waarom concentraties lager zijn bij oVINKNL170, wanneer verder naar de benedenloop meer fosfor geboden wordt aan ijzer uit kwel. Dit terwijl hogere concentraties vanuit xVINKNL155 en xVINKNL145 richting de Vinkenloop komen.



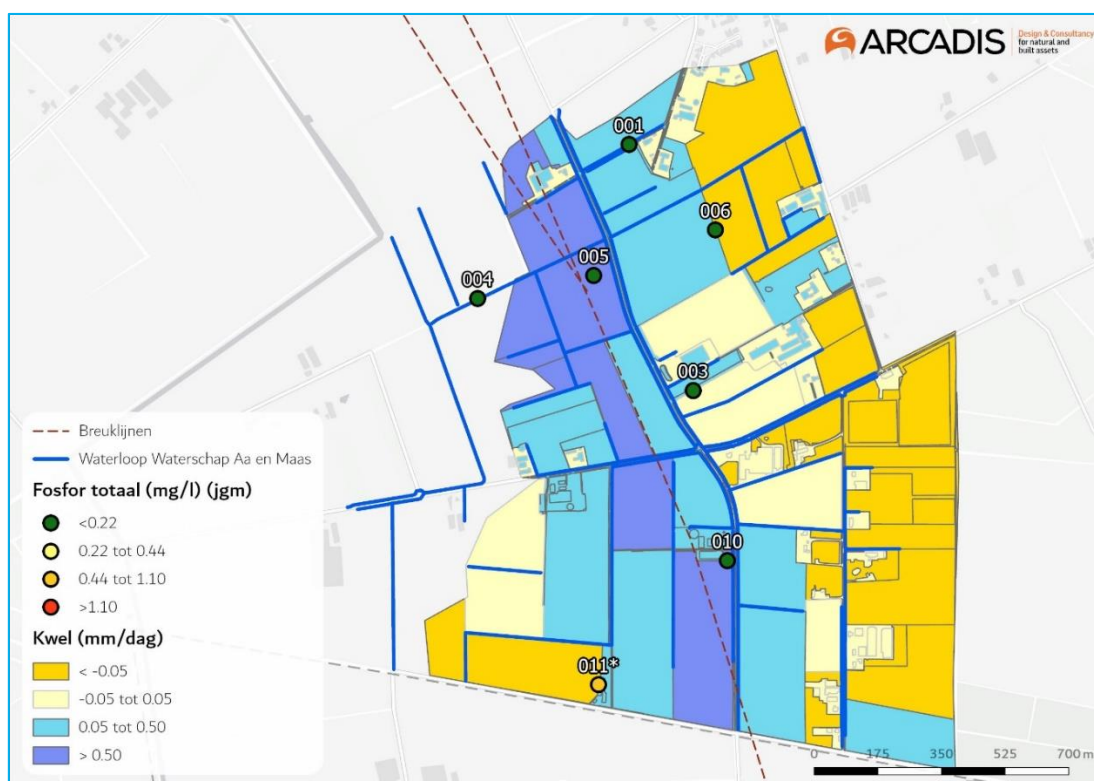
Figuur 5-26: Zomergemiddelde concentratie (2021-2022) van fosfor in gebonden (Pgeb) en opgeloste (PO4) vorm. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.4.1 Grondwater

De fosforconcentraties in het grondwater liggen continue onder 0.12 mg/l (Figuur 5-27). Veel concentraties worden ook gerapporteerd op het detectielimiet van 0.02 mg/l (zie meetpunt xVINKNL003). Door de kleine verschillen valt er weinig te zeggen over de dynamiek. Wel moet vermeld worden dat er ook bij xVINKNL011 fosfor wordt gemeten, maar dat deze metingen erg afwijken. Het lijkt er op dat xVINKNL011 is geplaatst in een oude sloot of op een andere manier is verstoord. Hierdoor is ervoor gekozen om xVINKNL011 niet op te nemen in de grafieken. Figuur 5-28 geeft weer dat xVINKNL011 uitzonderlijk hoog is vergeleken met de andere grondwaterconcentraties die allemaal onder het KRW-norm voor oppervlaktewater van dit watertype (0,22 mg P/l) vallen.



Figuur 5-27: Fosforconcentraties van steekmonster uit de peilbuizen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

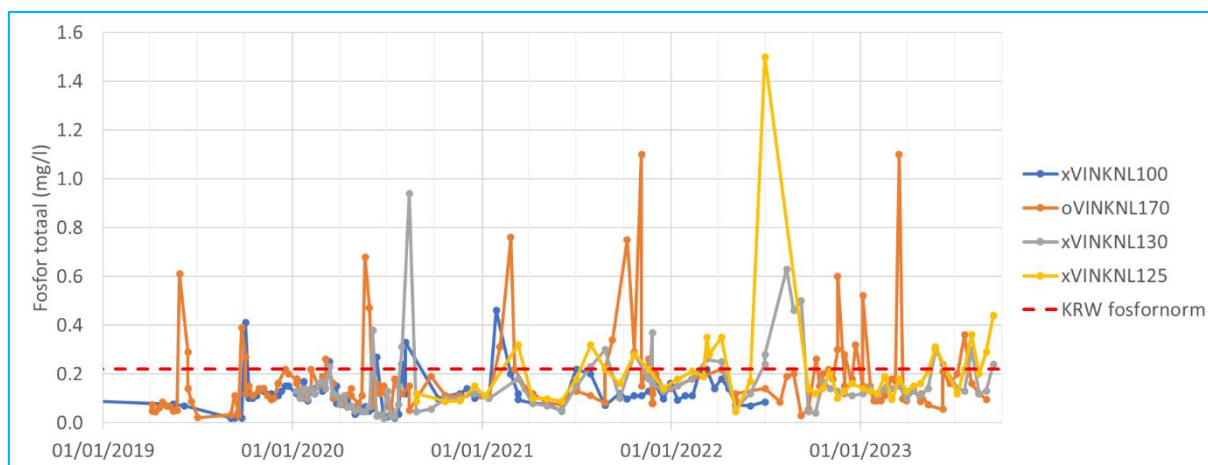


Figuur 5-28: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde fosforconcentraties in het grondwater van de Vinkenloop onderverdeeld in het onderste KRW-limieten van het oppervlaktewater voor de Vinkenloop.

***011 is i.v.m. uitzonderlijk hoge fosforconcentraties niet meegenomen in de grafieken.**

5.4.2 Oppervlaktewater

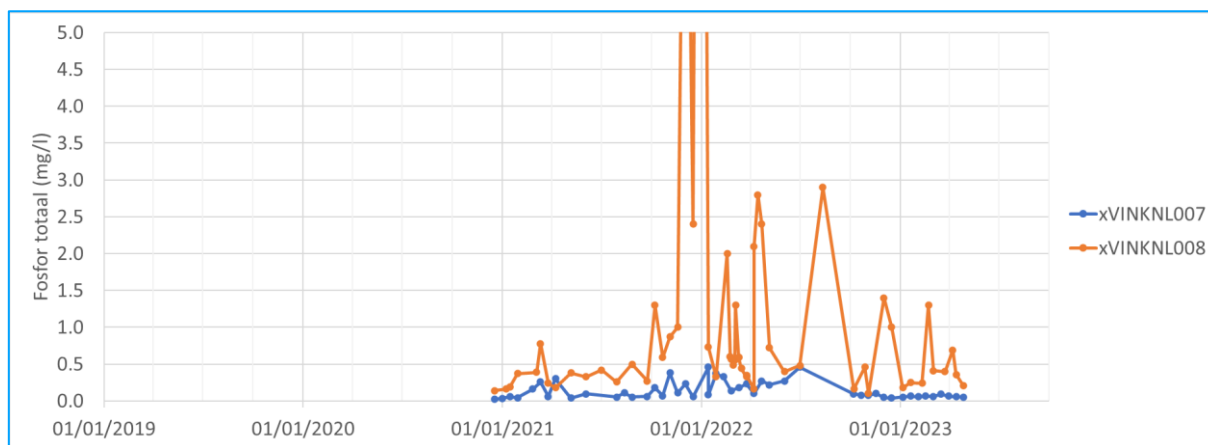
Over het algemeen blijft de fosforconcentratie in het oppervlaktewater onder de KRW-norm van 0.22 mg/l. Wel zijn er veel kortstondige pieken te zien in de fosforconcentratie (Figuur 5-29). Eerder onderzoek liet zien dat fosfor als gevolg van hevige neerslag snel kan oplopen van 0.1 mg/l naar 1.0 mg/l, maar binnen 12 uur tijd weer terug was op 0.1 mg/l (zie voorbeelden in hoofdstuk 4.2). De pieken die gemeten zijn in de steekmonsters kunnen dus ook veroorzaakt worden door oppervlakkige afspoeling of het opwoelen van bodemsediment. In het onderzoek kwam namelijk ook naar voren dat bij een experiment, waarbij een afvoergolf was gecreëerd, ook verhoogde fosfor concentraties waren te zien. Naast verhoogde fosforconcentraties door opwoelen van sediment is ook extra uitspoeling vanuit de oevers mogelijk door de afvoergolf. Verder lijkt ook het schoonspuiten van een duiker samen te vallen met de piek (~1.1 mg/l) van oVINKNL170 rond november 2021. De fosforpieken kunnen dus overeenkomen met buien. Echter is de steekmonsterdata niet frequent genoeg om een 1 op 1 relatie tussen fosforpieken en neerslagmomenten te maken. Verdere analyses lieten namelijk zien dat de hoogste pieken soms gemeten waren op dagen dat er geen neerslag was (Bijlage 1). Het kan zijn dat bij lage afvoeren de waterbodem een klein beetje is omgewoeld bij het nemen van steekmonsters wat ook zorgt voor een hogere concentratie aan fosforrijk bodemmateriaal.



Figuur 5-29: Fosforconcentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.4.3 Drainagewater

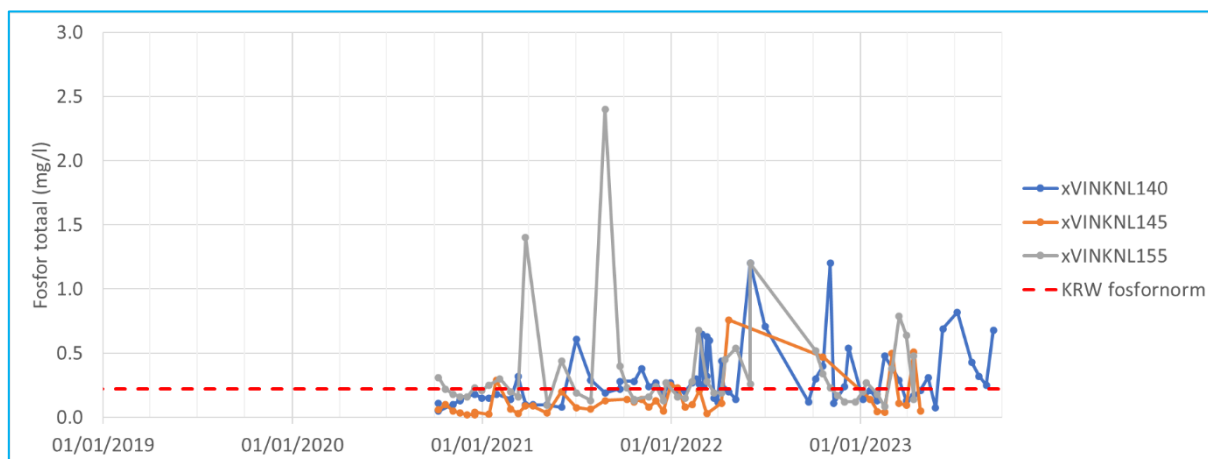
Het drainagewater in xVINKNL008 laat hoge fosforpieken zien, terwijl de fosforconcentratie in xVINKNL007 onder 0.5 mg/l zit (Figuur 5-30). Figuur 5-30 is afgeknipt op 5 mg/l, omdat de pieken op 20 mg/l waarschijnlijk veroorzaakt zijn door foutieve bemonstering. Theoretisch gezien zou het drainagewater voornamelijk fosfaat moeten bevatten, aangezien veel gebonden fosfor in de bodem moet achterblijven. Volgens de metingen komt er echter voornamelijk gebonden fosfor uit de drains (Figuur 5-26). Doordat het water wordt opgevangen in een bak onder zuurstofrijke omstandigheden, kunnen redox reacties ervoor zorgen dat fosfaten neerslaan met gevormd ijzeroxide in de vorm van calcium- of ijzerzouten. Tijdens metingen of na hoge afvoeren kan dit opnieuw opgeweeld worden, waardoor concentraties in het water hoog zijn. Ook kan tijdens het meten per ongeluk neergeslagen fosfor worden meegenomen van de bodem of zijanten van de opvangbak. De hoge concentraties in xVINKNL008 kunnen ook gerelateerd zijn aan de veenrijke bodem die deze drainagebuis afwatert. Organisch rijk water kan vanuit het veen in de drainagebuizen terechtkomen. Deze organische stoffen bevatten fosfaten die daarna als gebonden fosfor worden geanalyseerd, zoals DOP (Dissolved Organic Phosphor). Een analyse met vrachten en debieten zou voor meer inzicht kunnen zorgen.



Figuur 5-30: Fosforconcentraties van steekmonsters uit het drainagewater. Afgeknipt op 5 mg/l. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

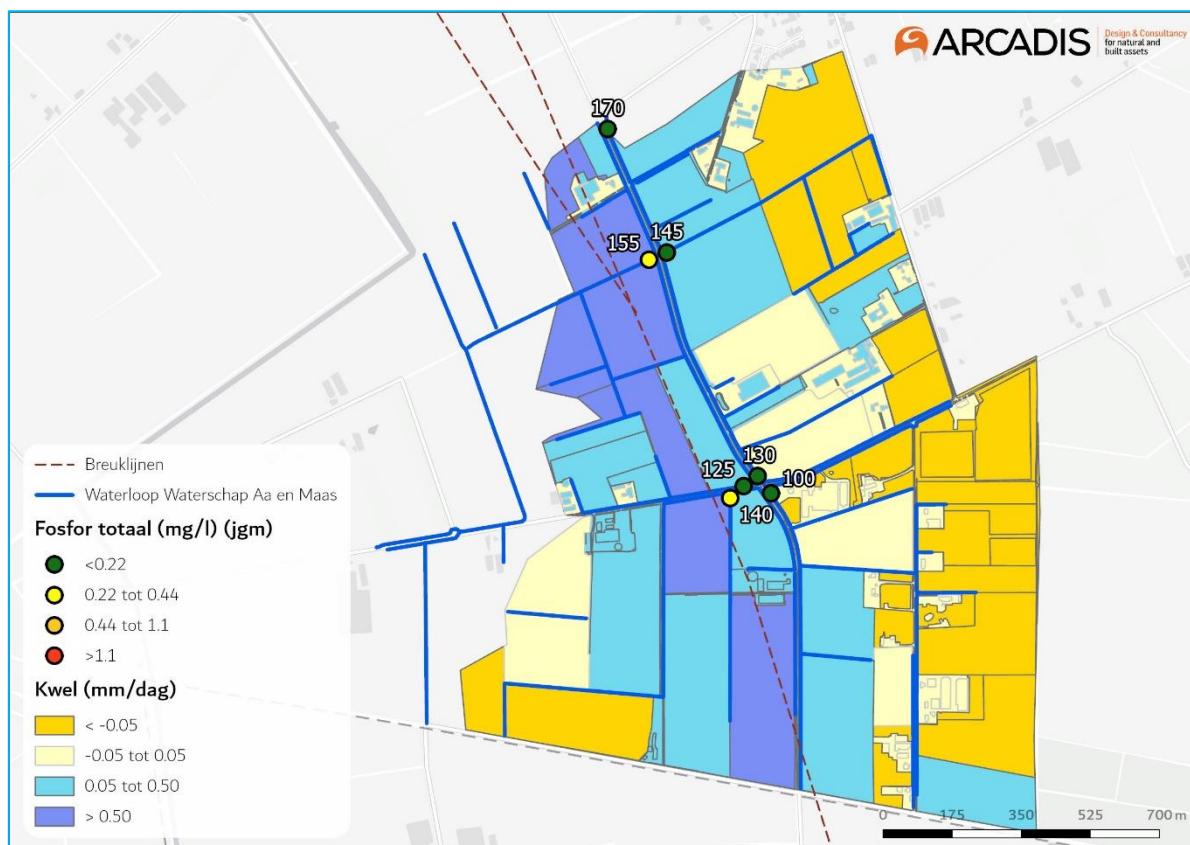
5.4.4 Greppels/schouwsloten

De fosforconcentraties in de greppels/schouwsloten weergeven een soortgelijk patroon als in het oppervlaktewater. Hierbij is geen duidelijke zomer en winterstructuur zoals bij stikstof, maar wel kortstondige pieken (Figuur 5-31). Door deze pieken ligt het fosforgehalte regelmatig boven de KRW-norm. Wat hierbij wel opvalt is dat weinig pieken overeenkomen tussen de greppels zelf en het oppervlaktewater waarin het uitstroomt. Het kan zijn dat regenbuien kortstondig fosfor gebonden materiaal doen opwellen, wat lokaal voor grote verschillen kan zorgen, of er is sprake van afspoelend sediment. Echter kunnen het ook wederom bemonsteringsfouten zijn, waarbij bodemmateriaal is meegenomen/opgeweld tijdens de bemonstering.



Figuur 5-31: Fosforconcentraties van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

Ondanks de vele pieken voldoet het gemiddelde fosfaatgehalte in de hoofdloop van de Vinkenloop aan de KRW norm van 0.22 mg/l (Figuur 5-32). Alleen de greppels/schouwsloten xVINKNL140 en xVINKNL155 hebben een gemiddelde waarde tussen de 0.22 en 0.44 mg/l. Echter is het moeilijk te beoordelen of dit kan komen door eventuele bemonsteringsfouten of doordat er veel fosforrijk bodemmateriaal aanwezig is in deze schouwsloten.

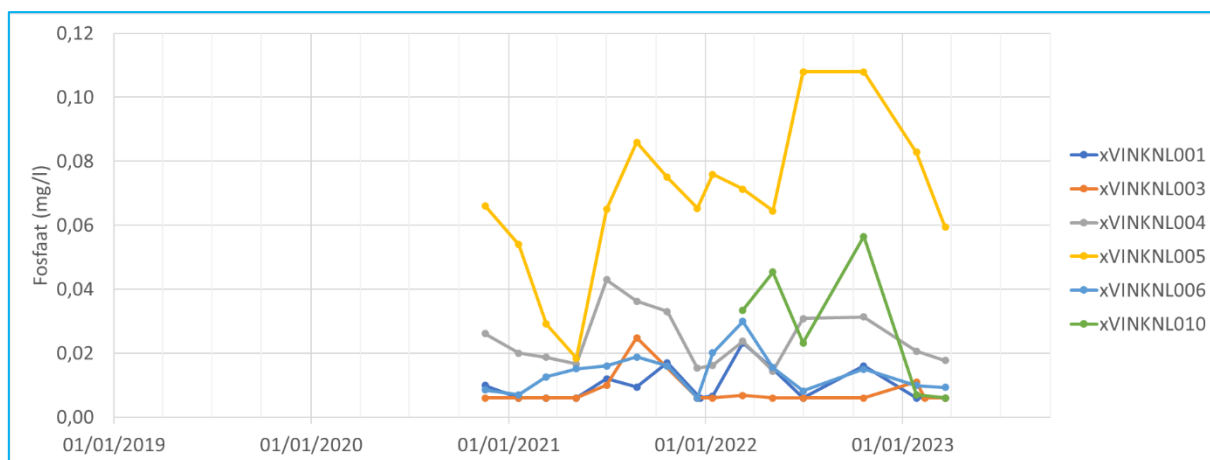


Figuur 5-32: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde fosforconcentraties van het oppervlaktewater in de Vinkenloop. De legenda geeft de KRW normen aan van Aa en Maas voor het watertype van de Vinkenloop.

5.5 Fosfaat

5.5.1 Grondwater

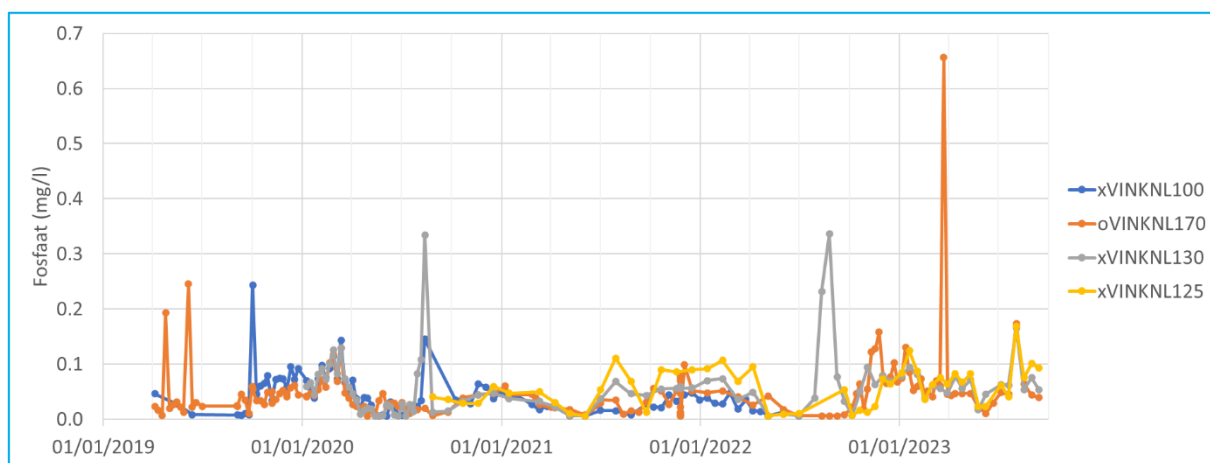
Het grootste deel van fosfor in het grondwater komt voor in de opgeloste vorm fosfaat (Figuur 5-33 en Figuur 5-27). Het kan zijn dat de gebonden vorm minder wordt gemeten doordat het neerslaat onderin de peilbuis of door zuurstofarme omstandigheden in dieper grondwater reduceert tot opgelost fosfaat en ijzer. Verder is de schaal erg beperkt (maximaal 0.12 mg/l) en is er dus ook relatief weinig variatie in fosfaatconcentraties in het grondwater.



Figuur 5-33: Fosfaatconcentraties van steekmonster uit de peilbuizen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.5.2 Oppervlaktewater

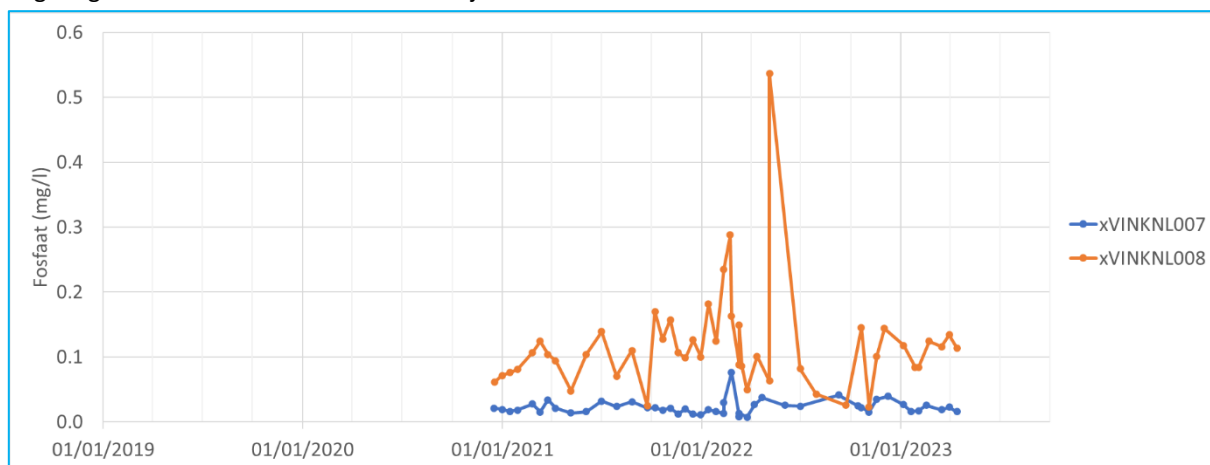
De fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater bevat minder pieken dan de fosforconcentraties (Figuur 5-34 en Figuur 5-29). Hierbij is duidelijk dat de fosfaatconcentraties op de pieken na iets meer een zomer en winter dynamiek laten zien. Waarbij in de winter concentraties richting ongeveer 0.7 mg/l gaan en de zomerconcentraties rond de 0 mg/l komt. Deze zomerconcentraties kunnen gecreëerd worden door biologische activiteit in de waterloop, waarbij fosfaten worden omgezet in organisch materiaal. De lagere pieken komen nu ook meer overeen en kunnen gekoppeld worden aan neerslagmomenten. Echter zijn de verschillen miniem, waardoor het moeilijk te zeggen valt in hoeverre de dynamiek veroorzaakt kan worden door meetonzekerheden.



Figuur 5-34: Fosfaatconcentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.5.3 Drainagewater

De drainagewater van xVINKNL008 bevat hogere fosfaatconcentraties als die van xVINKNL007 (Figuur 5-35). Hierbij valt op dat de concentraties in xVINKNL007 redelijk consistent zijn, terwijl xVINKNL008 meer piekt en daalt. Het kan zijn dat de pieken van xVINKNL008 is gelinkt aan neerslag, aangezien in de winter ook iets hogere gemiddelde concentraties te zien zijn.

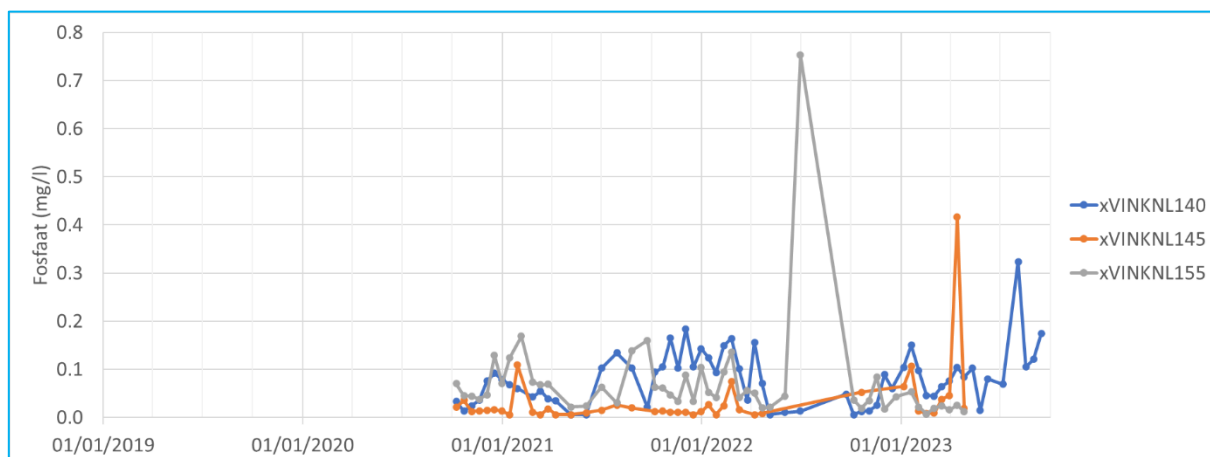


Figuur 5-35: Fosfaatconcentraties van steekmonsters uit het drainagewater. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.5.4 Greppels/schouwsloten

Over het algemeen zijn fosfaatconcentraties in xVINKNL145 lager dan de concentraties in xVINKNL140 en xVINKNL155 (Figuur 5-36). Wel nemen de fosfaatconcentraties van xVINKNL145 eind 2022 toe en zijn ze vergelijkbaar met de andere twee greppels/schouwsloten. Een hogere kwelflux bij xVINKNL155 en xVINKNL140 kan ervoor zorgen dat percelen rondom deze greppels sneller verzadigd raken en zo meer

afstromen/uitspoelen. Hierdoor kunnen fosfaatrijke meststoffen in de greppels/schouwsloten terecht komen en zo hogere concentraties hebben dan in xVINKNL145.



Figuur 5-36: Fosfaatconcentraties van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

Kijkend naar Figuur 5-26 is P-totaal altijd hoger dan PO₄-P. Er is dus altijd P aanwezig gebonden aan anorganische of organische deeltjes. Bij de winters en vooral het voorjaar 2021 is dit verschil erg groot; er is dan dus veel P aanwezig in het oppervlaktewatersysteem in gebonden vorm. Dit kan komen doordat ook maart 2021 erg nat was, en erna het koud bleef zodat er weinig verdamping was en afvoeren hoger bleven (Figuur 5-37).



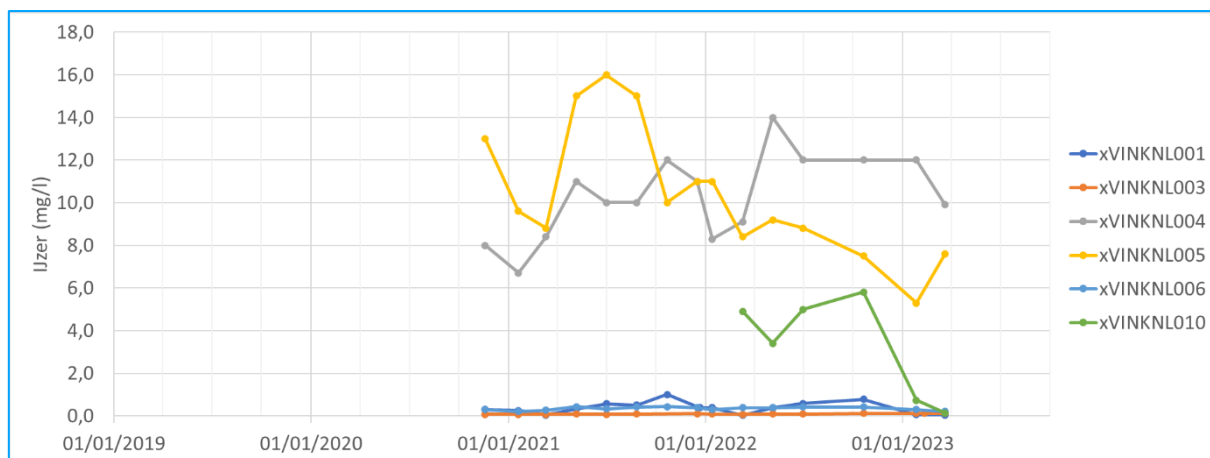
Figuur 5-37: maart 2021: koud en nat, met hoge waterstanden en natte percelen

5.6 IJzer

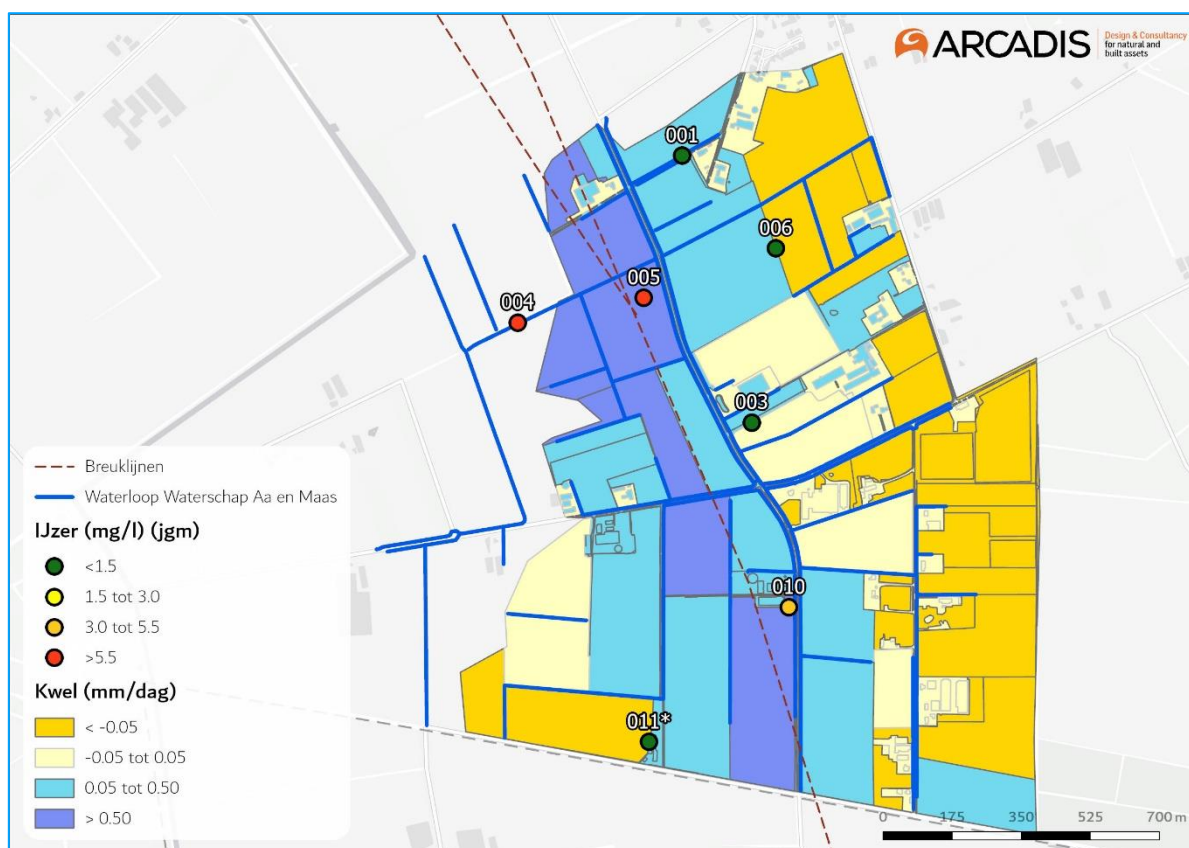
5.6.1 Grondwater

De ijzerconcentraties in xVINKNL004 en xVINKNL005 zijn 6 tot 14 keer hoger dan de concentraties in peilbuizen xVINKNL001, xVINKNL003 en xVINKNL006 (Figuur 5-38). Ook de concentraties in xVINKNL010 liggen initieel 4 tot 6 keer hoger. Dit patroon is vergelijkbaar met ammonium (Figuur 5-19). Figuur 5-3940 laat zien dat deze peilbuizen in kwelrijke gebieden zitten. In eerder onderzoek is ook geconstateerd dat het

kwelwater ijzerrijk is. De verlagingen in ijzerconcentraties van xVINKNL005 en xVINKNL010 kunnen dus ook veroorzaakt worden door een verandering in hydrologie, waarbij minder kwelwater de filterhoogte van de peilbuis bereikt en dit wordt vervangen door ijzerarm perceelwater.



Figuur 5-38: IJzerconcentraties van steekmonster uit de peilbuizen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

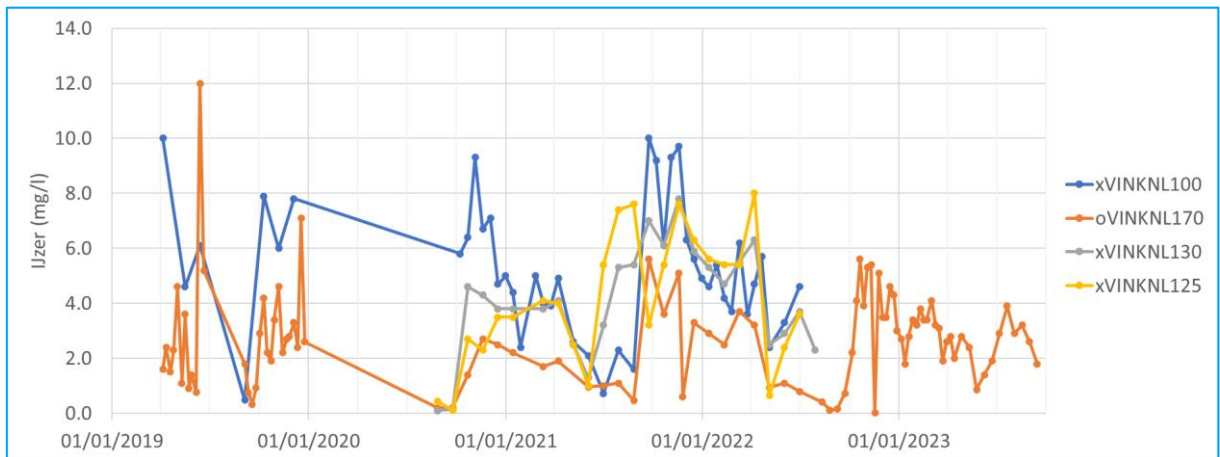


Figuur 5-3940: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde ijzerconcentraties in het grondwater van de Vinkenloop. *: 011 is door uitzonderlijk hoge fosforconcentraties niet meegenomen in de grafieken.

5.6.2 Oppervlaktewater

De ijzerconcentraties in het oppervlaktewater zijn hoger voor xVINKNL100, xVINKNL125 en xVINKNL130 (Figuur 5-). Verder valt op dat ijzerconcentraties pieken rond oktober en vervolgens weer uitzakken gedurende de rest van het jaar. Rond deze periode stijgen de grondwaterstanden ook weer. In 2021 zagen we een stijgende grondwaterspiegel ook in juli (Figuur 5-3), tegelijkertijd stijgen nu ook de concentraties in xVINKNL125 en xVINKNL130. Een snel stijgende grondwaterspiegel kan geoxideerd ijzer in de bodem weer doen reduceren, waardoor het uitspoelt in het oppervlaktewater. Dit is dan niet terug te zien in de

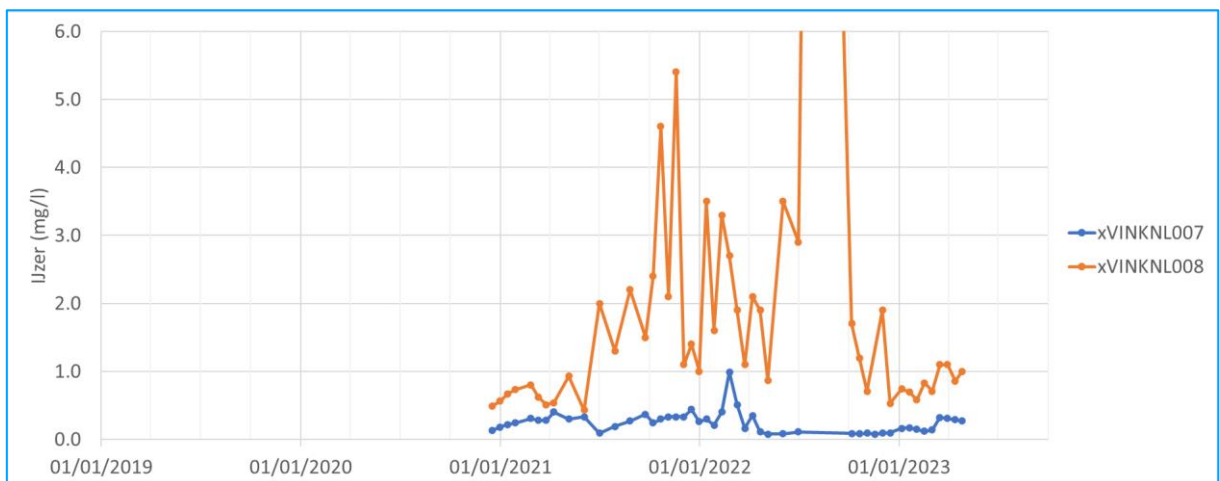
peilbuizen, doordat de filters onder deze redox zone zitten. Verder zal met de stijgende grondwaterspiegels ook meer ijzerrijke kwel meekomen naar de watergangen.



Figuur 5-41: IJzer concentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdlloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.6.3 Drainagewater

Het drainagewater van xVINKNL008 heeft hogere ijzerconcentraties dan xVINKNL007 (Figuur 5-42). xVINKNL008 draineert een perceel met meer kwelwater, waardoor het ook te verwachten is dat er meer ijzer in zit dan xVINKNL007. Verdere vergelijkingen zijn echter moeilijk voor drainagewater, aangezien de drainagebuizen het grondwater voorzien van zuurstof wanneer deze boven het waterpeil geplaatst zijn. Hierdoor zal veel ijzer neerslaan rondom de drainagebuis. Bij hoge grondwaterstanden of hevige regenval kan het ijzer vervolgens reduceren en in het drainagewater terecht komen. Daarnaast kan in de opvangbak water stagneren. Hierdoor kan ijzer lokaal neerslaan of in warme zuurstofloze periodes juist weer in oplossing komen.

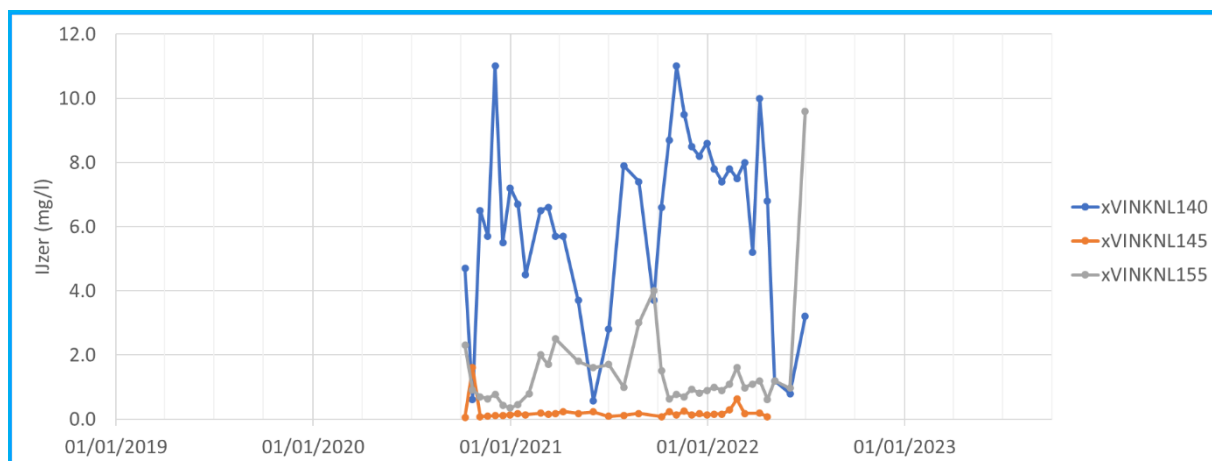


Figuur 5-42: IJzerconcentraties van steekmonsters uit het drainagewater. Er is een uitzonderlijk hoge piek van 21 mg/l. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.6.4 Greppels/schouwsloten

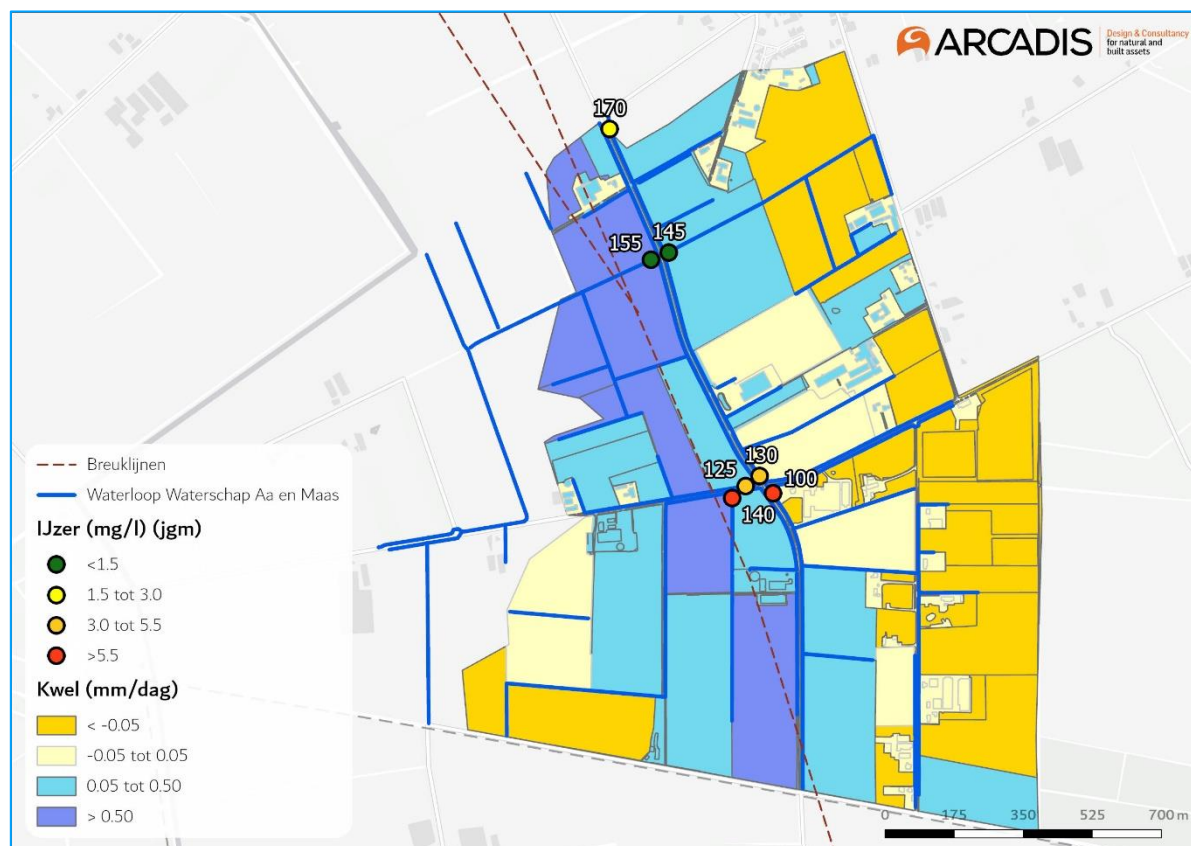
Tussen de greppels/schouwsloten zit ook veel variatie in ijzerconcentraties. xVINKNL145 heeft nauwelijks ijzer in het water, terwijl de ijzerconcentratie van xVINKNL140 oploopt tot 11 mg/l. Het patroon van xVINKNL140 komt overeen met xVINKNL125 (Figuur 5-43 en Figuur 5-). Verder valt op dat voor xVINKNL155 de ijzerconcentraties juist hoger zijn in de zomer dan in de winter. Deze verhoogde zomerconcentraties kunnen gekoppeld worden aan het afvoeren van kwelwater in xVINKNL155. Het kwelwater in het gebied is

namelijk ijzerrijk en lijkt onverdund afgevoerd te worden in de zomer door de greppel van xVINKNL155. In de winter vindt er vervolgens verdunning plaats door regenwater.



Figuur 5-43: IJzer concentraties van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

In de bovenloop van de Vinkenloop is het oppervlaktewater ijzerrijker dan in de benedenloop (Figuur 5-44). IJzerrijk kwel lijkt in het zuiden van het gebied naar boven te komen, terwijl het noorden minder ijzer aanwezig is. Een deel van het ijzer in het water lijkt neer slaan voordat het uitstroomt, waardoor xVINKNL130 lagere waarden heeft dan de bovenloop. Echter kan dit ook komen door verdunning vanuit de greppels/schouwsloten (xVINKNL145/xVINKNL155).



Figuur 5-44: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde ijzerconcentraties van het oppervlaktewater in de Vinkenloop.

5.7 Kalium

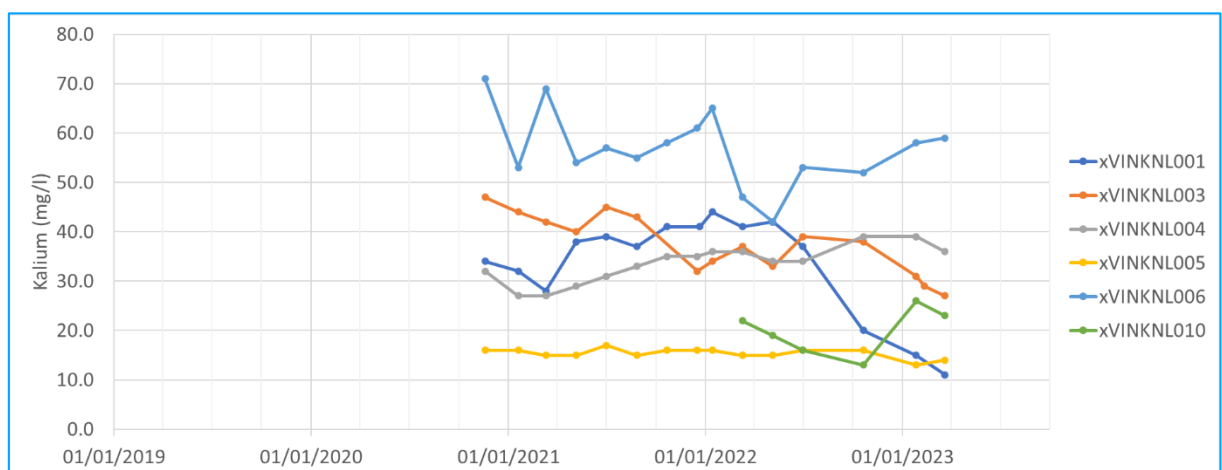
5.7.1 Grondwater

Kalium is een element dat vaak via kunstmest wordt aangevuld (KAS, kalium ammonium sulfaat) omdat gewassen daar een tekort aan kunnen hebben. Op deze manier kan er ook sprake zijn van verliezen van kalium van het land naar het oppervlaktewater, indien er sprake is van een overmaat aan kalium in de bodem. Kalium is een parameter waar waterbeheerders over het algemeen weinig interesse in hebben. Er zijn geen normen voor kalium in het water (ook niet vanuit de drinkwater bereiding).

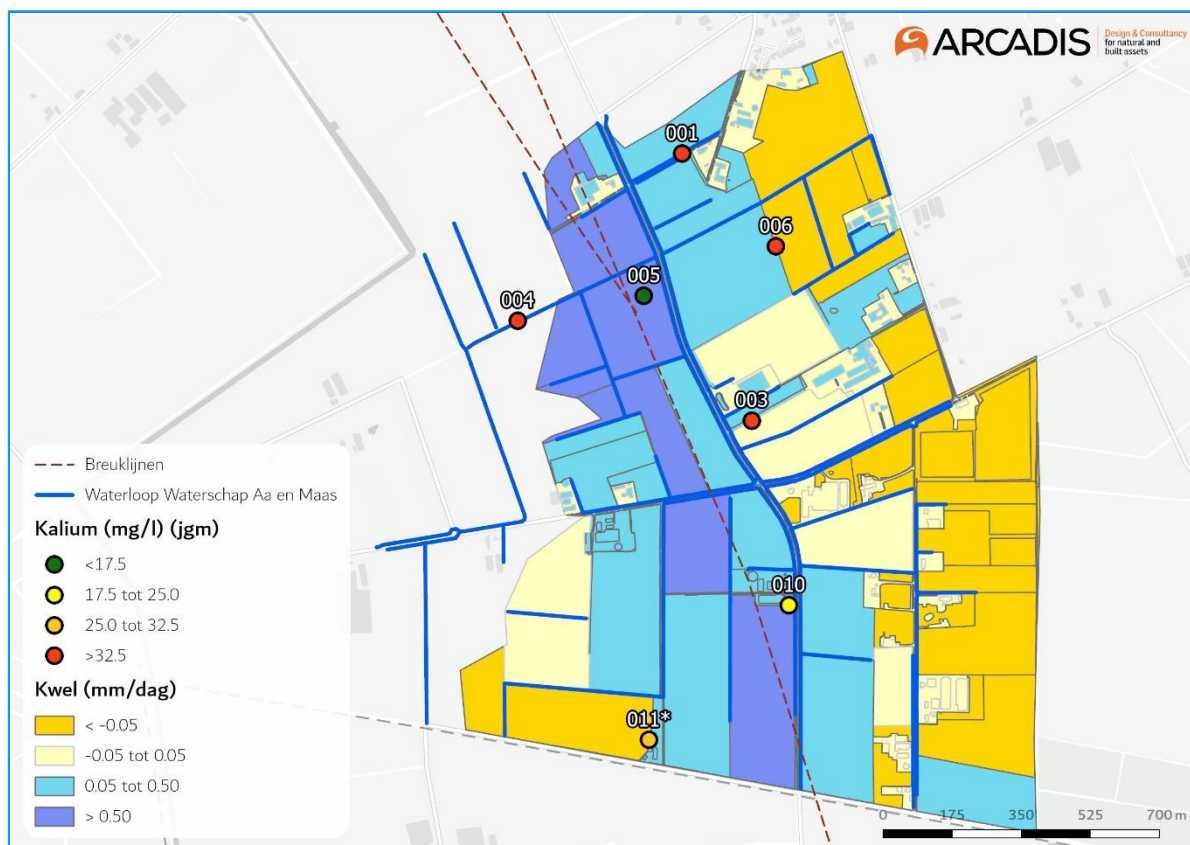
In het grondwater zijn er duidelijke verschillen tussen de peilbuizen. xVINKNL005 en xVINKNL010 hebben waarden die drie tot vier keer lager zijn dan de waarden van xVINKNL006 (Figuur 5-45). Verder valt op dat de waarden van xVINKNL004 en xVINKNL005 geen snelle veranderingen in concentratie laten zien. Dit lijkt door de constante verversing van het grondwater door kwelwater te zijn. De gebieden met minder kwelwater fluctueren meer. Hierbij valt ook op dat xVINKNL001 plots daalt van 40 mg/l naar 10 mg/l in één jaar tijd. De daling start tegelijk met een daling in de grondwaterspiegel, maar de daling zet door zelfs nadat het grondwater weer omhoog komt. Het kan zijn dat het nieuw aangevoerde grondwater minder kalium bevat doordat er minder kalium is uitgespoeld. Naast xVINKNL001 laat xVINKNL003 ook een dalende trend zien. Deze is echter meer geleidelijk en kan komen doordat er meer kalium wordt opgenomen door gewassen, waardoor er steeds minder kalium in de bouwvoor aanwezig is en minder kalium uitspoelt.

Een tijdsreeks aan bodemanalyses kunnen aantonen of dit inderdaad het geval is. Het ruimtelijke overzicht van kalium laat zien dat kaliumconcentraties lager zijn rondom de breuklijn, waar veel kwel voorkomt (Figuur 5-46). Echter verwacht men dan dat xVINKNL004 ook lagere concentraties laat zien. Met de huidige gegevens kan niet worden verklaard waarom concentraties bij xVINKNL005 beduidend lager zijn.

Bemesting en bouwvoor gegevens kunnen eventueel meer inzicht geven.



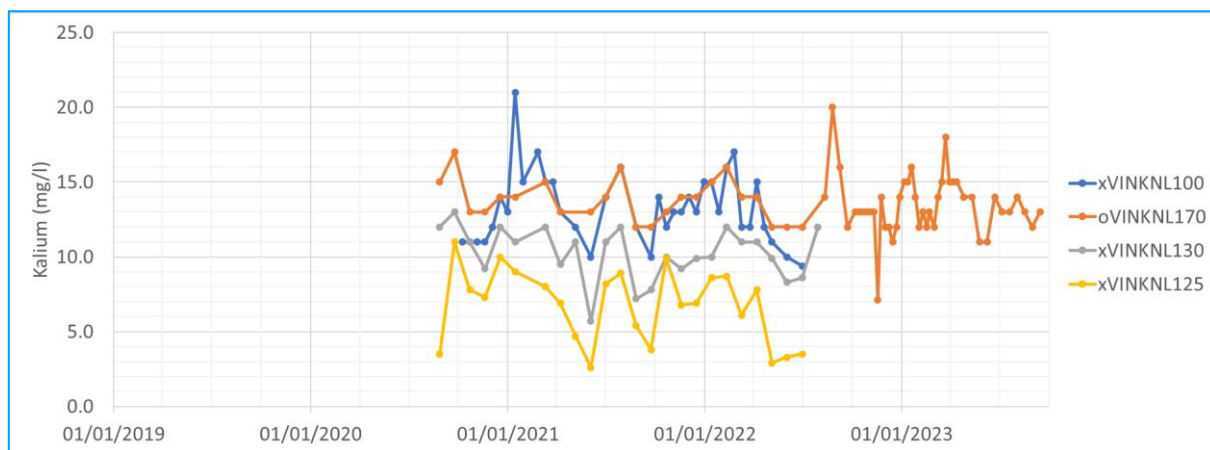
Figuur 5-45: Kaliumconcentraties van steekmonster uit de peilbuizen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11



Figuur 5-46: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde kaliumconcentraties in het grondwater van de Vinkenloop. *: 011 is door uitzonderlijk hoge fosforconcentraties niet meegenomen in de grafieken.

5.7.2 Oppervlaktewater

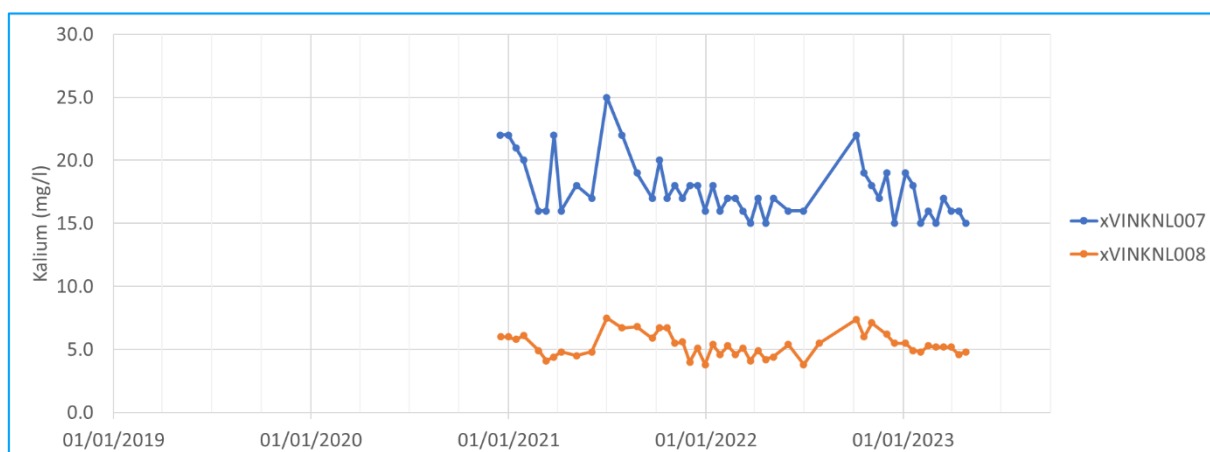
Kalium is net als nitraat een uitspoeling gevoelig mineraal. Dit lijkt te zien in xVINKNL100, xVINKNL125 en xVINKNL130 (Figuur 5-47). Bij deze locaties lopen de concentraties in de winter langzaam op en zakken ze in het voorjaar van 2021, wanneer de evaporatie hoog is en minder water uitspoelt. In juli 2021 heeft het echter veel geregend en is veel kalium uitgespoeld naar het oppervlaktewater. Vervolgens dalen de concentraties doordat gewassen weer meer opnemen. Doordat kalium vaak geen limiterende nutriënt is zullen hogere concentraties uitspoelen dan bij stikstof (Figuur 5-5). Verder valt op dat concentraties bij xVINKNL125 consistent lager zijn dan op de andere meetlocaties. Ten eerste, wateren er vooral graspercelen af op xVINKNL125. Gras staat het hele jaar rond op het perceel, waardoor er continue kalium opgenomen of vastgehouden kan worden door de graswortels. Ten tweede, de venige bodem ten zuiden van xVINKNL125 kan er voor zorgen dat er minder kalium uitspoelt. Doordat kalium een kation is kan het binden met kleideeltjes en organisch materiaal. Echter kan dit systeem in evenwicht zijn, waardoor kalium niet nauwelijks door organisch materiaal wordt opgenomen.



Figuur 5-47: Kaliumconcentraties van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.7.3 Drainagewater

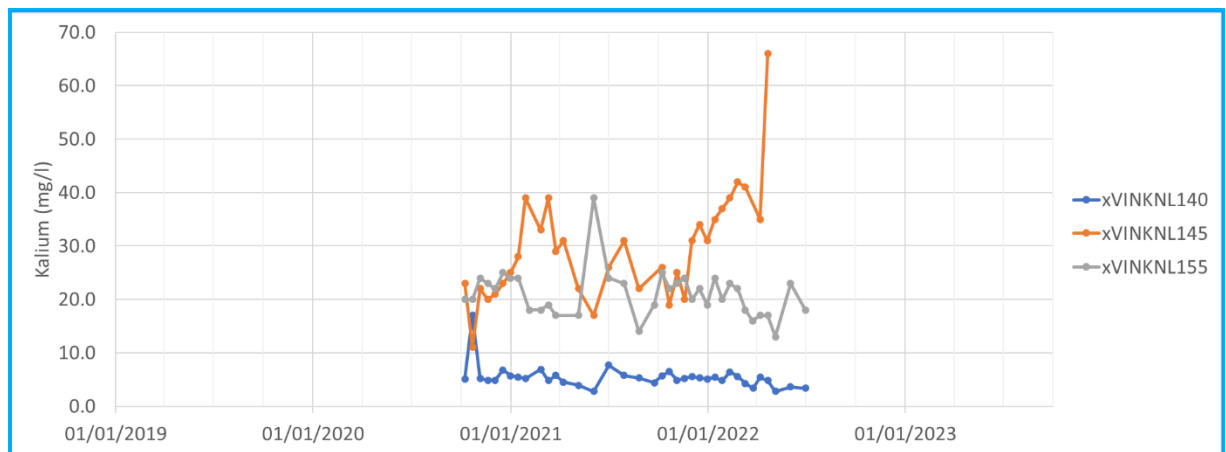
Er is een duidelijk concentratieverschil aanwezig tussen de gemeten drainagebuizen. De kaliumconcentratie ligt met ongeveer 5 mg/l drie tot vijf keer zo laag bij xVINKNL008 in vergelijking met xVINKNL007 (Figuur 5-48). Dit kan net als bij het oppervlaktewater verklaard worden door het gras wat boven de drainagebuis van xVINKNL008 en/of de veenbodem waar xVINKNL008 in ligt. Verder valt op dat de concentraties bij xVINKNL008 weinig variëren. Dit kan komen door de toevoer van kwel, aangezien ditzelfde patroon bij xVINKNL005 te zien is.



Figuur 5-48: Kaliumconcentraties van steekmonsters uit het drainagewater. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

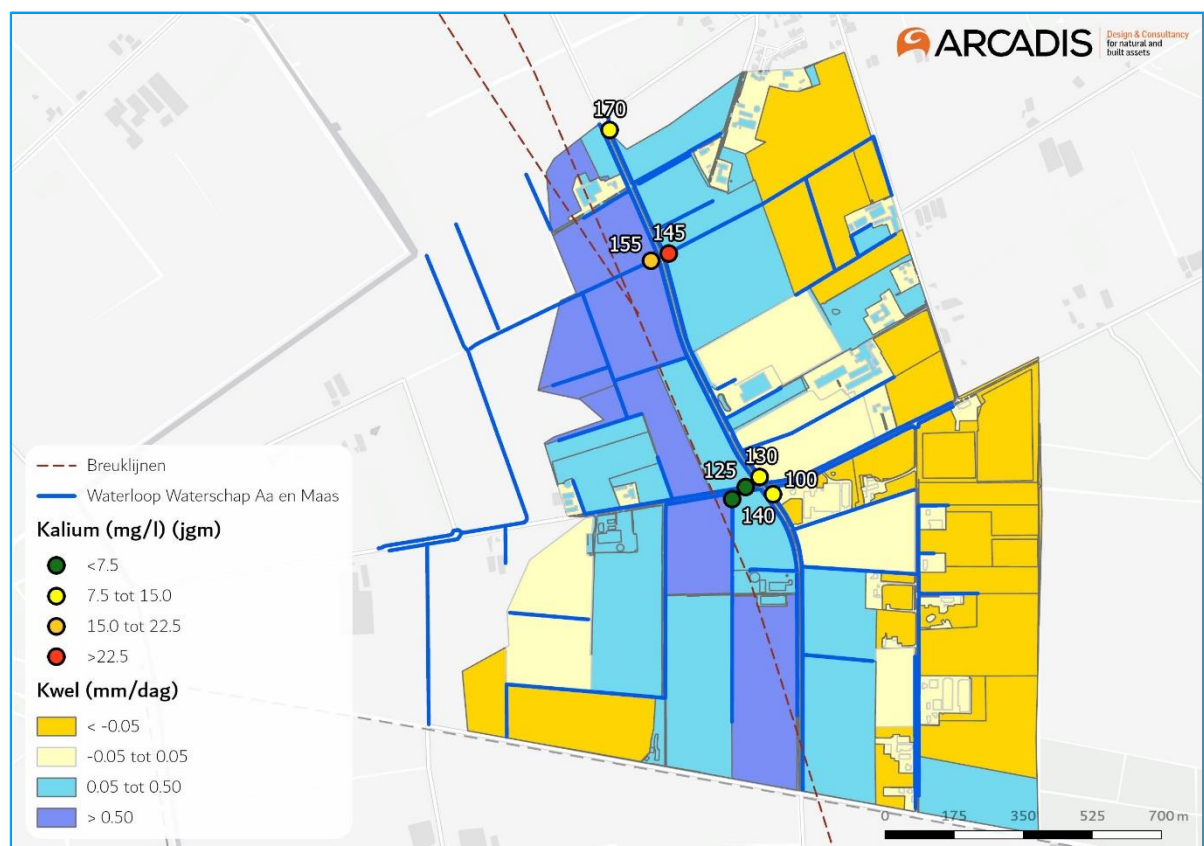
5.7.4 Greppels/schouwsloten

De greppels/schouwsloten laten qua concentratieverschillen hetzelfde patroon zien als het oppervlakte-, drainage- en grondwater. xVINKNL140 ligt in een gebied met veel kwel en afwatering vanuit veenpercelen waar jaarrond gras op staat. Hierdoor zijn de kaliumconcentraties laag en relatief constant (Figuur 5-49). De twee andere greppels liggen juist in gebieden met meer bouwland op zandgrond, waarbij xVINKNL155 iet smeer kwel ontvangt. Hierdoor is de grafiek van xVINKNL155 waarschijnlijk meer gedempt en variëren de concentraties bij xVINKNL145 meer. De plotselinge hoge piek van xVINKNL155 in juni 2021 kan door mee bemesten van de sloot komen of een afspoelingsmoment vlak na een mestgift. Hierdoor komt de piek niet overeen met de pieken van andere locaties.



Figuur 5-49: Kaliumconcentraties van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

De ruimtelijke variatie van de Vinkenloop geeft weer dat lage concentraties aan kalium uit het zuidwesten van het gebied komen (Figuur 5-50). Hierbij lijkt de aanwezigheid van graslanden en eventueel veengronden de belangrijkste factor te zijn, terwijl kwel ook voor wat verlaging kan zorgen. Vanuit de gronden met meer bouwland en minder kwel komt dan meer kalium de vinkenloop binnen. Hierbij zijn de concentraties in de schouwsloten xVINKNL145 en xVINKNL155 het hoogst. Deze zorgen voor iets hogere concentraties bij het uitstroompunt (Figuur 5-47).

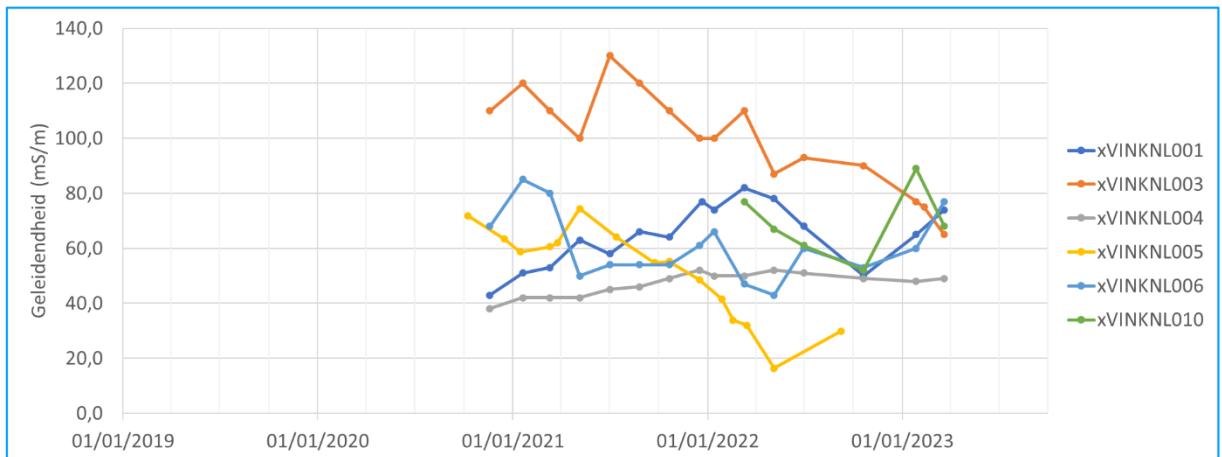


Figuur 5-50: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde kaliumconcentraties van het oppervlaktewater in de Vinkenloop.

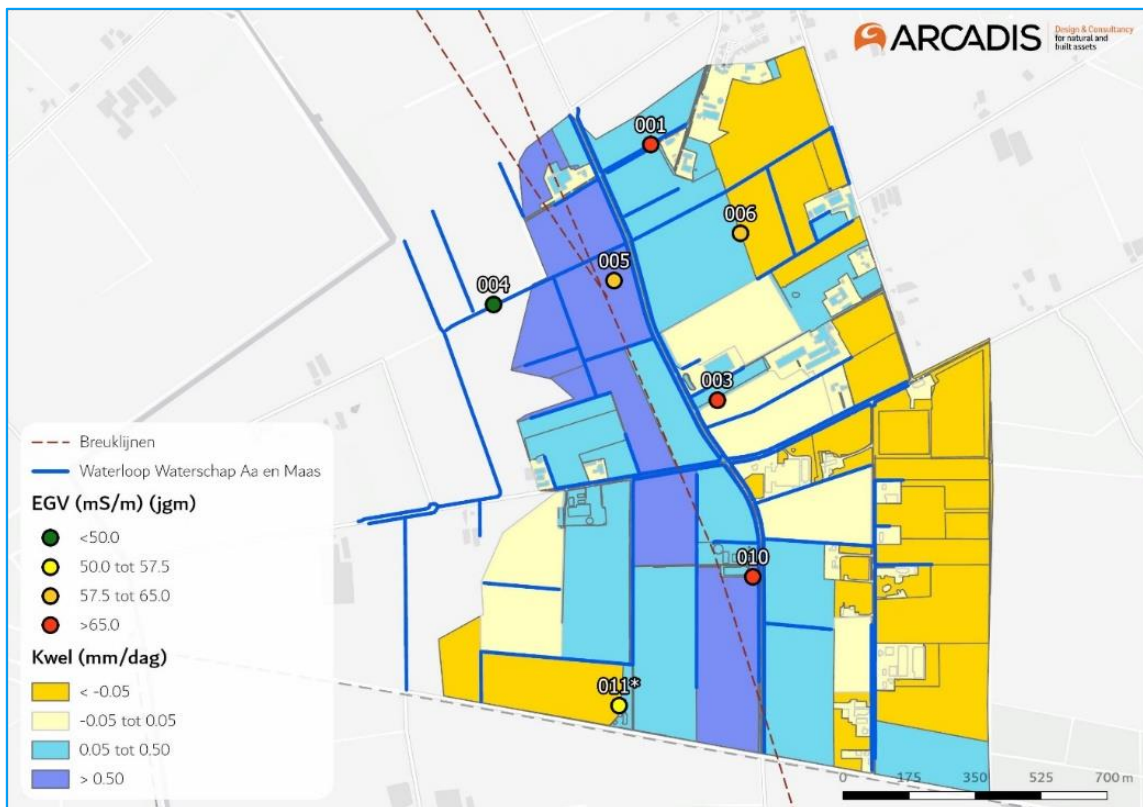
5.8 Geleidbaarheid van het water (EGV)

5.8.1 Grondwater

De geleidbaarheid van het grondwater heeft geen duidelijke patronen (Figuur 5-51). Ook is er geen duidelijk ruimtelijk patroon (Figuur 5-52). Wel zijn er trends te zien in de aparte peilbuizen. xVINKNL001 laat op het begin een stijgende lijn zien, waarna het vervolgens daalt en weer oploopt. Verder laten xVINKNL003 en xVINKNL005 een dalend patroon zien, terwijl xVINKNL004 langzaam stijgt. De patronen van xVINKNL003 en xVINKNL006 komen redelijk overeen met dat van nitraat (Figuur 5-10). Echter is dit patroon minder goed te herkennen bij de overige peilbuizen. De hoge geleidbaarheid van xVINKNL005 kan bijvoorbeeld door ijzer komen. De ijzerconcentraties bij xVINKNL005 lopen namelijk ook af halverwege 2021 (Figuur 5-38). Het patroon van xVINKNL001 lijkt juist een combinatie tussen het patroon van nitraat en kalium (Figuur 5-11 en Figuur 5-45). Tenslotte is de geleidbaarheid relatief laag. Dit kan aanduiden dat het systeem voornamelijk gevoed wordt door weinig verrijkt regen en kwelwater.



Figuur 5-51: Geleidbaarheid van steekmonster uit de peilbuizen. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

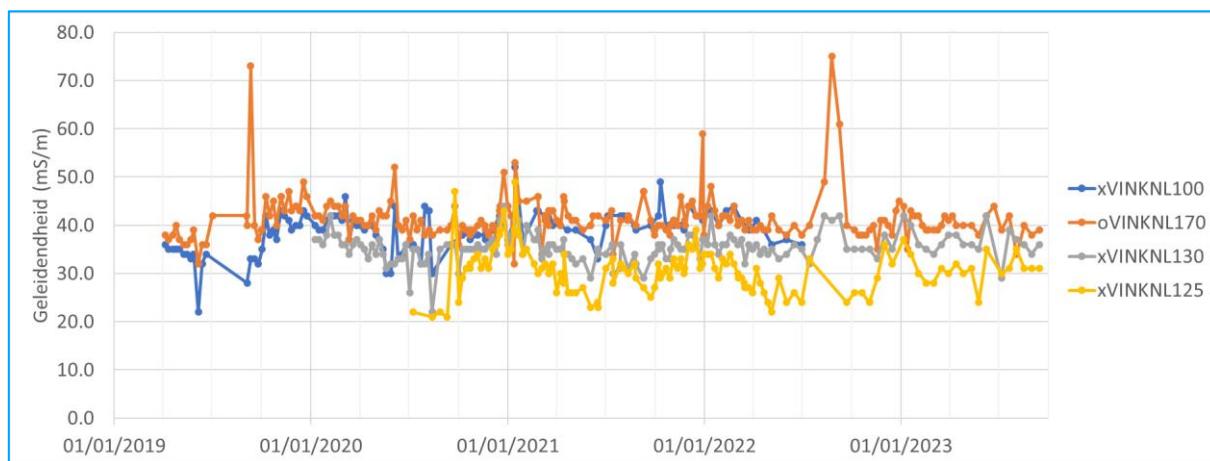


Figuur 5-52: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde geleidbaarheid in het grondwater van de Vinkenloop onderverdeeld.

***: 011 is door uitzonderlijk hoge fosforconcentraties niet meegenomen in de grafieken.**

5.8.2 Oppervlaktewater

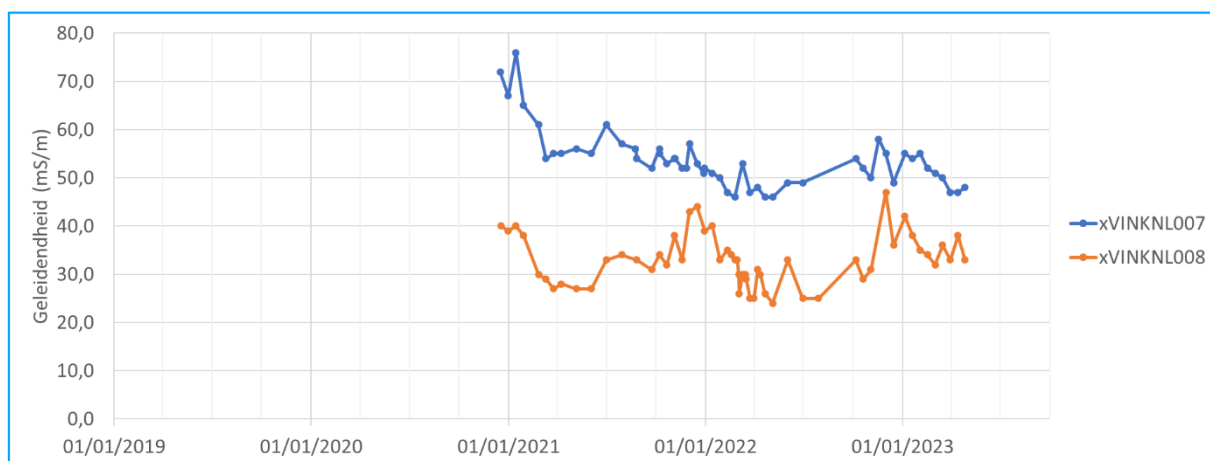
Het oppervlaktewater heeft duidelijke concentratieverschillen. De waarden van xVINKNL125 zijn lager dan die van xVINKNL130 die weer lager zijn dan xVINKNL100 (Figuur 5-53). Water vanuit de graspercelen bevatten dus minder mineralen dan water uit de akkerbouwlanden. Ook bij het oppervlaktewater lijkt de EGV de combinatie aan stoffen weer te geven. Bij xVINKNL125 is nog enigszins het zomer en winterpatroon van stikstof te herkennen. Daarnaast zijn ook de af- en uitspoelingspieken te herkennen bij eerder bij kalium en ammonium gezien zijn bij de verschillende meetlocaties.



Figuur 5-53: Geleidbaarheid van steekmonsters uit oppervlaktewater van de hoofdloop. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

5.8.3 Drainagewater

De geleidbaarheid van xVINKNL007 is continue hoger dan xVINKNL008 (Figuur 5-54). Een grasland op veengrond met veel kwel heeft dus een lagere geleidbaarheid dan een akkerbouwland op zandgrond. Daarnaast zijn de patronen van de geleidbaarheid een combinatie van die van nitraat en kalium (Figuur 5-13 en Figuur 5-48). Verhoogde EGV waarden kunnen dus afwatering van uitspoeling gevoelige stoffen weergeven.

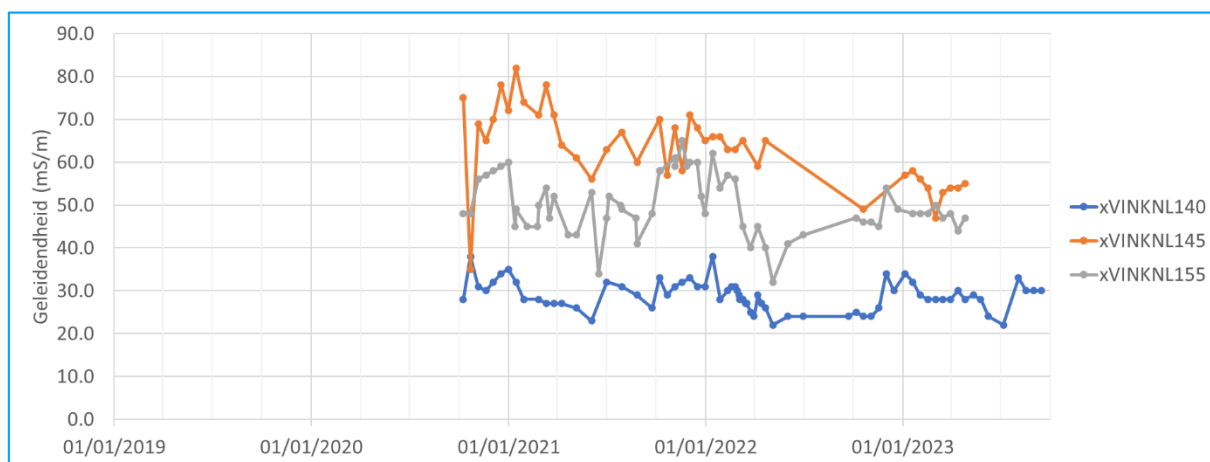


Figuur 5-54: Geleidbaarheid van steekmonsters uit het drainagewater. Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

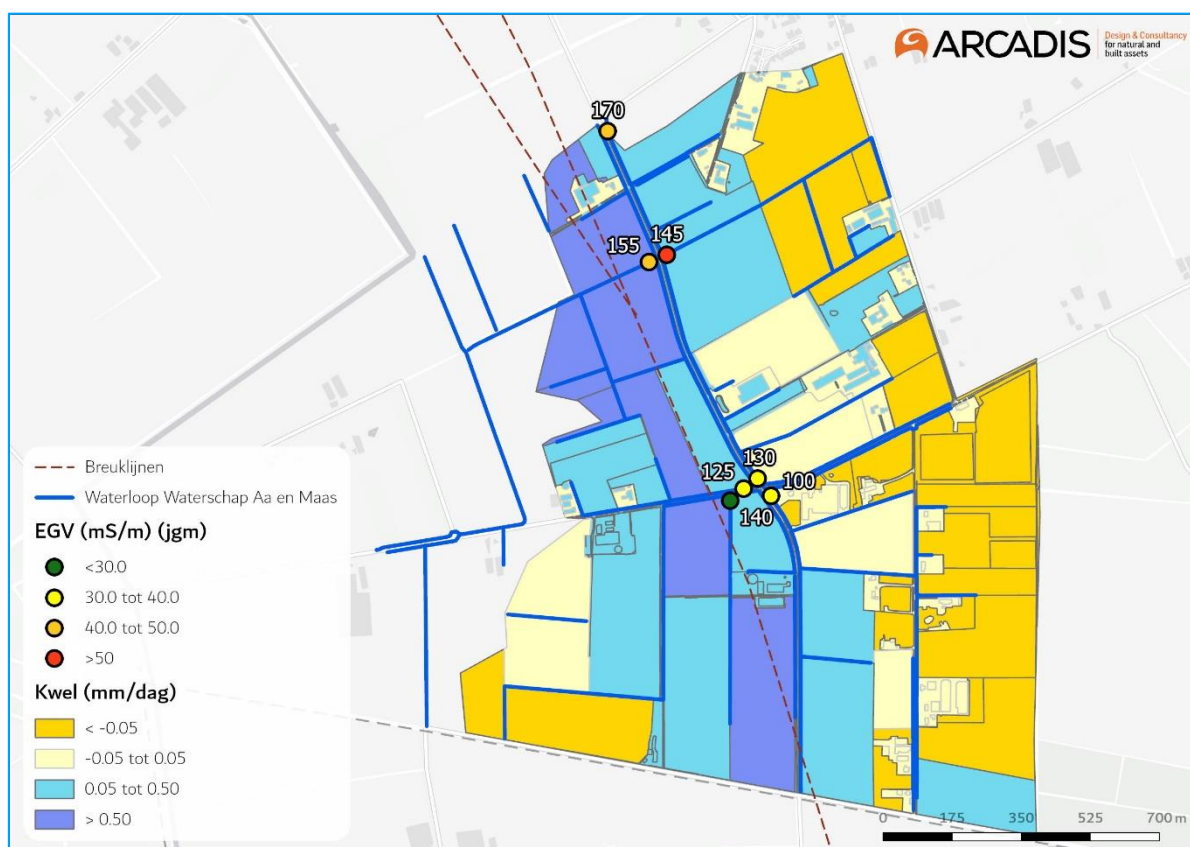
5.8.4 Greppels/schouwsloten

Ook de greppel/schouwslot die de graspercelen op veengrond met veel kwel afwaterd heeft continue lagere EGV waarden dan de greppels die bouwlanden afwateren (Figuur 5-55). Ook valt op dat xVINKNL155 dat kwelrijk water afwaterd lagere waarden heeft dan xVINKNL140. Daarnaast is opnieuw een sterke koppeling te zien tussen de EGV, nitraat en kaliumgrafieken (Figuur 5-14 en Figuur 5-49).

Het ruimtelijke patroon van de EGV metingen weergeeft dat er steeds meer stoffen in de watergang terecht komen richting het uitstroompunt van de Vinkenloop. Het water met de laagste stoffenconcentraties komt uit de graspercelen met veenbodem en veel kwel (xVINKNL140). Verder valt op dat de greppels die bouwlanden afwateren hogere stoffenconcentraties hebben, waarbij kwel voor wat verlaging kan zorgen.



Figuur 5-55: Geleidbaarheid van steekmonsters uit water van greppels/schouwsloten aangrenzend op de hoofdloop.
Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11



Figuur 5-56: Ruimtelijk overzicht jaargemiddelde geleidbaarheid van het oppervlaktewater in de Vinkenloop. De legenda geeft de KRW normen aan van Aa en Maas voor het watertype van de Vinkenloop.

5.8.5 Routings

Net zoals voor nitraat zijn er ook routings gedaan met sensoren voor EGV. Het patroon is vergelijkbaar met de routing voor stikstof en temperatuur: ook in de EGV zijn de plekken goed te zien waar schoon kwelwater de Vinkenloop in stroomt, en de plekken waar de EGV hoger is.



Figuur 5-57: Geleidendheid in de Vinkenloop zoals gemeten tijdens de routing op 26-01-2023.

6 Stikstof in de bodem

Stikstof in de bodem is grotendeels organisch gebonden. Dit zijn plantenresten, wortels, mest etc. Micro-organismen breken deze organische stof af (mineralisatie) waarbij het wordt omgezet naar ammonium en nitraat (nitrificatie). Gewassen kunnen deze minerale stikstof (NH_4 en NO_3) weer opnemen om van te groeien. Minerale stikstof die in het najaar nog in de bodem zit, kan in de winter uitspoelen naar het grondwater en het oppervlaktewater, of worden vastgelegd in een vanggewas. Ook stikstof die in het voorjaar in de bodem zit maar nog niet nodig is voor het gewas, kan uitspoelen (in een nat voorjaar).

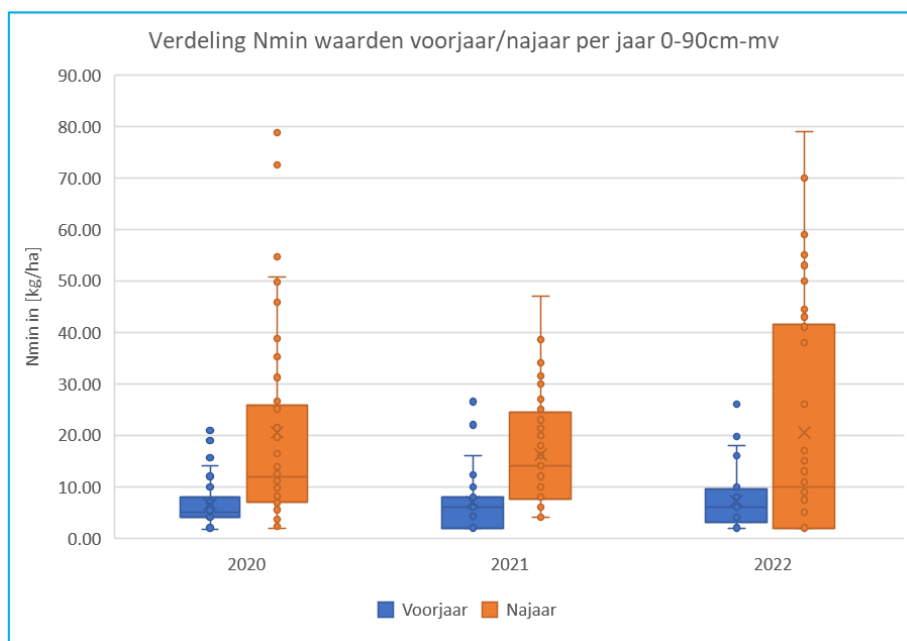
De minerale stikstof in de bodem wordt bepaald met een N-mineraal meting. Deze worden meestal gedaan voor de bodemlagen 0-30 cm-maaiveld, 30-60 cm-mv en 60-90 cm-mv, waarbij er mengmonsters worden gestoken op het hele perceel. N-mineraal wordt uitgedrukt in kg N / ha. Voor agrarische ondernemers is de N-min een parameter die in de praktijk veel wordt gebruikt, o.a. bij maken van bemestingsplannen. Voor het waterschap is dit een parameter waar niet mee wordt gewerkt, omdat het vooral op de bodem gericht is.

Binnen het onderzoek zijn N-mineraal metingen op verschillende manieren ingezet:

- Bepalen begin voorraad N-min voorafgaand aan de teelt (voor bemesting, half februari)
- Bepalen eind voorraad N-min na de teelt, het residue (na de oogst, begin november)
- Gedurende de looptijd van de praktijkproeven (zie rapporten Wageningen UR)
- Voor verificatie berekeningen aan uitspoeling met NDICEA (rapporten Louis Bolk) en SWAP-ANIMO (rapporten KIWK).

In Figuur 6-1 staan de N-min waarden in het voorjaar en najaar voor alle percelen in het onderzoeksgebied samen. Na de teelt blijft er minerale stikstof over in de bodem. Dat is de stikstof die wel voor het gewas beschikbaar is, maar niet is opgenomen. In het voorjaar zijn de N-min waarden laag. In de periode tussen najaar en voorjaar is er sprake van een verlies van deze N-mineraal. Dat verlies komt door drie routes:

- Opname in vanggewas
- Denitrificatie (omzetting naar N_2 gas dat naar de atmosfeer gaat)
- Uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater

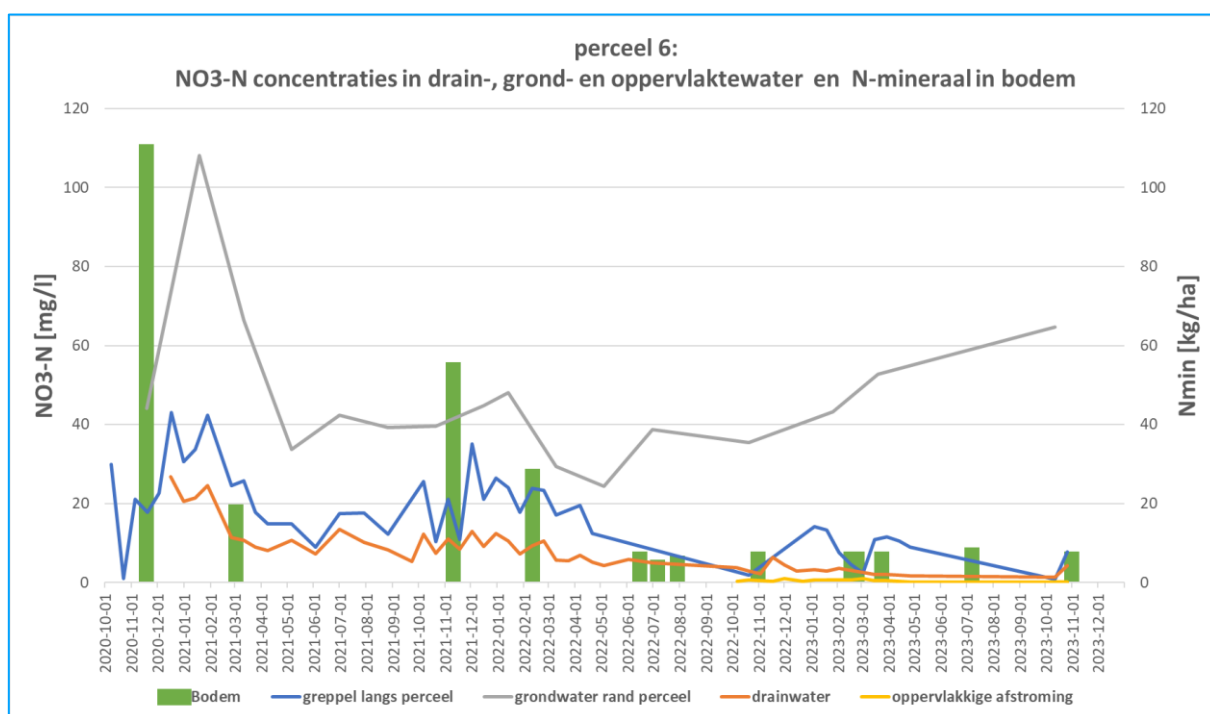


Figuur 6-1 Boxplot van alle N-min metingen (2020 – 2022) in het voorjaar ($n = 125$) en het najaar ($n = 179$) op de percelen van het onderzoek, cumulatief voor laag 0-90cm-mv. Box = 25-75 percentiel, streep is mediane waarde, ster is gemiddelde, strepen boven en onder de box is 5-95 percentiel

Figuur 6-2 zoomt in op perceel 6. Dit is een perceel waar in de periode 2020-2023 lilies en graszoden op zijn geteeld. Aan de rand van het perceel staat peilbuis xVINKNL006 (deels beïnvloed door buiten onderzoek gelegen akkerbouwperceel waar mais wordt geteeld). De drains op dit perceel worden bemonsterd (xVINKNL007), de greppel langs het perceel waar de drains op uitkomen ook (xVINKNL145) en het oppervlakkig afstromend water wordt ook opgevangen en bemonsterd (xVINKNL015).

Te zien is dat:

- N-mineraal in 2020 en 2021 (lilies) voorjaar - laag en najaar – hoog dynamiek heeft
- Bij de teelt van graszoden in 2022 en 2023 is de N-mineraal laag in zowel voorjaar en najaar
- Concentraties nitraat N zijn hoogste in het grondwater, daarna in de greppel langs het perceel, dan de drains en dan de oppervlakkige afstroming
- Concentraties nitraat-N in drains en greppel nemen af na teelt lilies, dit komt overeen met verloop N-mineraal
- Concentratie grondwater loopt weer op in 2023, mogelijk door groot neerslag overschot meer verliezen naar bodem vanuit aanliggende percelen

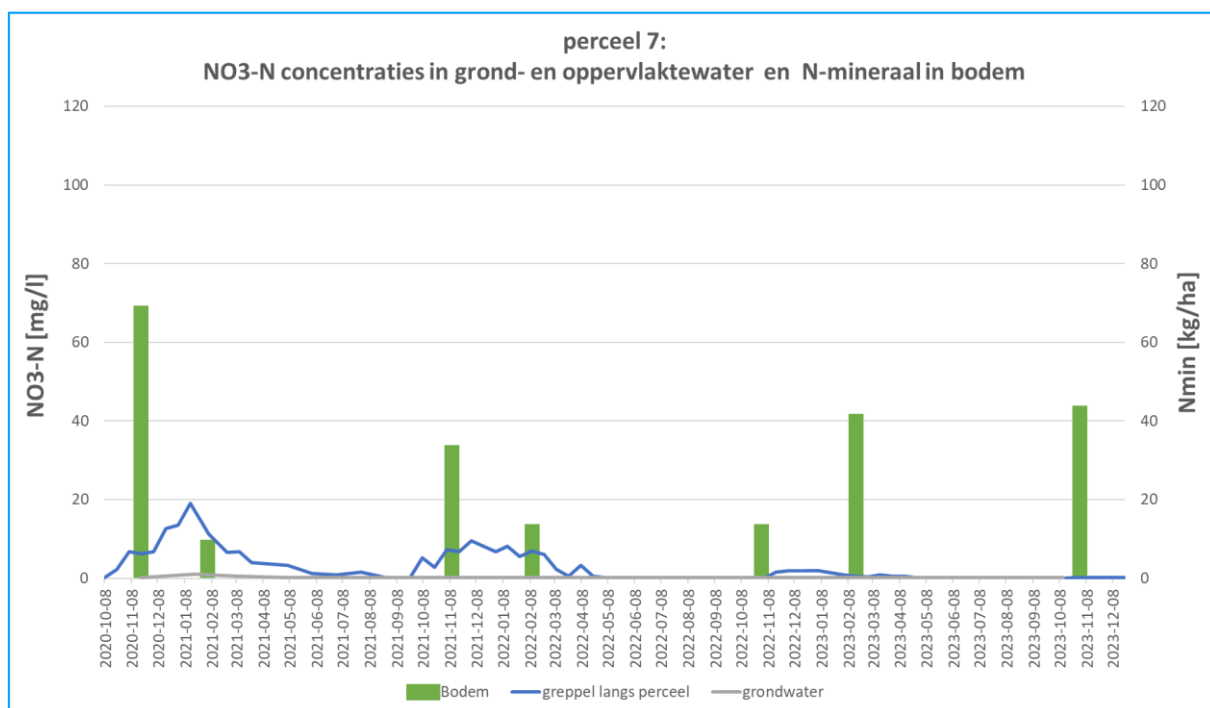


Figuur 6-2 meetresultaten voor P6. Op de linker y-as concentraties nitraat-N in mg/l, voor het grondwater aan de rand van het perceel, drainwater van het perceel, greppel langs het perceel en oppervlakkig afstromend water op het perceel. Op de rechter y-as de N-mineraal in kg/ha voor de laag 0-90 onder maaiveld, dit zijn de groene staafdiagrammen. Teelt in 2020-2021 lilies, 2022-2023 graszoden.

Figuur 6-3 zoomt in op perceel 7. Dit is een perceel waar in de periode 2020-2023 graszoden (2020), zaaiui (2021) en graszoden (2022-2023) op zijn geteeld. Midden op het perceel staat peilbuis xVINKNL005. De drains op dit perceel komen uit op de greppel langs het perceel met een meetpunt (xVINKNL155). De schaalverdeling is hetzelfde gehouden als Figuur 6-2.

Te zien is dat:

- N-mineraal bijde graszoden op dit perceel hoger is dan op P6, in in 2022 in voorjaar hoger was dan najaar 2021
- Concentraties nitraat N in de greppel hoog waren in 2020 (graszoden, droog jaar) en 2021 (zaaiui), naar zeer lage concentraties in 2022 en 2023.
- In grondwater op dit perceel zit nauwelijks nitraat-N (ammonium-N concentraties 0,4 – 0,8 mg NH₄-N/l)

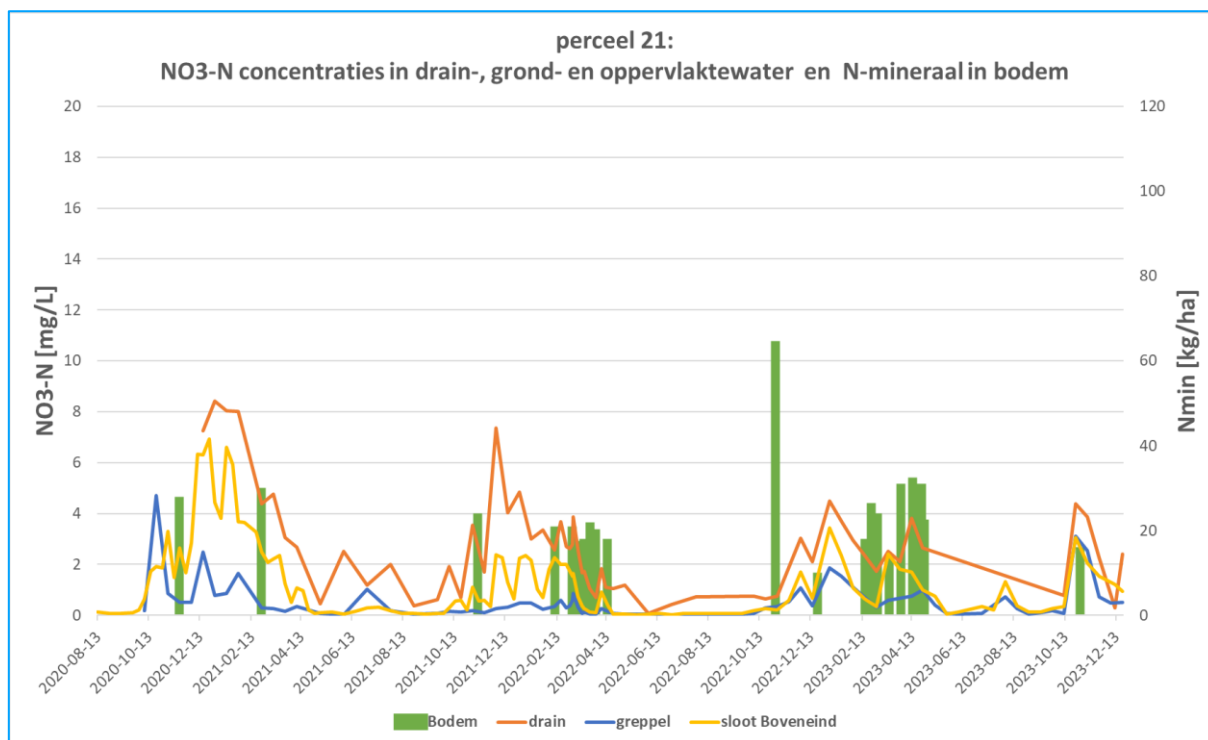


Figuur 6-3 meetresultaten voor P7. Op de linker y-as concentraties nitraat-N in mg/l, voor het grondwater midden op het perceel en de greppel langs het perceel. Op de rechter y-as de N-mineraal in kg/ha voor de laag 0-90 onder maaiveld, dit zijn de groene staafdiagrammen. Teelt in 2020 graszoden, 2021 zaai ui, 2022, 2022-2023 graszoden.

Figuur 6-4 zoomt in op perceel 21. Dit is een perceel waar in de periode 2020-2023 in gebruik is geweest als (tijdelijk) grasland. De peilgestuurde drainage (xVINKNL008) op dit perceel komt uit op de greppel langs het perceel met een meetpunt (xVINKNL140). De schaalverdeling is hetzelfde gehouden als Figuur 6-2. In 2022 en 2023 is op dit perceel een proef gedaan waarbij gevarieerd is in het moment van de bemesting in het voorjaar (februari / maart).

Te zien is dat:

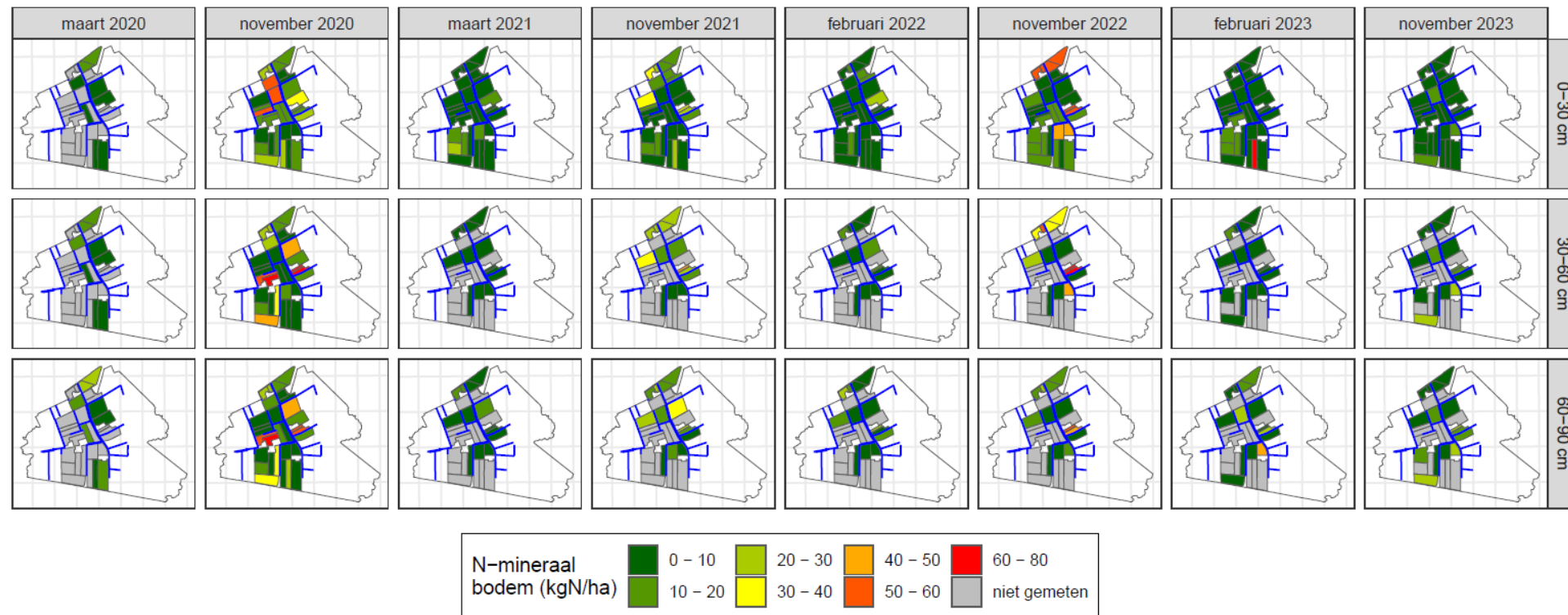
- N-mineraal (op één uitschieter na) laag is, ronde de 20 kg/ha
- Concentraties nitraat N een winter hoog – zomer laag dynamiek hebben, en in het drainwater hoger zijn dan sloot langs de percelen (vooral afvoer kwel) en het ontvangend oppervlaktewater (Boveneind)



Figuur 6-4 meetresultaten voor P21. Op de linker y-as concentraties nitraat-N in mg/l, voor het drainwater van het perceel, de sloot het perceel en de ontvangende A-watergang langs het Boveneind. Op de rechter y-as de N-mineraal in kg/ha voor de laag 0-90 onder maaiveld, dit zijn de groene staafdiagrammen. Teelt gedurende de hele periode is weiland.

In Figuur 6-5 staan de N-min metingen ruimtelijk. De lage N-mineraal waarden in het voorjaar en de hoge N-mineraal metingen in het najaar zijn ook ruimtelijk terug te zien. Daarnaast is te zien dat de percelen met weilanden lage N-mineraal residuen hebben, en akkerbouw percelen (lilies, aardappelen) in najaar vaak wat hoger zitten in het nitraat residue. In droge jaren (2020, 2022) zijn met name in de akkerbouwpercelen hogere N-mineraal waarden gevonden in het najaar. Door droogtestress hebben gewassen minder goed gegroeid en komt mineralisatie later op gang (ook daarvoor is vocht nodig) waardoor er meer N-mineraal 'overblijft' na de teelt.

N-mineraal in de bodem



Figuur 6-5 N-mineraal voorjaar en najaar 2020- 2023. Een aantal percelen zijn alleen op de laag 0-30 onderzocht.

7 Samenstelling en herkomst van het water

Een Van Wirdum diagram geeft informatie over de samenstelling van het water op basis van EGV en de ionen ratio (IR) van het steekmonster. Deze steekmonsters kunnen worden geclassificeerd binnen drie referentiepunten die karakteristiek zijn voor de hydrologie: de Atmocline (Regenwater, At), de Lithocline (Calcium rijk, zoet (grond)water, Li) en de Thalassocline (zeewater, Th) en midden- en benedenlopen van beken (rheoclien, Rh). Deze punten liggen in een diagram met IR (Ionen ratio) op de y-as en EC (EGV, Elektrisch geleidend vermogen) op de x-as (log schaal). In de diagrammen staan met een stippellijn de waarden aangegeven waar $EC = IR$.

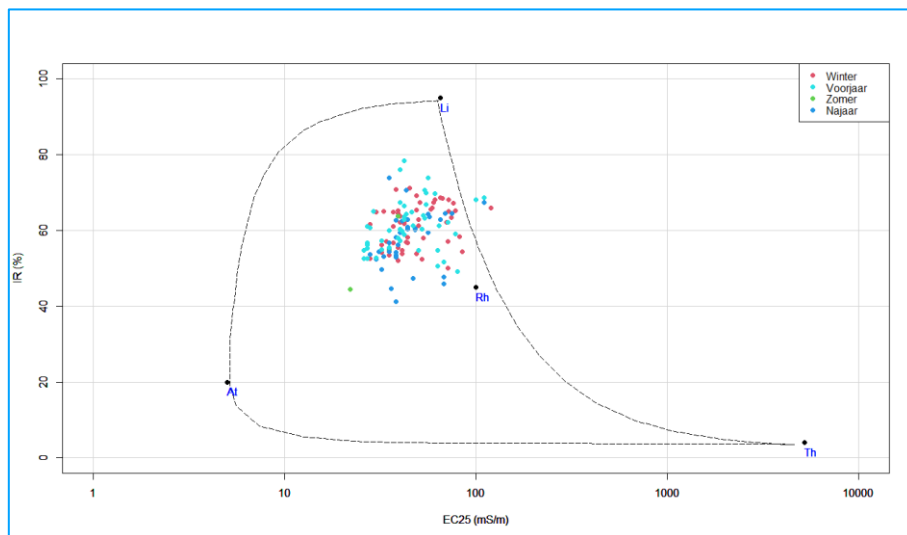
Het berekenen van de IR in percentages gaat als volgt:

$$IR(\%) = 100 * \frac{[Ca^{2+}]}{[Ca^{2+}][Cl^{-}]}$$

Met:

- $[Ca^{2+}]$ als de concentratie calcium in mol/L
- $[Cl^{-}]$ als de concentratie chloride in mol/L
- $IR(\%)$ als de ionen ratio in procenten

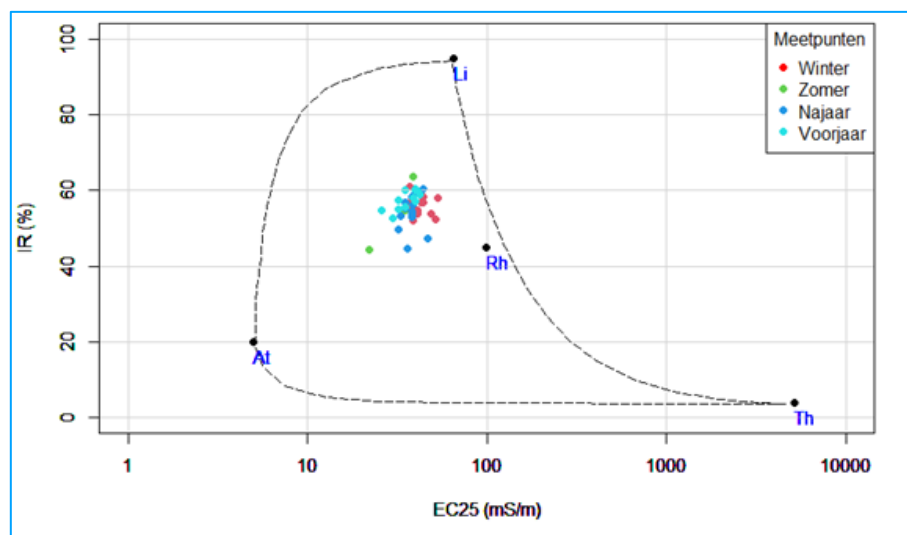
Om iets te zeggen over de samenstelling van de steekmonsters uit de Vinkenloop zijn de volgende Van Wirdum diagrammen gemaakt. In Figuur 7-1 zijn de steekmonsters van alle meetpunten geplot in een Van Wirdum diagram. De meetpunten zijn hierbij verdeeld per seizoen. In een eerste opzicht zit er geen duidelijk verschil tussen de verschillende seizoenen. Wel valt op dat voorjaar zowel naar de bovenkant (Li, grondwater) als onderkant (zout water Th/ regenwater At) uit schiet. De steekmonsters liggen allemaal geclusterd in de richting van grondwater (Li).



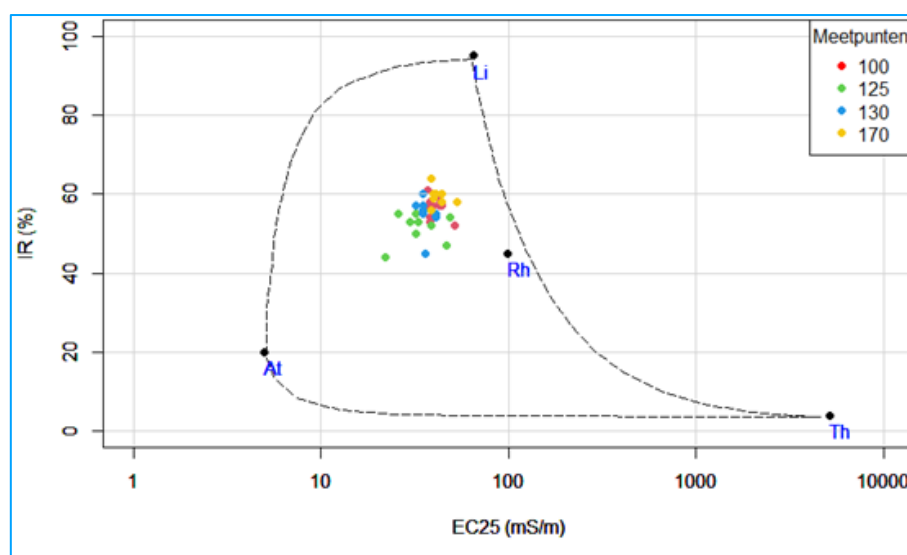
Figuur 7-1 Van Wirdum diagram met alle meetpunten (grond- en oppervlaktewater) verdeeld per seizoen (meetwaarden april 2019 – mei 2021).

In Figuur 7-2 (steekmonsters in de Vinkenloop en één zijwaterloop) is te zien dat in het voorjaar / zomer de clustering zich naar links lijkt te verplaatsen, wat kan duiden op meer neerslag gedomineerd water. Dit zou te maken kunnen hebben met grondwaterstanden die dalen naarmate het warmer wordt en weer aan moeten vullen na een droge zomer. Er is ook een duidelijke zomeruitschieter die meer neerslag gedomineerd zou kunnen zijn door dezelfde verklaring. Door droogval zijn bruikbare steekmonsters in de zomer schaars waardoor het lastig is om iets concreets over het effect van het seizoen te zeggen.

In Figuur 7-3 zijn de steekmonsters per seizoen en per meetpunt in de hoofdwatgang te zien. De steekmonsters liggen in duidelijke clusters van meetpunten bij elkaar. Meetpunt 100 ligt in de bovenloop in de kwelzone, meetpunt 125 ligt in een zijwatgang van de bovenloop tussen de weilanden, meetpunt 130 ligt op de samenkomst van het water dat bij meetpunten 100 en 125 vandaan komt. Meetpunt 170 ligt helemaal aan het einde van de Vinkenloop. Het clusteren per meetpunt geeft aan dat de samenstelling van het water verschilt tussen punten en daarin mogelijk een onderscheid kan worden gemaakt.



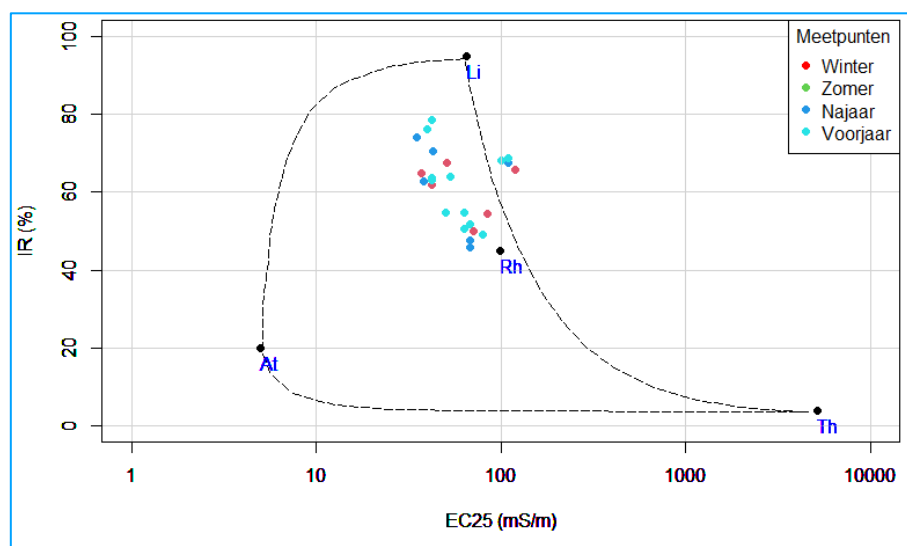
Figuur 7-2 meetpunten (100, 125, 130 en 170, zie figuur 2.1 op pagina 11) oppervlaktewater in de Vinkenloop in een Van Wirdum diagram, geclassificeerd volgens de seizoenen (meetwaarden april 2019 – mei 2021).



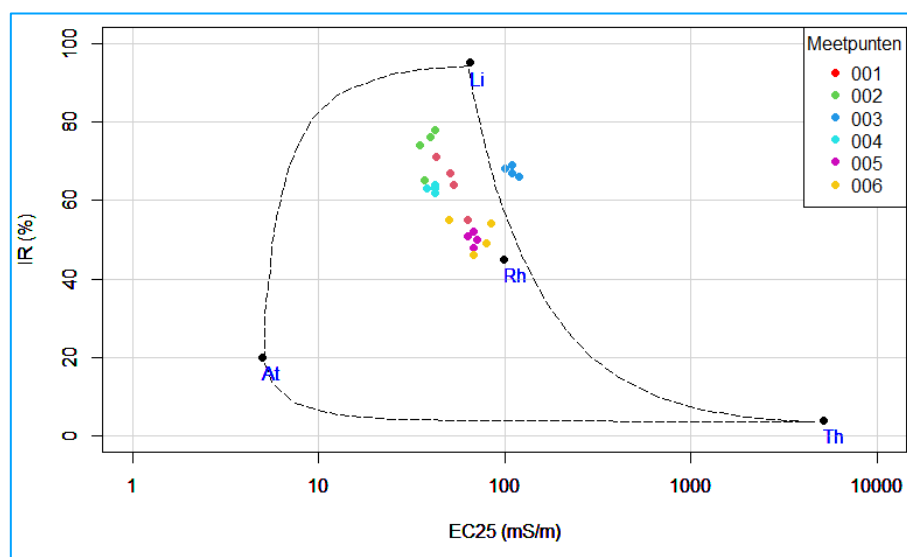
Figuur 7-3 meetpunten oppervlaktewater in de hoofdwatlopen (A-watgangen) in een Van Wirdum diagram, geclassificeerd volgens de meetpunten (meetwaarden april 2019 – mei 2021). Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

In Figuur 7-4 en Figuur 7-5 zijn de steekmonsters van de peilbuizen geplot. In vergelijking tot de steekmonsters in oppervlaktewater, is er meer spreiding aanwezig, maar de clusters per meetpunt blijven bestaan. De steekmonsters in liggen ook duidelijk dichter bij het Lithocline punt, wat aangeeft dat ze meer grondwater gevoed zijn dan de meetpunten in het oppervlaktewater. Het IR EGV diagram voor de grondwater meetpunten is wezenlijk anders dan die van oppervlaktewater. Deels sterker Li, Ook veel meer naar Rh toe, en dunne band (minder directe invloed van neerslag, At). De herkomst van de chloride is wellicht nog beïnvloed vanuit bemesting

Het meetpunt 003 laat een cluster zien buiten de range het IR-EGV diagram (stippellijn). Dit zijn meetwaarden waarbij de EGV waarde door andere ionen wordt bepaald dan alleen de calcium en chloride. Via bekalking van het land wordt calcium toegevoegd. Via de bemesting met dierlijke mest, kunstmest of mestconcentraat komen ionen zoals chloride, kalium, nitraat, magnesium in de bodem en het grondwater. Over het algemeen bevat varkensmest vaak hogere chloride- en sulfaatgehalten dan koeienmest (dat komt door het voer). De meetwaarden voor sulfaat (SO₄) liggen voor dit meetpunt in de periode 2019-2021 hoger dan voor de andere peilbuizen, wat de afwijkende IR-EGV waarden kan verklaren.

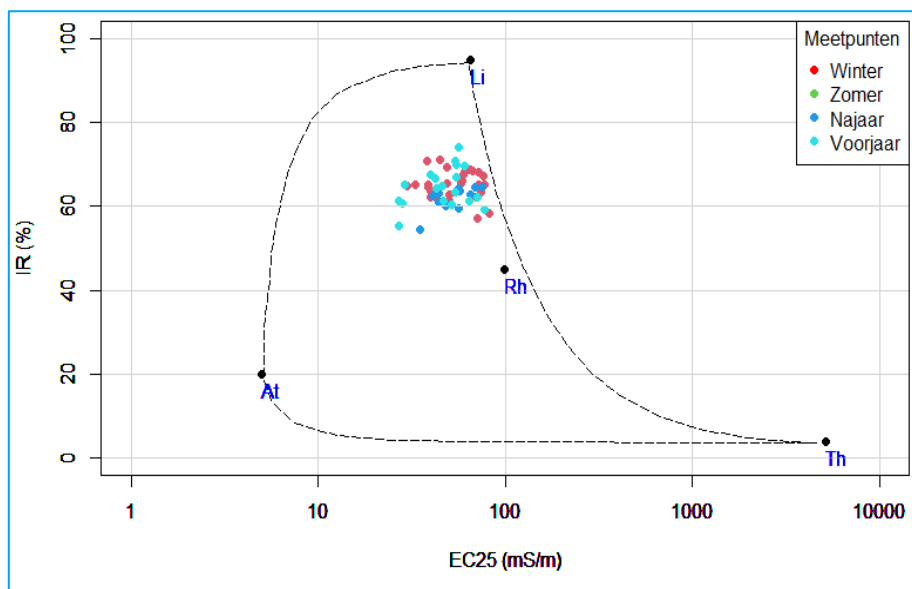


Figuur 7-4 meetpunten in het grondwater in een Van Wirdum diagram, geclassificeerd volgens de seizoenen (meetwaarden april 2019 – mei 2021).

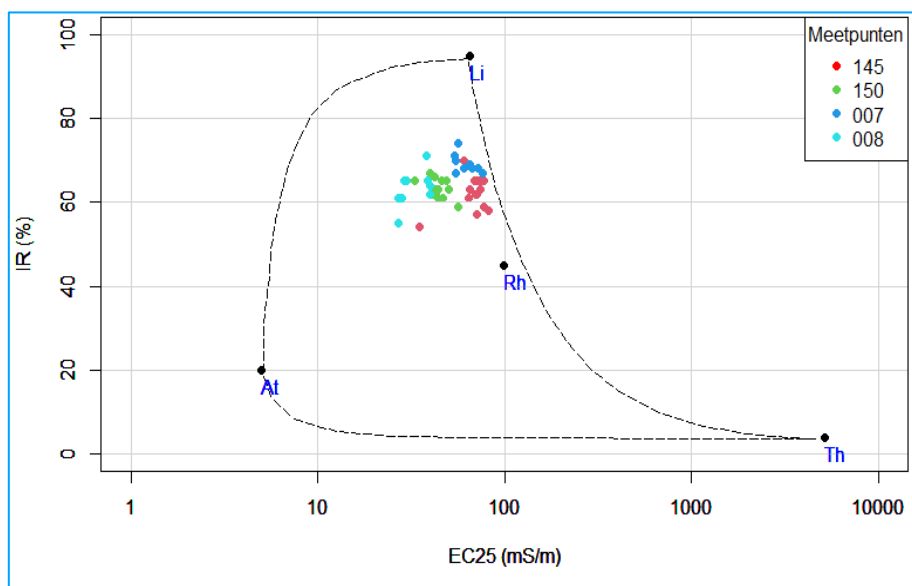


Figuur 7-5 meetpunten in het grondwater in een Van Wirdum diagram, geclassificeerd volgens de meetpunten (meetwaarden april 2019 – mei 2021). Voor de ligging van de meetpunten: zie figuur 2.1 op pagina 11

In Figuur 7-6 en Figuur 7-7 zijn de drains (007 op een akkerbouw perceel en 008 op tijdelijk grasland) en de bijbehorende zijlslootjes (drain 007 komen uit op greppel met meetpunt 145; op meetpunten 150 en 155 komen wel drains uit maar die worden niet apart bemeten) geplot. De clusters per meetpunt zijn ook hier weer aanwezig. Er is minder spreiding tussen de meetpunten waar te nemen wat duidt op een overeenkomst van het water in de drains en de bijbehorende zijlslootjes. Verder lijken de drains/zijlslootjes meer grondwater gevoed te zijn dan de A-watergangen (Figuur 7-3) en gemiddeld op hetzelfde niveau te liggen als de peilbuizen (Figuur 7-5).



Figuur 7-6 meetpunten in de drains en de ontvangende greppels in een Van Wirdum diagram, geclassificeerd volgens de seizoenen (meetwaarden april 2019 – mei 2021).



Figuur 7-7 meetpunten in de drains en de ontvangende greppels in een Van Wirdum diagram, geclassificeerd volgens de meetpunten (meetwaarden april 2019 – mei 2021). Metingen van meetpunten 150 en 155 zijn samengevoegd tot één meetpunt 150

Conclusies van Wirdum:

- Uit deze set met meetpunten en de gehanteerde periode (2019-2021) op verschillende locaties is af te leiden dat in De Vinkenloop vooral gedomineerd wordt door water met dezelfde chemische samenstelling als de Lithocline (grondwater)
- De aanpak met de van Wirdum diagrammen is een bruikbare manier om snel de herkomst van het water op verschillende meetpunten te beschouwen
- Uit de jaargetijden trend zijn nog geen duidelijk conclusies te trekken. Hierbij is meer informatie over de zomermaanden nodig.

8 Afvoeren en reistijden tussen sensoren

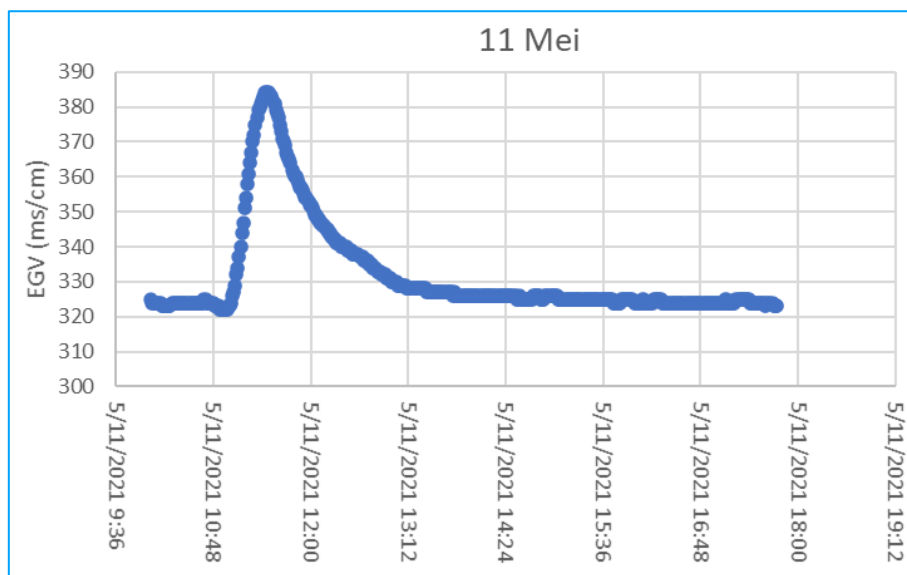
In april, mei en juni 2021 zijn er reistijdenproeven uitgevoerd in het stroomgebied van De Vinkenloop. Het gebruik van keukenzout als tracer zorgde voor een goed beeld van de reistijden van stoffen. Door middel van stroomsnelheden en dimensies (natte doorsnede) zijn debieten berekend (Figuur 8-1). Dit is een globale methode omdat het lastig is om in het veld natte doorsnede goed vast te stellen.

In Figuur 8-1 zijn deze debieten getoond op de kaart van het stroomgebied. Hierbij zijn ook de sensoren (125, 130 en 170) aangegeven. De pijlen geven zowel de hoogte (dikkere pijlen geven een hoger debiet aan) als de richting van het debiet aan. Het verschil tussen de maanden is goed waar te nemen in de grafiek (linksonder). Een duidelijk dalende trend is aanwezig tussen april en mei, maar voor mei en juni zit er afwisseling in. Zo zijn in mei vooral aan het einde van de watergang de debieten hoger en in juni aan het begin wat hoger waarden waargenomen. Daarnaast staan in juni de zijsloten vrijwel stil (rode pijlen). De reistijden van het water in april, mei en juni zijn 3.5, 4.5 en 6 uur respectievelijk.



Figuur 8-1 Debieten in het stroomgebied van De Vinkenloop berekend aan de hand van gemeten stroomsnelheden. De metingen zijn in 3 verschillende maanden uitgevoerd. Niet alle zijsloten zijn in het onderzoek meegenomen.

De reistijden van stoffen werden geschat door het gebruik van keukenzout als tracer. In Figuur 8-2 is een typisch voorbeeld van een zoutpiek te zien, gemeten op 11 mei 2021 in De Vinkenloop. Hierin is te zien dat er een snelle stijging van concentratie ontstaat wanneer de kop de sensor bereikt, die vervolgens afvlakt en een langere nasleep ontstaat. Deze trend was terug te zien in alle zoutpieken. Meer dispersie van zout was te zien in de zoutpieken van 170 (uitstroompunt) doordat deze pieken afgevlakt waren ten opzichte van de metingen bij sensoren verder bovenstrooms (dichter bij lozingspunt zout).



Figuur 8-2 Zoutpiek van sensor 130 op 11 mei 2021.

In Tabel 8-1 zijn de berekende reistijden te zien. De trend door de tijd laat oplopende reistijden zien wat direct te linken is aan de afnemende debieten. Het enorme verschil in reistijden tussen de maanden geeft aan hoe veranderlijk deze kunnen zijn

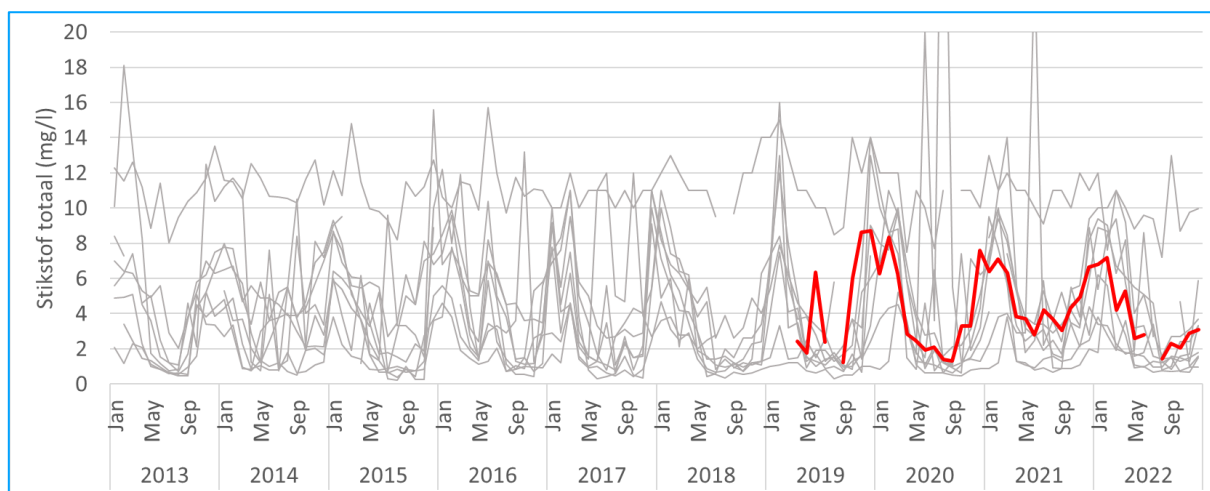
Tabel 8-1 Reistijden van de zouttracer door het stroomgebied van De Vinkenloop. *ander lozingspunt, 80 meter verder stroomafwaarts.

Klasse	Front	Piek
21 april	3 uur en 11 min	4 uur en 45 min
11 mei	3 uur en 48 min	5 uur en 11 min
7 juni*	6 uur en 24 min	9 uur en 53 min

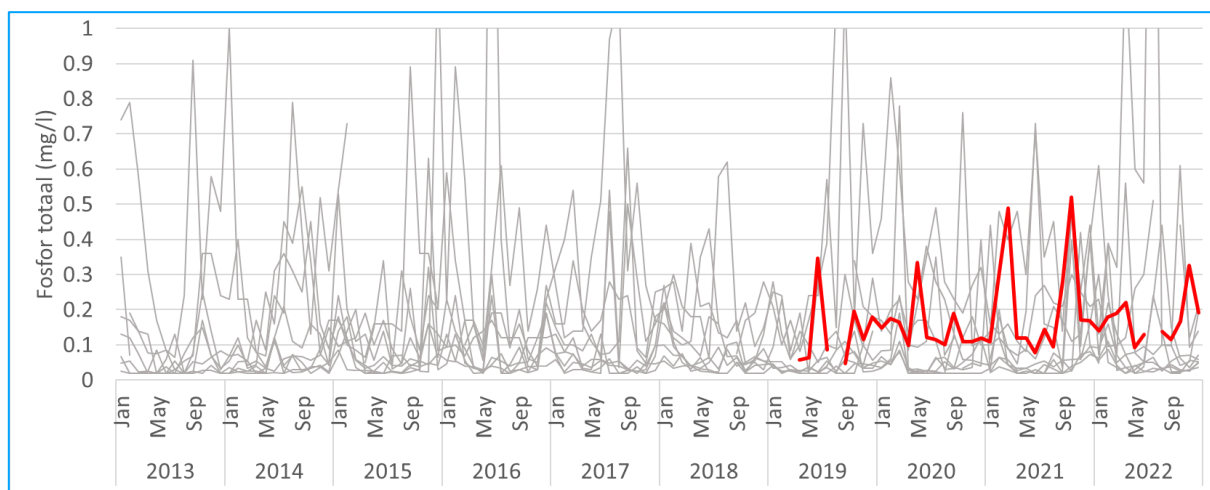
9 Vergelijking Vinkenloop met MNLSO

Om de waterkwaliteit op het gebied van nutriënten (meststoffen) in landbouw specifiek oppervlaktewater te monitoren is in 2010 door de waterschappen, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Deltares het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) opgezet. Voor het meetnet zijn bestaande meetlocaties van alle waterschappen geselecteerd, die landbouw als enige antropogene bron van nutriënten hebben. Meetpunt oVINKNL170 maakt sinds 2019 ook deel uit van dit meetnet. Bij Aa en Maas gaat het om 10 meetpunten waar jaarrond, maandelijks wordt bemonsterd.

Voor stikstof en fosfor valt het meetpunt in de Vinkenloop in het midden van de range van de MNLSO-metpunten. Het is daarmee geen uitzonderlijk meetpunt in agrarisch gebied voor het beheergebied van Aa en Maas. Wat voor de Vinkenloop wel bijzonder is dat door het stroomgebied heen een breuklijn loopt. Die heeft impact op de hydrologie, er komt relatief veel nutriënt-arme kwel het gebied in..



Figuur 9-1 metingen op de MNLSO meetpunten van waterschap Aa en Maas voor N-totaal (mg N/l), met in rood de metingen op oVINKNL170



Figuur 9-2 metingen op de MNLSO meetpunten van waterschap Aa en Maas voor P-totaal (mg P/l), met in rood de metingen op oVINKNL170

10 Conclusies & Discussie

10.1 Conclusies

In hoofdstuk 1.3 zijn de onderzoeksvragen voor de waterkwaliteit uitgewerkt. In Tabel 10-1 staan de antwoorden op de onderzoeksvragen.

Tabel 10-1 Antwoorden op de onderzoeksvragen voor de waterkwaliteit in project Sensor gestuurd Boeren

#	Onderzoeksvraag	conclusie
1	Zijn er ruimtelijke verschillen tussen de meetpunten?	Ja. Bovenstrooms is de Vinkenloop relatief arm aan nutriënten. Dit is een gebied met veel kwelwater en grasland (opmerking: lage concentratie zegt niets over de totale vracht, een lage concentratie met veel debiet zorgt nog steeds voor een hoge vracht). Stroomafwaarts in de Vinkenloop loopt de stikstofconcentratie en EGV steeds een beetje verder op. Dat is te zien aan de steekmonsters, aan de routings en de sensoren. Toenemende concentraties komen door aanvoer vanuit de zijsloten, o.a. langs de akkerbouw percelen. Voor een deel gaat het dan ook om water dat van buiten de deelnemende percelen komt.
2	Zijn er temporele patronen te zien die te relateren zijn aan het weer? (droogte, neerslag, verdamping, temperatuur, temperatuursom etc.)	Ja. Voor nitraat in de Vinkenloop is er een duidelijk patroon: de concentraties in de winter zijn hoog en in de zomer zijn ze laag. De concentraties nitraat volgen de grondwaterstand. De grondwaterstand hangt weer af van neerslagoverschot. In de zomer is er neerslag, maar ook verdamping door de gewassen. Dan vult de neerslag eerst het grondwater aan. Er is geen route voor het water (en nitraat) naar de sloot. En stikstof in de sloot wordt snel vastgelegd door biologische processen. In de winter is de verdamping er niet. Vaak is de bodem ook al nat, staat het grondwater hoger, en dan stroomt het water (met nitraat) sneller van het land naar de Vinkenloop. Omdat in de winter de biologische processen ook veel minder snel verlopen (kouder; geen groei waterplanten) blijft de stikstof ook beschikbaar in het water. Neerslagpiek in de zomer van 2021 laat een vergelijkbaar patroon zien als we in andere jaren in de winter zien: stijging grondwaterstand, toename van nitraat in de sloot. Meetwaarden lagen wel lager dan de pieken die in de winter worden gemeten, maar komen dat in de Vinkenloop in de zomer wel uit boven de KRW normen van 2,3 mg/l N. (Bodem)Temperatuur en bodemvocht zijn samen met voedingsstoffen sturend in de groei van gewassen. Daar komt bij dat het vrijkomen van mineralen uit bemesting (mineralisatie) een biologisch proces dat wordt gestuurd door temperatuur en vochtgehalte. Als het te koud of te droog is komt de mineralisatie stil te liggen (bv in de winter of in droge, warme zomers).

#	Onderzoeksvraag	conclusie
		Als het te droog is groeien de gewassen minder goed en is de opbrengst lager. Een deel van de mineralen die in het voorjaar en tijdens de teelt is gegeven zullen dan niet zijn opgenomen door het gewas of nog niet gemineraliseerd. Dat is o.a. te zien aan de hogere N-mineraalwaarden in de bodem na de teelt na droge zomers. In de winters na deze droge zomers is er dus ook meer stikstof beschikbaar in de bodem om uit te spoelen naar grond- en oppervlaktewater.
3	Zijn er ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan ondergrond?	Ja. Door het gebied heen loopt een breuklijn. Die heeft impact op de hydrologie ten westen van de breuklijn zijn de percelen natter (meer kwel) dan aan de oostkant. Dit is ook wat de grondeigenaren ervaren. De kwel komt van een paar km over de grens (vliegbasis Vredepeel) en is relatief arm aan nutriënten. Aanwezigheid van kwel alleen is niet de enige verklarende factor, dan gaat het ook om gewaskeuze (is er een veel of weinig uitspoeling gevoelig gewas dat wordt geteeld). Daarnaast speelt ook de ondergrond een rol: er zijn stukken met meer veenresten in de bodem, die zijn vaak wat natter (hogere grondwaterstanden) en hebben meer organisch stof. Dat zijn de plekken waar eerder / meer sprake is van denitrificatie, waardoor nitraat wordt omgezet in stikstofgas (N₂) dat de atmosfeer in gaat.
4	Zijn er temporele/ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan hydrologie (kwel/wegzijging)?	Ja. Zie antwoorden op vragen 2 en 3.
5	Zijn er temporele/ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan het agrarisch handelen (o.b.v. aangeleverde data boeren)?	Ja. Dit gaat met vertraging: de bemesting wordt toegepast in het voorjaar (voor de teelt) en tijdens de teelt. Het succes van de teelt in de zomer bepaald N-residu in bodem in najaar. Dat nitraat is weer beschikbaar voor uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater (vooral najaar / winter) of bij langdurende neerslag perioden. De teeltkeuze speelt ook een rol: in 2022 (droog, warm jaar) en 2023 (nat jaar) lag er heel veel graszoden en gras. Dit resulteert in beperkte uitspoeling en lagere concentraties nitraat. In jaren met meer uitspoelingsgevoelige akkerbouwgewassen en drogere jaren (bv 2020) worden hogere concentraties gemeten in de winter. Stikstof in de bodem reageert snel, is in voorjaar met uitspoeling verdwenen, elk jaar start met relatief schone lei (m.u.v. het organisch stof in de bodem dat kan mineraliseren, N leverend vermogen). Alleen bij heel intensief direct handelen (berekening t.b.v. nachtvorst & beregeningsproef op net bemeste gedraineerde percelen) is er directe relatie tussen activiteiten op land en in de Vinkenloop te zien voor nitraat.
6	Zijn er temporele/ruimtelijke patronen te zien die te relateren zijn aan overig	Ja.

#	Onderzoeksvraag	conclusie
	handelen? (bv onderhoud stuwen, maaien)	Maaien, schoon maken van duikers, open draaien van stuwen hebben allemaal (kortdurend) effect op de waterkwaliteit. Daarnaast is er soms sprake van pieken die niet samenvallen met neerslag of werkzaamheden in de watergang, die verklaard kunnen worden door verstoringen in de sensoren en/of menselijk handelen, maar exacte oorzaak is onbekend.

10.2 Discussie en aanbevelingen

10.2.1 sensoren

Het werken met sensoren in een sloot is goed mogelijk, ook zonder stroomaansluiting. Parameters als pH, T, EGV en nitraat zijn goed te meten. Monitoring met sensoren voor ammonium bleek niet mogelijk met de apparatuur die is uitgetest. Door de ijzerrijke kwel vragen de sensoren wel om veel onderhoud (bijna wekelijks).

Sensoren kunnen extra inzicht geven in het voorkomen van kortdurende pieken, die gerelateerd zijn aan oppervlakkige afstroming en mee mesten van sloten en/of weer evenementen

Ruwe sensor data zijn niet bruikbaar voor presentatie en analyses door drift, uitbijters, piekerigheid, flatlines. Data-bewerking is nodig om de sensordata geschikt te maken voor analyse en presentatie. Dat speelt meer bij een parameters als nitraat, dan bij parameters zoals T of EGV, die sensoren zijn robuuster.

Bij het werken met sensoren is het bijhouden van een goed logboek essentieel. In de praktijk is het erg lastig om alles goed bij te houden:

- onderhoud aan sensoren (lab);
- onderhoud/werkzaamheden in de watergangen (duikers schoonspoelen, stuwstanden verzetten etc.) (waterschap)
- maaibeheer (waterschap & aannemer)
- activiteiten op het land (grondeigenaren)
- weersomstandigheden

Routings (sensoren ruimtelijk inzetten) zijn een handig hulpmiddel om ruimtelijke verschillen in een gebied in kaart te brengen en een stroomgebied te leren kennen. Dit is een logische eerste stap voordat wordt overgegaan op inzetten van sensoren op vaste plekken. Routings kunnen ook helpen om deze plekken te identificeren.

Naast metingen aan de waterkwaliteit zijn metingen aan afvoeren en grondwaterstanden belangrijk, zo mogelijk nog belangrijker dan metingen aan de waterkwaliteit zelf. Dat komt omdat de hydrologie – de waterbalans- zo sterk sturend is voor transport van stoffen van het land naar het water. Een regenmeter in of vlakbij het onderzoeksgebied is daar ook zeer waardevol voor.

10.2.2 steekmonsters

Sensoren zijn goed in het real-time meten van de waterkwaliteit, inclusief kortdurende veranderingen. Met (twee)wekelijkse steekmonsters is het ook goed mogelijk om de waterkwaliteit op grote lijnen te volgen in de tijd (o.a. winter hoog, zomer laag dynamiek voor nitraat), maar kortdurende pieken worden dan gemist (speelt vooral voor P en NH₄). Een aandachtspunt voor steekmonsters in de haarvaten van systeem is dat daar in de zomer bij droge perioden sprake kan zijn van stagnant en ondiep water, waarmee niet alleen de waterkwaliteit vanuit uitspoeling in beeld gebracht wordt maar juist ook veel ruimte is voor interactie tussen water en waterbodem en biologische processen. Deze metingen kunnen een vertekend beeld geven van de waterkwaliteit.

Het individueel handelen op één perceel in één jaar is niet direct terug te zien in de metingen voor de waterkwaliteit. Daarvoor is waterkwaliteit te veel een som van alle activiteiten op een aantal percelen in het hele stroomgebied. Daarmee zijn effecten van individuele maatregelen op het land op de waterkwaliteit ook heel lastig te meten in de A-watgang.

Tijdens het onderzoek is er een grote variatie geweest in weerjaren (meteorologie) en teelten. Dat leverde een grote variatie in de kwantiteit- en kwaliteitsmetingen op. Daardoor is het belangrijk om veel meetjaren te hebben en niet voor een te korte periode te meten. Voor het bepalen van de bijdrage van individuele deelgebieden, moet ieder deelgebied apart bemonsterd worden.

Met monitoring kunnen niet alle processen uit de stikstofcyclus gekwantificeerd worden. Daarom zijn modellen nodig om de relatie te leggen tussen het handelen in het landelijk gebied en waterkwaliteit. Goede metingen aan waterkwaliteit, grondwaterstanden en afvoeren zijn essentieel voor validatie en input van de modellen.

Monitoring van de waterkwaliteit in drains is mogelijk (door te werken met een monstername vat) maar dan alleen bij voldoende debiet, en daarmee 'vers' water. Met de huidige meetopstellingen bij de drains wordt in de zomer veel gemeten in stilstaand water.

Naast monitoring in het water zijn ook de N-mineraal monsters in de bodem hele nuttige parameters gebleken om te monitoren. Deels als intermediair tussen agrarisch handelen en waterkwaliteit, deels ook voor het volgen van effecten van maatregelen.

11 Literatuur

Buijert A (2023). Analyse debietmetingen & water- en stofbalansen Sensor Gestuurd boeren. Versie 08-05-2023, Arcadis in opdracht van waterschap Aa en Maas.

Evers, C.H.E. ; Broek, A.J.M. van den ; Buskens, R. ; Leerdam, A. van ; Knoben, R.A.E. ; Herpen, F.C.J. van ; Pot, R. (2018). Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027: STOWA rapport 2018-50.

Ouwerkerk K, Rozemeijer J (2023). Optima HWQ – oogst uit de literatuur. Deltares memo. Oogst uit de literatuur - Optima-HWQ - Deltares Public Wiki

Rozema J, Dijk EJ (2021). Gebiedsomschrijving Vinkenloop. Versie 30-03-2021. Aequator in opdracht van waterschap Aa en Maas.

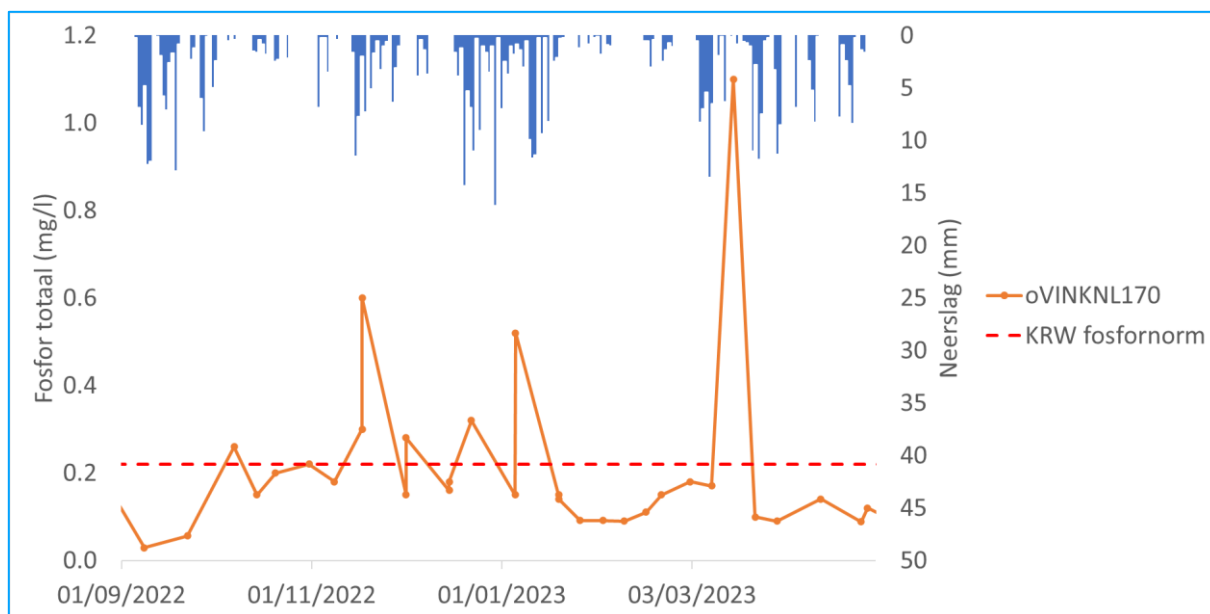
Schipper, P. N. M., Groenendijk, P., van Gerven, L. P. A., Lukacs, S., & Rozemeijer, J. (2022). Monitoring en modellering in twee pilotgebieden voor gebiedsgerichte aanpak : onderdeel KIWK-project Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout? Stowa. <https://edepot.wur.nl/571458>

Schipper, P., Groenendijk, P., et.al. – Kennisimpuls Waterkwaliteit – Monitoring en modellering nutriënten voor gebiedsgerichte aanpak – STOWA – KIWK 2022-22A Bijlage rapport (Zie ook rapport KIWK 2022-22)

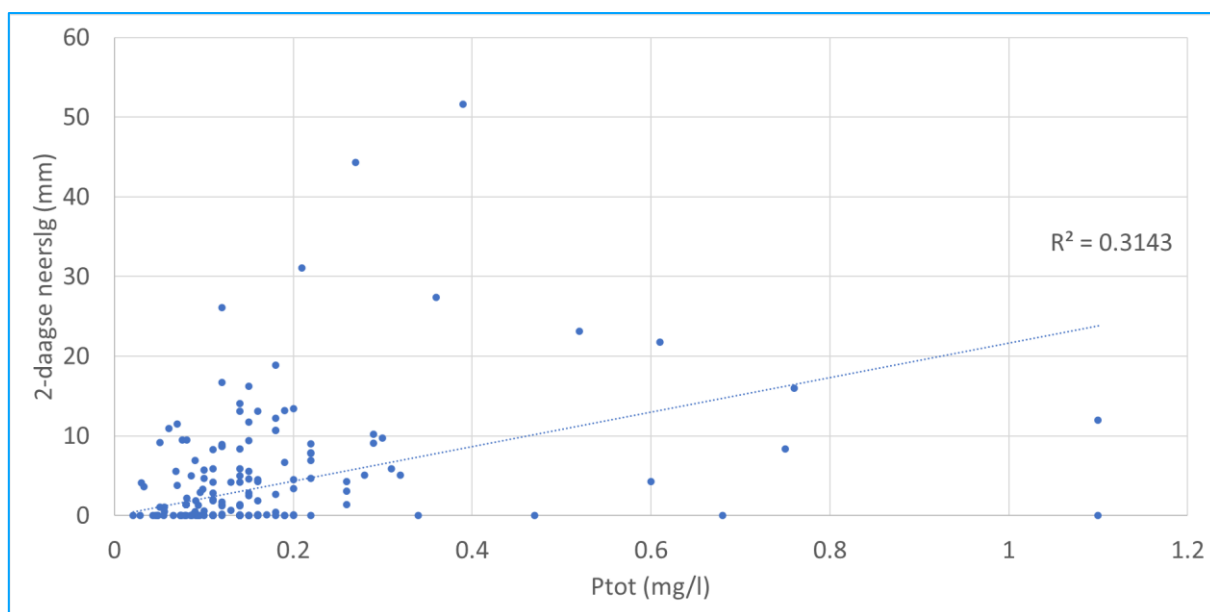
Timmermans B, van der Burgt GJ (2023). Graszodenteelt modelleren in NDICEA - Parametrisatie, interpretatie, handleiding. Louis Bolk Instituut.

Zu X. (2021). Water quality data algorithms report. Imec rapportage in opdracht van waterschap Aa en Maas

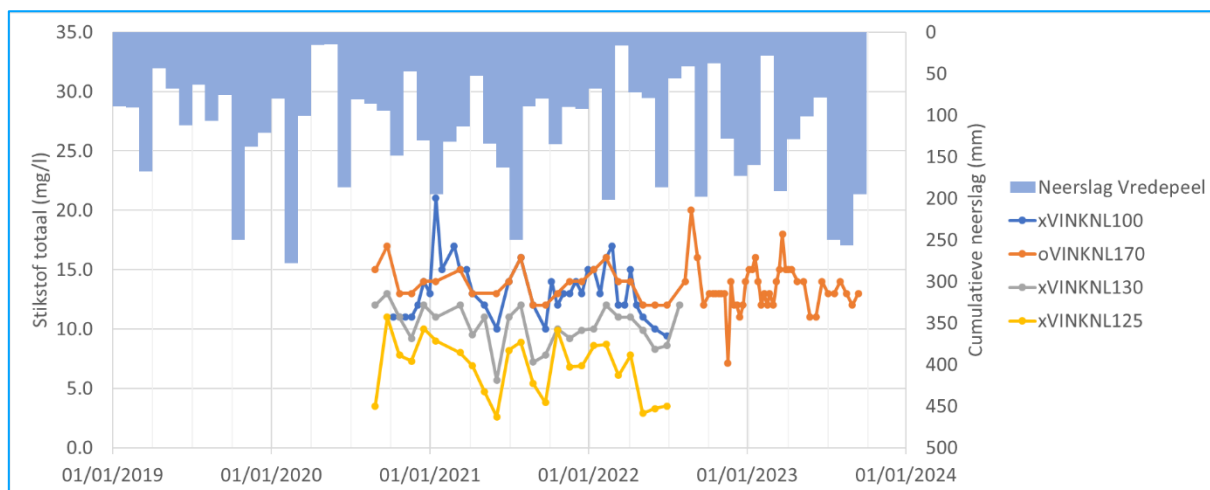
Bijlage 1: verdiepende figuren



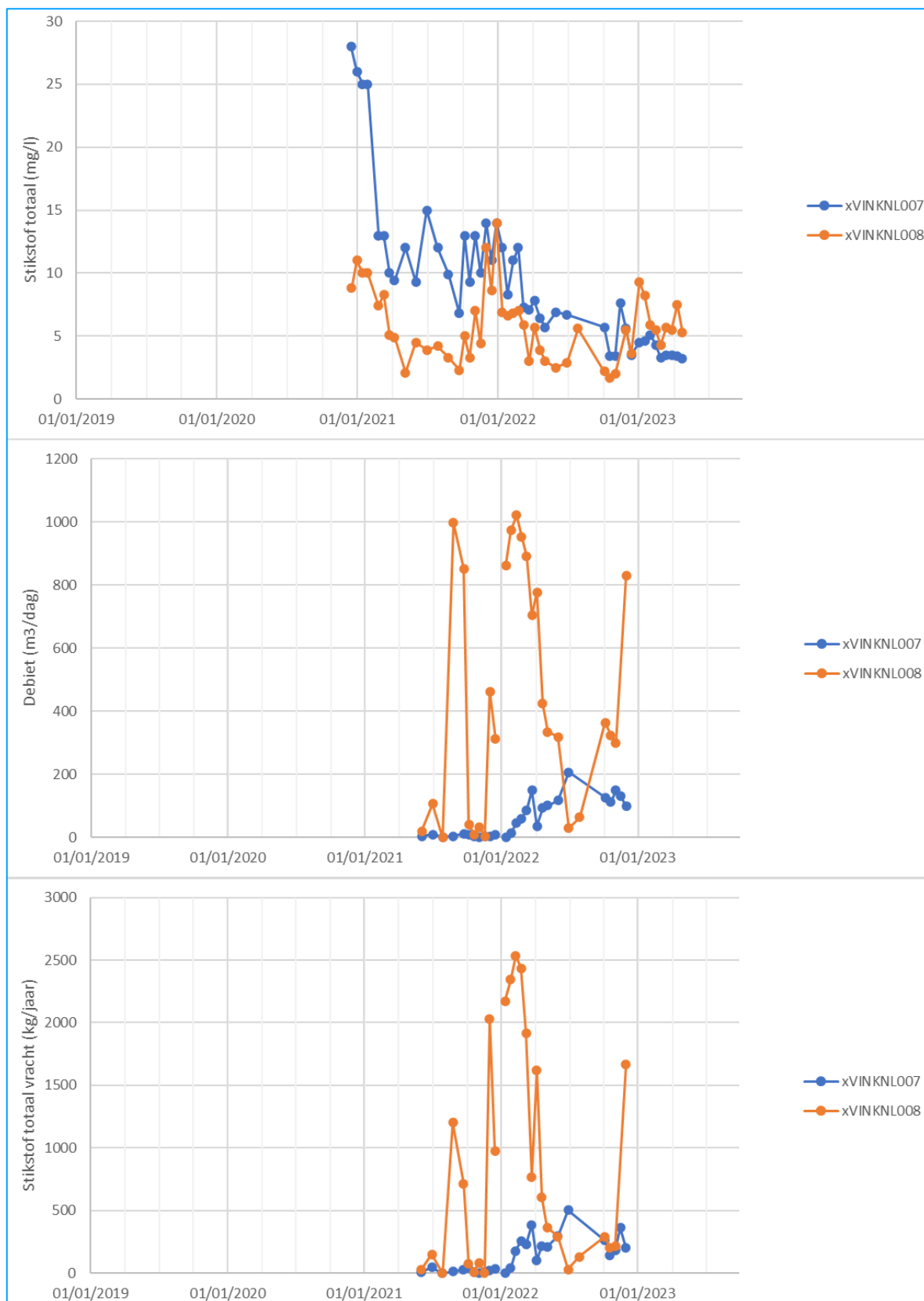
Figuur 0-1 metingen voor P-totaal (mg P/l) op het MNLSO meetpunt aan de monding van de Vinkenloop, uitgezet tegen de KRW norm en de neerslag (rechter y-as).



Figuur 0-2 metingen voor P-totaal (mg P/l) op het MNLSO meetpunt aan de monding van de Vinkenloop, uitgezet tegen de 2-daagse neerslagsom. Hoge P hoeft niet samen te hangen met veel neerslag en vice versa.



Figuur 0-3 metingen voor N-totaal (mg P/l) op de meetpunten, uitgezet tegen de maandsom voor de neerslag (rechter y-as).



Figuur 0-4: Metingen van waterkwaliteit en debieten aan de drains. De debieten bevatten een foutmarge van 8.64 m³/d. Hierdoor is er ook een foutmarge van 41 kg/jaar voor de vracht. Ook worden debieten opgevangen in bakken, waardoor de concentratie bij bijna geen debiet kan variëren via historische belasting.