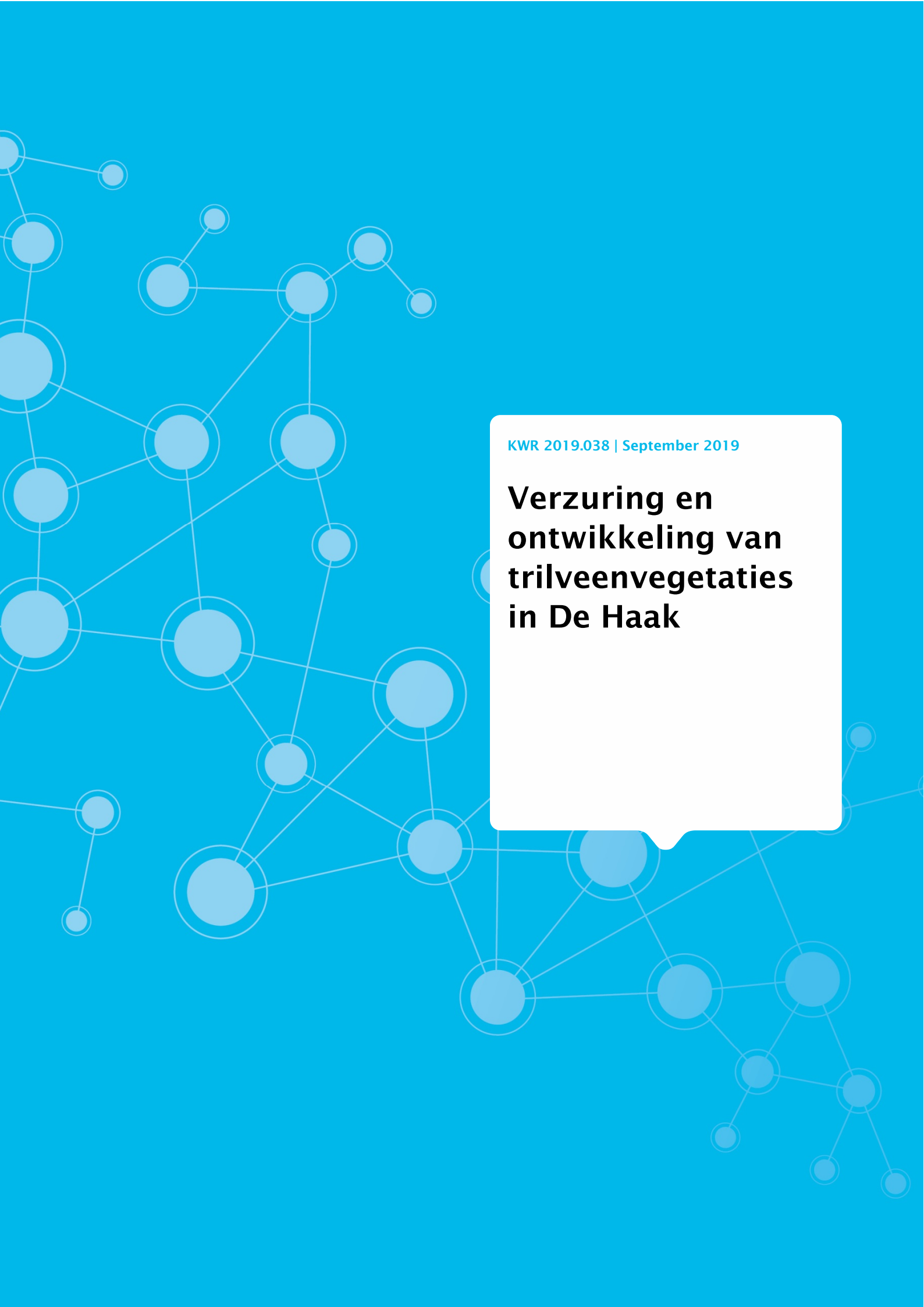




KWR 2019.038 | September 2019

Verzuring en ontwikkeling van trilveenvegetaties in De Haak

Verzuring en ontwikkeling van trilveenvegetaties in De Haak

KWR 2019.038 | September 2019

Opdrachtnummer

401964

Projectmanager

Dr. Edu Dorland

Opdrachtgever

Vereniging Natuurmonumenten

Kwaliteitsborgers

Dr. ir. Ruud Bartholomeus (KWR)
& Prof. Dr. Fons Smolders (B-WARE)

Auteurs

Dr. Sija Stofberg (KWR), dr. Gijs. van Dijk (B-WARE),
Jeroen Mandemakers MSc., dr. Casper Cusell,
Tycho Muijen BSc. (Witteveen + Bos),
dr. Annemieke Kooijman (UvA)

Verzonden aan

Martijn van Schie (Natuurmonumenten)



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

Jaar van publicatie

2019

Meer informatie

dr Sija Stofberg
T +31 30 606 9569
E Sija.Stofberg@kwrwater.nl

Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

KWR 2019.038 | September 2019 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

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

Samenvatting

De laagveenmoerassen van laag-Nederland zijn belangrijke gebieden voor het voorkomen van basenrijke trilveenvegetaties met kleine zeggen en slaapmossen (behorende tot het habitatype H7140A) en de overgangen naar zuurdere veenmosrietlanden (behorende tot het habitatype H7140B). Het areaal van goed ontwikkelde trilvenen en veenmosrietlanden is de laatste decennia echter hard achteruit gegaan. Een van de weinige locaties waar recent nog goed ontwikkelde basenrijke trilveenvegetaties voorkwamen in West-Nederland is De Haak. Deze vegetaties zijn de afgelopen jaren echter zowel kwalitatief als kwantitatief hard achteruit gegaan. Het trilveen is sinds 2010 volledig omgeslagen naar een verzuurd en door veenmossen gedomineerde vegetatie. Deze locatie is van oorsprong relatief basenrijk en soortenrijk. Om verzuring tegen te gaan is hier het afgelopen decennium actief beheer toegepast in de vorm van bevoeiing middels een molen en begreppeling. In eerste instantie leek dit een positief effect te hebben op de ontwikkeling van de trilveenvegetaties, het beheer hield lokaal natte gebufferde omstandigheden in stand. Maar gedurende de uitvoering van deze maatregelen ontstond ook algenbloei in de greppels waarna dit beheer gestopt is waardoor de trilveenvegetaties verder verzuurd zijn. Het onderzoek beschreven in dit rapport richtte zich op (1) de huidige gesteldheid en mate van verzuring van habitatype trilveenvegetaties in De Haak en (2) het verkrijgen van inzichten in kansen van herstelmaatregelen door middel van vergelijkend onderzoek in de Nieuwkoopse Plassen, waar gedeeltelijk succesvol herstel en ontwikkeling van trilveenvegetaties heeft plaatsgevonden.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat de trilveenvegetatie in De Haak nagenoeg geheel verdwenen is en de chemische en hydrologische standplaatsfactoren in het voormalige trilveen in De Haak zich hebben verslechterd: de condities zijn het afgelopen decennium zwakker gebufferd, er is minder invloed van oppervlaktewater, de condities zijn wat droger en er is een lichte stijging van de fosforconcentraties in het bodemvocht wat zorgelijk is voor een P-gelimiteerd vegetatietype als trilveen. Deze stijging van de fosforconcentratie is vermoedelijk te verklaren door een combinatie van versterkte mineralisatie na wisselende waterstanden en verdroging en door verdroging en verhoogde atmosferische stikstofdepositie veroorzaakte verzuring. Daarnaast is de atmosferische stikstofdepositie in de hele Nieuwkoopse Plassen boven de voor habitatype trilveen opgestelde kritische depositiewaarde en laten ammoniak depositiemetingen in 2018 zien dat de ammoniakdepositie in de Haak in 2018 35% hoger was in vergelijking met het centrale deel van de Nieuwkoopse plassen. Uit referentieonderzoek in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen blijkt ondanks dat ook het oppervlaktewater in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen zwak gebufferd is, er hier onder bepaalde condities nog kansen zijn voor behoud en herstel van trilveen. Uit vergelijking met referentie-onderzoek in Nederlandse trilvenen blijken de nutriëntenconcentraties niet te hoog maar met name de invloed van gebufferd (oppervlakte)water veel te laag. Alle onderzochte (voormalige) trilveenlocaties blijken voor hun basenrijkdom afhankelijk te zijn van oppervlaktewater.

De dalende fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de afgelopen jaren zijn gunstig voor instandhouding van trilvenen. Tegelijkertijd hebben juist de maatregelen welke genomen zijn om de invloed van fosforrijk water te verlagen een bijdrage

geleverd aan de daling van de calciumconcentraties (wat als maat voor de basenrijkdom en buffercapaciteit gebruikt kan worden) in het oppervlaktewater, wat een negatieve ontwikkeling voor de instandhouding van trilvenen is. Daarnaast blijkt ook de calciumconcentratie van het externe inlaatwater een dalende trend te vertonen.

Er lijken echter nog kansen te zijn voor behoud en herstel van trilvenen door middel van het vergroten van de invloed van basenrijk oppervlaktewater (dat fosfor-arm genoeg moet blijven) om hiermee processen als verzuring, verdroging en eutrofiering tegen te gaan en om de o.a. via atmosferische stikstofdepositie veroorzaakte verzuring te compenseren. In onderstaande aanbevelingen wordt aangegeven aan welke type maatregelen gedacht kan worden om het habitatype trilveen onder de huidige condities in stand te houden, te herstellen of te ontwikkelen.

Om de instandhouding en herstel van habitatype trilveen in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen mogelijk te maken zal op gebied- en perceelschaal de invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater verhoogd moeten worden om natte, gebufferde en nutriëntarme condities te realiseren. Onder de huidige condities is het oppervlaktewater in De Haak en in iets mindere mate in de Nieuwkoopse Plassen al te zwak gebufferd. De invloed van andere verzurende processen zoals verdroging en een te hoge atmosferische stikstofdepositie moeten zo laag mogelijk gehouden worden. Door middel van het slim aanleggen van greppels op korte afstand van de hoofdwatgang en lokaal kleine stukken aangrenzend aan de greppels af te pluggen zijn er ook onder de huidige condities nog kansen voor de instandhouding en ontwikkeling van trilveen en overgangen naar basenrijk veenmosrietland.

Op langere termijn zullen de (nog te herstellen en te ontwikkelen) trilvenen echter wel kwetsbare systemen blijven aangezien de kans op verzuring en eutrofiering groot blijft, zeker wanneer de mate van verdroging en de te hoge stikstofdepositie niet worden tegengegaan. Actief beheer en monitoring zullen hierom nodig zijn om duurzame instandhouding te waarborgen.

Inhoud

1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Ontwikkelingen in De Haak	8
1.3	Doel	9
1.4	Leeswijzer	9
2	Methoden	10
2.1	Waterbalansen en waterkwaliteit inlaatwater en ontwikkeling calciumconcentraties inlaatwater	10
2.2	Hydrologische invloeden binnen De Haak	10
2.3	Analyse van functioneren van De Haak: mate van verzuring en eutrofiering en kansen voor herstel	10
2.4	Onderzoekslocatie biogeochemie en vegetatie	12
3	Waterbalans en kwaliteit inlaatwater Nieuwkoopse Plassen	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Waterbalansen	18
3.3	Kwaliteit inlaatwater en berekende vrachten	20
3.4	Conclusie	23
4	Waterbalans en kwaliteit inlaatwater De Haak	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Waterbalans	27
4.3	Kwaliteit inlaatwater en berekende vrachten	30
4.4	Conclusie	32
5	Ontwikkeling van de calciumconcentraties sinds 1980	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Calciummetingen	33
6	Hydrologische invloeden	37
6.1	Grondwater- en ondergrondgegevens	37
6.2	Wegzijging	40
6.3	Dynamiek grondwater	42
6.4	Conclusie	44
7	Biogeochemie	45
7.1	Inleiding	45
7.2	Biogeochemie op standplaatsniveau	45
7.3	Invloed vanuit het oppervlaktewater, m.b.v. het EGV als indicator	49

7.4	Vergelijking van biogeochemische standplaatsfactoren met historische en landelijke referentie	52
7.5	Atmosferische stikstofdepositie	53
7.6	Conclusies	54
8	Vegetatie	56
8.1	De Haak	56
8.2	Referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen	57
8.3	Biomassa	59
8.4	Vergelijking van vegetatiesamenstelling met historische referentie	61
8.5	Conclusies	61
9	Synthese, conclusies en aanbevelingen	62
9.1	Probleemanalyse huidige toestand van trilveen in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen	62
9.2	Conclusies	64
9.3	Aanbevelingen	66
10	Referenties	69
Bijlage I		70
•	Oppervlaktewatermetingen van nutriënten en basen	70
Bijlage II		76
•	Grafieken fysisch-chemische waterkwaliteit inlaat De Haak	76
Bijlage III		78
•	Residuals bij de tijdreeksmodellen	78
Bijlage IV		81
•	EGV diepte profielen in De Haak en de drie referentielocaties	81
Bijlage V		84
•	EGV routing door De Haak en de Nieuwkoopse Plassen	84

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De laagveenmoerassen van laag-Nederland zijn belangrijke gebieden voor het voorkomen van basenrijke trilveenvegetaties met kleine zeggen en slaapmossen (behorende tot het habitatype H7140A) en de overgangen naar zuurdere veenmosrietlanden (behorende tot het habitatype H7140B). Het areaal van goed ontwikkelde trilvenen en veenmosrietlanden is de laatste decennia echter hard achteruit gegaan. Dit is erg negatief voor de landelijke instandhoudingsdoelstelling van het habitatype basenrijke trilveenvegetaties met kleine zeggen en slaapmossen en de overgangen naar zuurdere habitatype veenmosrietlanden. Een combinatie van fosfor (P) eutrofiëring, afnemende aanvoer van basen en hoge zuur- en stikstof (N) depositie heeft de vegetatiesuccessie van basenrijke trilvenen naar zuurdere vegetatietypen waarschijnlijk versneld. Er wordt momenteel in twee OBN-projecten onderzoek verricht aan de effecten van bevoeiing met basenrijk oppervlaktewater van (verzurende) trilvenen en veenmosrietlanden middels veldexperimenten in de Wieden en in het Naardermeer (respectievelijk i.o.v. VBNE [project OBN-2015-68-LZ] en Natuurmonumenten). In potentie zou aanvoer van basenrijk en nutriëntarm oppervlaktewater een effectieve beheermaatregel kunnen zijn voor het afremmen van de successie van bestaande basenrijke trilveenvegetaties naar verder verzuurde stadia. Daarnaast kan bevoeiing in potentie ook leiden tot herstel van reeds sterker verzuurde stadia naar basenrijkere stadia.

1.2 Ontwikkelingen in De Haak

Een van de weinige locaties waar recent nog goed ontwikkeld basenrijke trilveenvegetaties voorkwamen in West-Nederland is De Haak. Deze vegetaties zijn de afgelopen jaren echter zowel kwalitatief als kwantitatief hard achteruit gegaan. Het trilveen is in de afgelopen jaren (sinds 2010) volledig omgeslagen naar een verzuurd en door veenmossen gedomineerde vegetatie. Deze locatie is van oorsprong relatief basenrijk. Om verzuring tegen te gaan is hier het afgelopen decennium actief beheer toegepast in de vorm van bevoeiing middels een molen. In eerste instantie leek dit een positief effect te hebben op de ontwikkeling van de trilveenvegetaties, maar op langere termijn heeft dit de verzuring en omslag naar een door veenmossen gedomineerde vegetatie niet tegen kunnen gaan. Tevens is er in 2015 een greppel aangelegd, welke de hiervoor reeds ingezette achteruitgang van de trilveenvegetaties ook niet lijkt te stoppen. Ook is uit veldwaarnemingen gebleken dat er op locatie sprake is van algengroei, wat duidt op mogelijke eutrofiering. De negatieve ontwikkelingen in De Haak staan in contrast tot de ontwikkelingen in het centrale gedeelte van de Nieuwkoopse Plassen. Op enkele locaties in het Nieuwkoopse Plassengebied blijken beheermaatregelen als bevoeien en begreppelen meer succesvol om de successie naar zuurdere successiestadia af te remmen en zelfs de ontwikkeling van nieuwe trilveenvegetaties mogelijk te maken.

Voor het behoud van basenrijke trilveenvegetaties met kleine zeggen en slaapmossen (behorende tot het habitatype H7140A) en de overgangen naar zuurdere veenmosrietlanden (behorende tot het habitatype H7140B) in de Nieuwkoopse Plassen, en het toekomstige beheer van deze habitattypen in zowel De Haak als het centrale gedeelte van de Nieuwkoopse Plassen, is het van belang om te weten welke factor(en)

in De Haak er toe hebben geleid dat de ecologische ontwikkeling belemmerd wordt. Tevens is het van belang om te bepalen welke kansen er zijn voor herstel.

1.3 Doel

Dit onderzoek richt zich op (1) de huidige gesteldheid en mate van verzuring van habitattypen trilveen in De Haak en (2) het verkrijgen van inzichten in kansen van herstelmaatregelen door middel van vergelijkend onderzoek in de Nieuwkoopse Plassen, waar gedeeltelijk succesvol herstel en ontwikkeling van trilveenvegetaties heeft plaatsgevonden.

Hypothesen

Uit oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen van het hoogheemraadschap blijken geen (grote) veranderingen te hebben plaatsgevonden tijdens de afgelopen jaren. Wel hebben er enkele aanpassingen plaatsgevonden aan de hydrologische situatie, waardoor De Haak geïsoleerder is geraakt van het inlaatpunt. De verwachting is dat de nutriëntenaanvoer hierdoor lager is geworden, maar dit kan ook betekenen dat er minder basische kationen worden aangevoerd. Gebrek aan basenaanvoer kan hiermee een mogelijke reden zijn voor verzuring. Een andere mogelijkheid is dat een verhoogde stikstofdepositie vanuit nabijgelegen landbouwgebieden tot een versterkte verzuring leidt. De startende verzuring leidt mogelijk tot extra P-mobilisatie in de veenbodems en tot de ontwikkeling van veenmossen, die vervolgens hun milieu verder kunnen verzuren.

1.4 Leeswijzer

Na een beschrijving van de methoden (Hoofdstuk 2), worden achtereenvolgens resultaten gepresenteerd omtrent de waterbalans en de kwaliteit van het oppervlaktewater, de lokale hydrologie, de biogeochemie en de vegetatie. Op basis van de resultaten worden in Hoofdstuk 9 conclusies getrokken en aanbevelingen gepresenteerd.

2 Methoden

2.1 Waterbalansen en waterkwaliteit inlaatwater en ontwikkeling calciumconcentraties inlaatwater

Allereerst zijn water- en stofbalansen opgesteld voor het 'centrale petgatengebied' (circa 100 ha groot) in de Nieuwkoopse Plassen en voor De Haak (circa 80 ha groot). Met de balansen is onderzocht wat het effect is geweest van enkele hydrologische ingrepen die in de achterliggende jaren zijn uitgevoerd. De focus ligt op de aanvoer van nutriënten (N en P; voor de ontwikkeling van trilvenen zijn lage concentraties van deze stoffen nodig) en op de aanvoer van basen, met name calcium (Ca) (trilvenen komen bij pH's van 5,5 - 8 voor, waarbij in de Nederlandse condities met vrij hoge atmosferische deposities voldoende aanvoer van basen van groot belang is).

Voor het centrale petgatengebied van de Nieuwkoopse Plassen en De Haak is het effect van twee hydrologische veranderingen (en van autonome ontwikkelingen in de waterkwaliteit van het aanvoerwater) op de aanvoer van nutriënten en basen berekend met behulp van een waterbalans. Verder wordt ingegaan op de ontwikkeling van de calciumconcentraties in de Oude Rijn (van waaruit water aangevoerd wordt) en in de plassen zelf sinds 1980.

De beschikbare oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens van de aanvoerroutes naar de verschillende onderzoeklocaties in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen zijn opgevraagd bij het Hoogheemraadschap Rijnland en bij het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en nader geanalyseerd met een focus op basische kationen en nutriënten voor de periode vanaf het jaar 2000.

2.2 Hydrologische invloeden binnen De Haak

De aanwezige meetgegevens van grondwaterstanden in peilbuizen in De Haak zijn opgevraagd en geanalyseerd middels tijdreeksanalyse middels de software Menyanthes (Von Asmuth et al., 2012). In de analyses is de focus gelegd op eventuele veranderingen in de grondwaterdynamiek, de wegzijging en de interactie met het oppervlaktewater in de afgelopen jaren.

2.3 Analyse van functioneren van De Haak: mate van verzuring en eutrofiering en kansen voor herstel

Om inzicht te krijgen in het functioneren van de (voormalige) trilveenvegetatie in De Haak en de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen zijn er metingen verricht van de biogeochemische samenstelling van het bodemvocht, oppervlaktewater en de bodem, is de vegetatiesamenstelling bepaald. Deze metingen zijn in De Haak zelf (op drie locaties) verricht en zijn op (drie) referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen verricht, waar nog trilveen aanwezig is ofwel succesvol herstelbeheer heeft plaatsgevonden. De onderzoeklocaties zijn gezamenlijk met Natuurmonumenten geselecteerd tijdens een veldbezoek (zie paragraaf 2.4 met onderzoekslocaties).

In totaal zijn er op zes locaties (drie locaties in De Haak (in gradiënt van de oever het land op) en drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen) analyses verricht. Per locatie zijn de onderstaande analyses verricht.

- Een chemische analyse van het oppervlaktewater direct aangrenzend aan de onderzoekslocatie (nutriënten en basen, zie Tabel 2-1 voor details)
- Chemische analyses van het poriewater in de bodem (bemonsterd met keramische cups) in wortelzone (10 cm -mv) en op 50 cm -mv (of indien de kragge dunner is onderin de kragge). Deze analyses geven een goed inzicht in de beschikbaarheid van basen, nutriënten en mogelijk toxicanten (zie Tabel 2-1 voor details)
- Er zijn bodemonsters van de bodemtoplaag genomen ten behoeve van de beschrijving van de geochemische situatie (zie Tabel 2-2 voor details).

De oppervlaktewater- en bodemporiewateranalyses zijn tweemaal verricht, namelijk één keer na een natte periode (winter, voorjaar of herfst) en één keer na een droge periode (zomer). De bodemonsters en vegetatiemonsters zijn éénmalig verzameld (de vegetatiemonsters aan het einde van het groeiseizoen).

Tabellen 2-1 en 2-2 geven de variabelen die in het veld en in de water- en bodemonsters geanalyseerd zijn. Hiermee kan de reactie en beschikbaarheid van de basenchemie, redoxchemie en de nutriënten worden bepaald. De variabelen DOC en TIC kunnen worden gebruikt om de afbraaksnelheid van organisch materiaal in te schatten. Tabel 2-2 geeft een overzicht van de gemeten bodemchemische variabelen, die inzicht geven in de basen- en nutriëntenhuishouding van de bodems.

Tabel 2-1. Overzicht van de gemeten chemische variabelen in oppervlaktewater- en porievochtmonsters. Analyses zijn uitgevoerd in het laboratorium van B-Ware.

Variabele	Meetmethode
pH	pH electrode
EGV	EGV electrode
Totaalanalysen van: Al, Cl, Fe, Ca, K, Mg, Na, Mn, P, S, Si, Sr, Zn	ICP
K ⁺ , Na ⁺	Vlamfotometrisch met auto-analyzer voor watermonsters
Cl ⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ²⁻	Colorimetrisch met auto-analyzer
CO ₂ , CO ₃ ²⁻ , en HCO ₃ ⁻ (TIC)	Bepaling TIC met infraroodsensor: berekening CO ₂ , CO ₃ ²⁻ en HCO ₃ ⁻ uit TIC en pH
Vrije sulfiden en CH ₄	Gemeten in headspace met gaschromatograaf

Tabel 2-2. Overzicht van de gemeten fysische en bodemchemische variabelen van de bodemonsters. Analyses zijn uitgevoerd in het laboratorium van B-Ware.

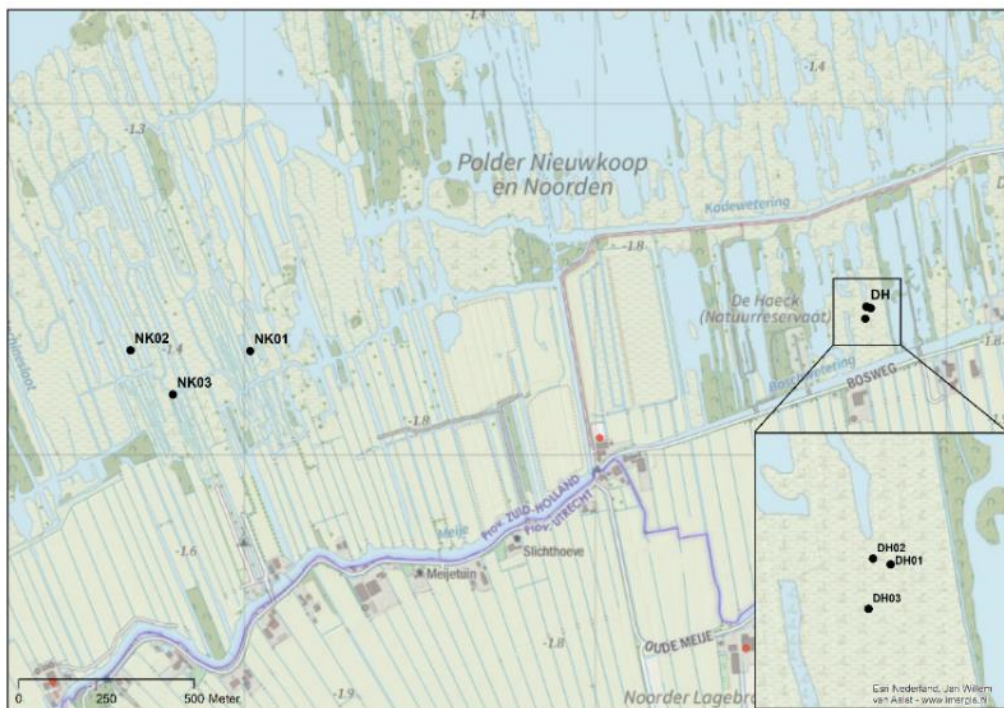
Parameters	Meetmethode
Bulk density (BD)	Volume monster 10*10*10 cm gravimetrisch
Organisch stofgehalte (OM _{550-4h})	Thermogravimetrisch (4 uur gloeien bij 550°C)
N-totaal, C-totaal	Pyrolyse met CN-analyser
Totaalanalysen van: Al, Cl, Fe, Ca, K, Mg, Na, Mn, P, S, Si, Sr, Zn	Destructie met salpeterzuur en waterstofperoxide, analyse elementen met ICP
In 1M KCl-extract: pH, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Bepaling in 1M KCl waterextract met ICP op vers monster
in SrCl ₂ -extract: Al, Ca, Fe, Mg, Mn, NH ₄ ⁺ , H, K, Na	Extractie met 0.1 M SrCl ₂ op vers monster Bepaling elementen met ICP; NH ₄ -bepaling colorimetrisch met auto-analyzer.

Naast de biogeochemische analyses zijn ook de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Op alle onderzoeksplots zijn in het groeiseizoen vegetatieopnamen verricht in een 2x2 m plot volgens de Braun-Blanquet methode, waarin zowel hogere planten als mossen beschreven worden. Tevens is van elke onderzoekslocatie tijdens het groeiseizoen een bepaling van de peak standing crop (biomassa vegetatie op vast oppervlak) gedaan. Het hieruit voortkomende monster van de hogere planten is gedroogd en geanalyseerd. Deze gegevens zijn gebruikt om een inschatting te krijgen van mogelijk nutriëntlimitatie van de aanwezige vegetatie (hierbij moet gedacht worden aan stikstof, fosfor en kalium).
- Om inzicht te krijgen in het geohydrologisch functioneren van de onderzoekslocaties is op elke locatie met behulp van prikstokmetingen een diepteprofiel opgesteld van het EGV en de temperatuur.
- Ook zijn op enkele momenten EGV routings door het gebied gedaan, waarbij vanaf een bootje op vele locaties het EGV is gemeten. Ondanks dat het EGV een grove maat is voor de basenrijkdom, kan toch meer inzicht worden verkregen in het transport van basen door het gebied.

2.4 Onderzoekslocatie biogeochemie en vegetatie

In Figuur 2-1 is een overzichtskaart weergegeven met de locatie in De Haak en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen



Figuur 2-1. Overzichtskartaal met de locatie in de De Haak (DH) en de drie referentielocaties in het centrale deel van de Nieuwkoopse plassen (NK 01 – NK03)

De drie locaties in De Haak betreffen drie locaties in het gebied waar voorheen goed ontwikkeld trilveen aanwezig was (zie Figuur 2.1). Ondanks dat hier in het recente verleden (2011) nog goed ontwikkeld trilveen waren, waren er al wel tekenen dat zowel het oppervlak als wel de kwaliteit achteruit liepen (mond. med. Martijn van Schie (NM)). Om deze achteruitgang tegen te gaan is besloten actief te bevoelen met nabijgelegen basenrijk oppervlaktewater. Deze periode van bevoeling heeft twee jaar geduurd (2015-2016) waarna de bevoeling gestopt is. Doordat de bevoelingspomp niet continu naar behoren functioneerde is er niet constant bevoeld gedurende deze periode. De achteruitgang van het trilveen in De Haak bleef echter voortschrijden gedurende de bevoeling. Op plekken waar langduriger inundatie plaatsvond hield het trilveen zich nog het best in stand. De greppels zijn in 2017 omgeslagen van helder ogenschijnlijk mesotroof water, naar water met algendominantie. Nadat de bevoeling is gestopt is de toestand van het perceel snel omgeslagen naar een zuurdere en soortenarmere vegetatie, bevoeling is niet hervat vanwege het waterkwaliteit in de greppels. Het oppervlak aan goed ontwikkeld trilveen is sindsdien sterk afgenomen en zijn hier de voor het habitatype trilvenen kenmerkende soorten nagenoeg geheel verdwenen.

Referentielocaties in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen

De drie referentielocaties in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen zijn geselecteerd vanwege het voorkomen van rood schorpioenmos. De drie locaties verschillen onderling echter sterk en hebben een andere ontstaansgeschiedenis.

NK01 betreft een locatie waar van oorsprong een zone met trilveenvegetatie voorkomt. De zone met trilveen is hier momenteel begrensd in een langgerekte zone in de greppel. Deze greppel is vermoedelijk in 2015-2016 aangelegd t.b.v. het aanwezige trilveen.

NK02 betreft de meest recente locaties, hier is in 2017 geplagd en is een greppel aangelegd. Ook hier zijn na de beheeringreep plukjes rood schorpioenmos aangebracht. Deze locatie is wel meegenomen in de huidige studie als referentielocatie, maar hierbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat zich hier nog geen kwalitatief goede trilveenvegetatie heeft kunnen ontwikkelen. De locatie is echter wel meegenomen omdat een van de ingebrachte plukjes rood schorpioenmos zich heeft kunnen handhaven.

NK03 betreft een zone met trilveenvegetatie in een (deels verlande) greppel en in een zone langs de greppel waar tevens geplagd is. Direct na de beheeringreep is hier rood schorpioenmos ingebracht wat zich hier heeft kunnen ontwikkelen tot een trilveenvegetatie.

3 Waterbalans en kwaliteit inlaatwater Nieuwkoopse Plassen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de water- en stofstromen van het zogenaamde ‘centrale petgatengebied’ binnen de Nieuwkoopse Plassen onderzocht. Een globale beschouwing van de oppervlaktewaterkwaliteit is opgenomen in Bijlage I.

Figuur 3-1 toont de ligging van dit gebied, dat grofweg 100 ha beslaat. Het gebied staat volledig in open verbinding met de plassen en heeft (dus) hetzelfde peil. In de laatste jaren zijn hier verschillende nieuwe petgaten gegraven. Hierdoor is het totale wateroppervlak binnen deze 100 ha toegenomen van 5 ha in het verleden naar 15 ha nu. Gedurende deze periode is tevens op een aantal locaties de trilveenontwikkeling verbeterd. Middels het opstellen van de waterbalans is onderzocht wat de effecten zijn van de toename aan open water (van 5 naar 15 ha) op de benodigde ‘wateraanvulling’ van het centrale petgatengebied, waarbij ook is onderzocht of dit mede een verklaring is voor de positieve ontwikkeling van de trilvenen in dit gebied.

Met de benodigde ‘wateraanvulling’ bedoelen we de hoeveelheid water (m^3/d) die via de waterinlaat het centrale petgatengebied instroomt om daar het streefpeil te handhaven. De rode pijltjes in Figuur 3-1 geven deze waterstroming globaal weer. Deze inlaat is verantwoordelijk voor de aanvoer van stoffen, zoals fosfor en calcium, het gebied in. Een verandering in de benodigde inlaat heeft dus ook direct gevolgen voor de ingaande vracht (g/d) van deze stoffen.

Daarnaast zijn in de achterliggende jaren zowel de Meije als het agrarisch gebied direct ten zuiden van de plassen, de Meijegraslanden, afgekoppeld van het natuurgebied (de doorgekruiste rode pijlen in het kaartje). Dit heeft mogelijk gevolgen voor de kwaliteit van het inlaatwater dat het centrale petgatengebied instroomt. Daarom is ook onderzocht wat de effecten van deze afkoppelingen zijn op de vrachten van fosfor (P), calcium (Ca) en sulfaat (SO_4).

Tijdens een veldbezoek in juli 2018 lagen alle petgaten in dit gebied in principe in open verbinding met de plassen. Tijdens dit veldbezoek (met op dat moment in Nederland een neerslagtekort van ruim 230 mm) zagen we nergens tekenen van een uitgezakt peil: naar deze petgaten kan dus prima water worden aangevoerd. Verder viel op dat de kraggen langs de randen van het open water nog (zeer) drassig waren. Echter verder bij het oppervlaktewater vandaan waren wel duidelijk sporen van de droogte te zien (geen drassige grond en vergeeld riet).



Figuur 3-1. Kaart van het onderzoeksgebied in en nabij het 'centrale petgatengebied'. Rood omkaderd het 'centrale petgatengebied' van circa 100 ha. De rode pijlen geven heel globaal de waterstroming aan die het gebied inkomt. De doorgekruiste pijlen, bij de waterstromen vanuit de Meije en Meijegraslanden richting het centrale petgatengebied, treden door recente hydrologische maatregelen niet langer op. De blauw omcirkelde waterkwaliteitsmeetpunten zijn in deze studie gebruikt.

Om de situaties te kunnen vergelijken zijn twee scenario's geformuleerd:

- Voormalige situatie: 5 ha open water in het centrale petgatengebied. Het inlaatwater bestaat voor een deel uit water uit de Nieuwkoopse Plassen (hiervoor is het waterkwaliteitsmeetpunt in de Noordeinderplas gebruikt; ROP09412) en voor een deel uit water uit de Meijegraslanden en uit de Meije zelf (hiervoor is de waterkwaliteit in de Meije op meetlocatie ROP09436 als representatief aangehouden). De verdeling tussen beide bronnen is niet bekend. De grove aanname is gedaan, dat de verdeling van beide bronnen 50/50 is. Aanvullend is het scenario ook doorgerekend met een verdeling van 90/10 (respectievelijk Noordeinderplas/Meije);
- Huidige situatie: 15 ha open water in het centrale petgatengebied. Het inlaatwater bestaat volledig uit water uit de Nieuwkoopse Plassen (hiervoor is het waterkwaliteitsmeetpunt in de Noordeinderplas gebruikt; ROP09412. Het meetpunt in de aanvoersloot ten het zuidwesten van het centrale petgatengebied, ROP0945, bevat namelijk geen recente data). Door de afkoppeling van de Meijegraslanden én het 'afdammen' van de Meije vlak voor deze in noordelijke richting de plassen instroomt, heeft de waterkwaliteit van de Meije in dit scenario geen invloed meer.

Beide scenario's zijn doorgerekend door er een waterbalans voor op te stellen; de ingaande vrachten zijn vervolgens berekend door de berekende inlaat uit de waterbalans te vermenigvuldigen met de gemeten concentraties op de waterkwaliteitsmeetpunten. Er is gebruik gemaakt van een eenvoudig 'bakjesmodel',

waar feitelijk een waterbalans wordt bijgehouden voor enerzijds het 'landbakje' (de kraggen en andere onverharde percelen) en anderzijds het 'waterbakje' (al het open water)¹. De balans werkt op dagbasis en is opgesteld met de neerslag- en verdampingsgegevens uit de periode 2000 tot 2018. Beide scenario's zijn voor deze volledige meteorologische periode doorgerekend. Tabel 3-1 geeft de belangrijkste uitgangspunten en informatiebronnen weer voor de opgestelde waterbalans.

Tabel 3-1. Uitgangspunten voor opstellen waterbalansen centrale petgatengebied

Parameter	Eenheid	Uitgangspunt
oppervlakte verhard	ha	nihil
oppervlakte onverhard	ha	95 (scenario 1)
		85 (scenario 2)
oppervlakte water	ha	5 (scenario 1)
		15 (scenario 2)
oppervlakte totaal	ha	100
Peilmarge	+/- m	0,03
drooglegging (gemiddelde hoogte mv t.o.v. streeppeil)	m	0,1
neerslag	mm/d	reeks op dagbasis van januari 2000 t/m 2017 (KNMI neerslagstation Zegveld)
(referentiegewas)verdamping	mm/d	reeks op dagbasis van 2000 t/m 2017 (KNMI-weerstation Schiphol)
kwel (+) of wegzijging (-)* ¹	mm/d	-0,75
reactiefactor uitspoeling* ²	d ⁻¹	0,05
reactiefactor intrek	d ⁻¹	0,05

¹. De exacte wegzijging is moeilijk te bepalen. Bruce Michielsen, Hoogheemraadschap van Rijnland, gaf aan dat waarden genoemd worden variërend van -0,25 tot -1,75 mm/d. Op zijn aangeven is uit gegaan van -0,75 mm/d als gemiddelde waarde voor het hele gebied (persoonlijke mededeling B. Michielsen 16-8-2018).

². De reactiefactor (d⁻¹) zegt iets over de mate van vertraging van de uitspoeling van perceelswater (grondwater in de percelen) naar het oppervlaktewater (en bij intrek; over de mate van vertraging van intrek van het oppervlaktewater naar het perceelswater). Hoe hoger de factor, des te sneller reageert de grondwaterstand op het oppervlaktewaterpeil. De gehanteerde reactiefactoren passen we vaker toe in soortgelijke gebieden en betekenen een vrij grote vertraging. NB: de grondwaterstand die in de balans berekend wordt, is behoorlijk gevoelig voor de waarde voor de reactiefactoren. De benodigde waterinlaat het gebied in is echter niet erg gevoelig voor de waarde van deze factoren. Voor het doel van deze studie is de exacte instelling van deze factoren dus niet erg bepalend. Voor een nauwkeuriger modellering van het verloop van de grondwaterstand in de kraggen zou deze factor gekalibreerd moeten worden, bijvoorbeeld op basis van peilmetingen. Dat ligt echter buiten de scope van deze studie.

¹ Voor meer informatie over deze waterbalans verwijzen we naar de website van de STOWA. Hier is de Exceltool voor de waterbalans te downloaden. Ook is hier een e-learning te vinden om de waterbalans en de onderliggende concepten te verkennen. <https://www.stowa.nl/waterbalans>

3.2 Waterbalansen

Scenario 1: 5 ha open water

In de waterbalans wordt een forse inlaat berekend ('inlaat peilbeheer', rood in Figuur 3-2, bovenste grafiek). Deze inlaat is nodig om de verdamping en wegzijging vanuit het open water te compenseren, maar vooral ook om de 'intrek' de percelen in (laterale en opwaartse stroming vanuit het oppervlaktewater naar de drijvende of vaste kraggen en legakkers) te compenseren. In de drogere zomers van 2003, 2009 en 2013 is de inlaat duidelijk meer dan in de meeste andere zomers. Per jaar stroomt gemiddeld 185.000 m³ water het centrale petgatengebied in om dit op peil te houden (in 2003 was dit bijna dubbel zo veel).. In de winter is er vooral sprake van uitspoeling (vanuit de percelen naar het oppervlaktewater) en (oppervlakkige) afstroming vanaf de percelen naar het oppervlaktewater: de waterstroming is dan vooral het gebied uit (vanuit het centrale gebied naar de rest van de plassen).

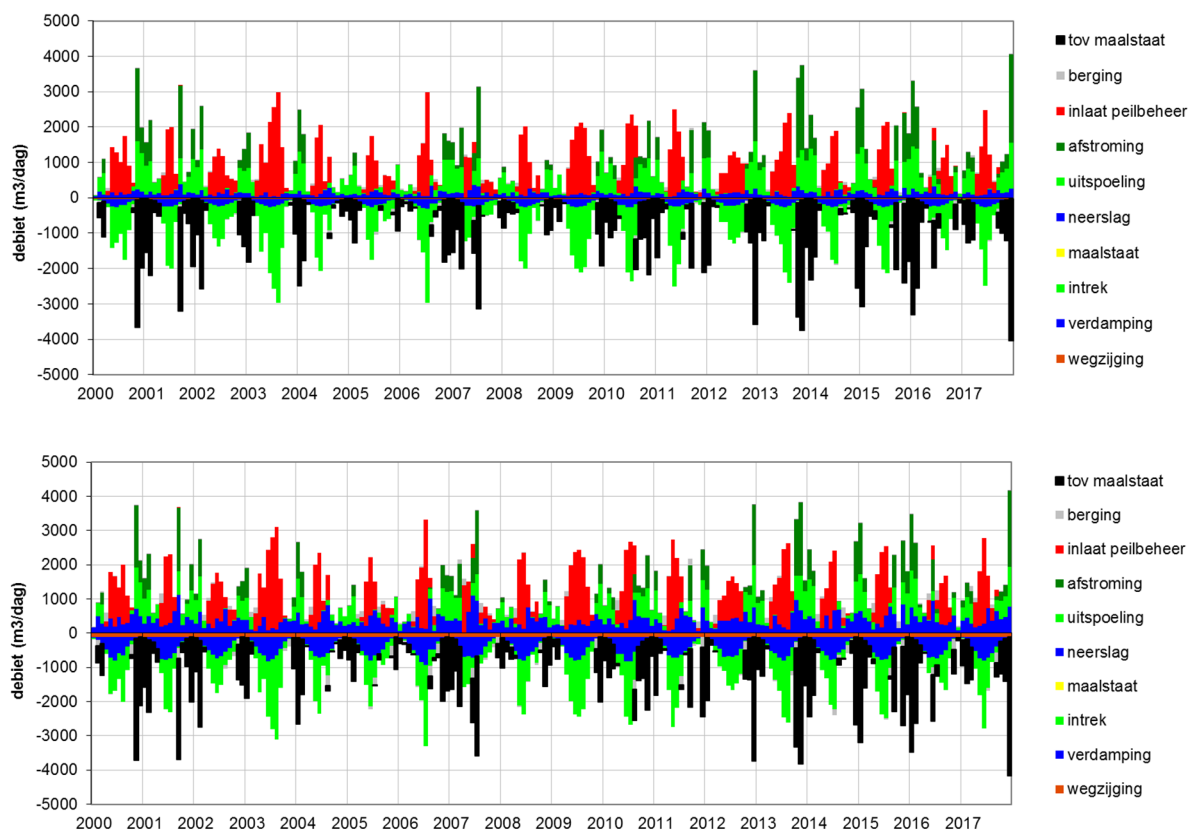
De fractieverdeling toont de samenstelling van oppervlaktewater in het centrale petgatengebied door de tijd (bovenste grafiek in Figuur 3-3). In de zomer neemt de fractie inlaatwater vaak toe tot meer dan 90 %. Dit betekent dat vrijwel al het open water in het gebied op dat moment uit ingelaten water bestaat. In droge zomers is dit langer het geval dan in nattere zomers (vergelijk de 'breedte' van het rode vlak in de zomer van respectievelijk 2009 en 2010). Gedurende het najaar neemt de fractie inlaatwater sterk af als gevolg van de uitspoeling en afstroming. In de meeste winters verdwijnt uiteindelijk al het inlaatwater uit het oppervlaktewatersysteem.

Scenario 2: 15 ha open water

In de huidige situatie, met vijftien ha open water in plaats van vijf ha, zien we een geringe verandering in de waterbalans van het oppervlaktewatersysteem (onderste grafiek in Figuur 3-2). De hoeveelheid m³ neerslag direct op het open water verdrievoudigt. De uitspoeling en afstroming van de percelen neemt juist af. De benodigde inlaat voor peilbeheer neemt met bijna 10 % toe tot gemiddeld ruim 198.000 m³/jaar (goed voor een waterschijf op de 15 ha water van 1320 mm). Ook in de fractieverdeling is een verandering zichtbaar: de fractie inlaatwater neemt zelden toe tot boven de 80 %, maar blijft in de winter wel langer hangen en blijft dan 10 tot 20 % aandeel van het oppervlaktewater.

Toename inlaat bij meer open water

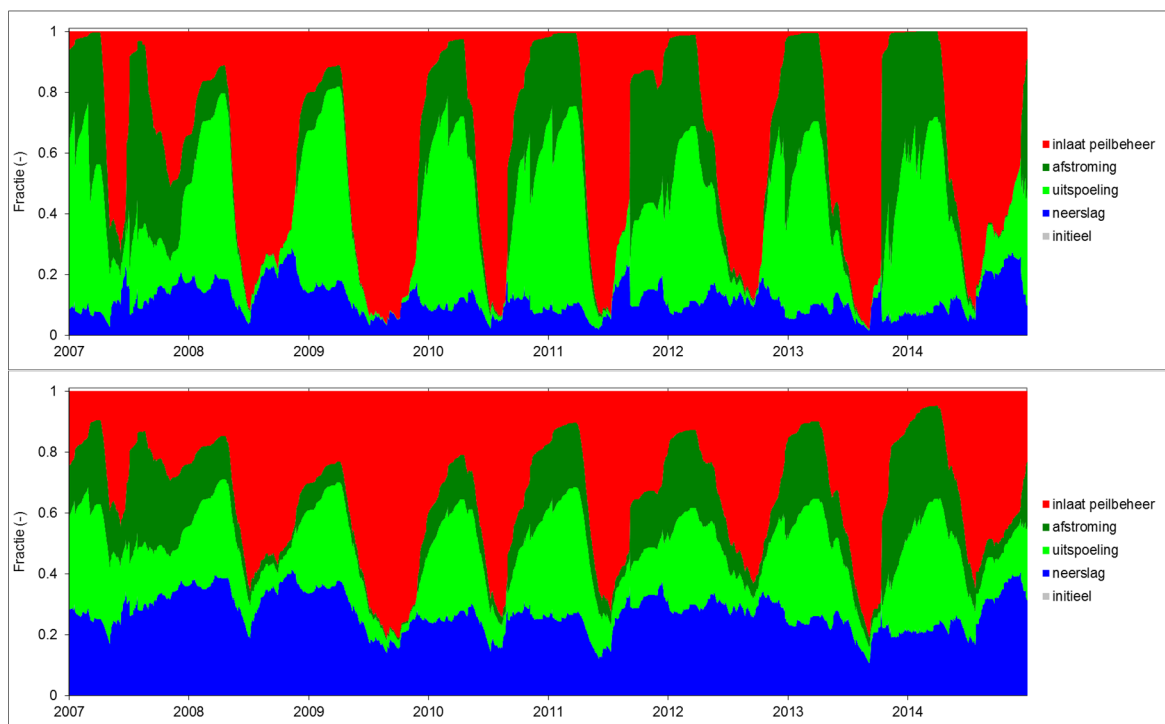
Als gevolg van een 10 ha groter wateroppervlak wordt in de waterbalans meer inlaat berekend: per jaar 15.000 m³ extra, ofwel een toename van bijna 10 %. De grotere watervraag is het gevolg van een grotere verdamping vanuit het gebied. In de waterbalans wordt aangenomen dat de verdamping vanaf land onder droge omstandigheden (in de zomer, wanneer het grondwaterpeil uitzakt) geringer is dan de verdamping vanaf open water).



Figuur 3-2. De maandgemiddelde waterbalans met alle in- en uitgaande waterstromen van het centrale petgatengebied zoals opgesteld met de waterbalanstool. Boven: voor het scenario met 5 ha water. Onder: waterbalans bij 15 ha water (huidige situatie). De termen van de waterbalans zijn toegelicht in Tabel 3-2. Wegzijing is in de bovenste afbeelding zo klein dat het niet zichtbaar is.

Tabel 3-2. Toelichting op de termen van de waterbalans.

Term waterbalans	Toelichting
Tov maalstaat	Sluitfout t.o.v. de maalstaat. Indien maalstaat niet beschikbaar is, is dit gelijk aan de berekende uitlaat
Berging	Peilveranderingen oppervlaktewater en grondwater
Inlaat peilbeheer	Inlaat boezemwater om streefpeil te behouden
Afstroming	(Oppervlakkige) afstroming van de perceeloppervlakken naar het oppervlaktewater
Neerslag	Neerslag op het open water
Maalstaat	
Intrek	Stroming vanuit het oppervlaktewater in de percelen (lateraal of verticaal in de drijvende of vaste kraggen en legakkers)
Verdamping	Verdamping van het oppervlaktewater
Wegzijing	Wegzijing vanuit het oppervlaktewater naar het diepere grondwater



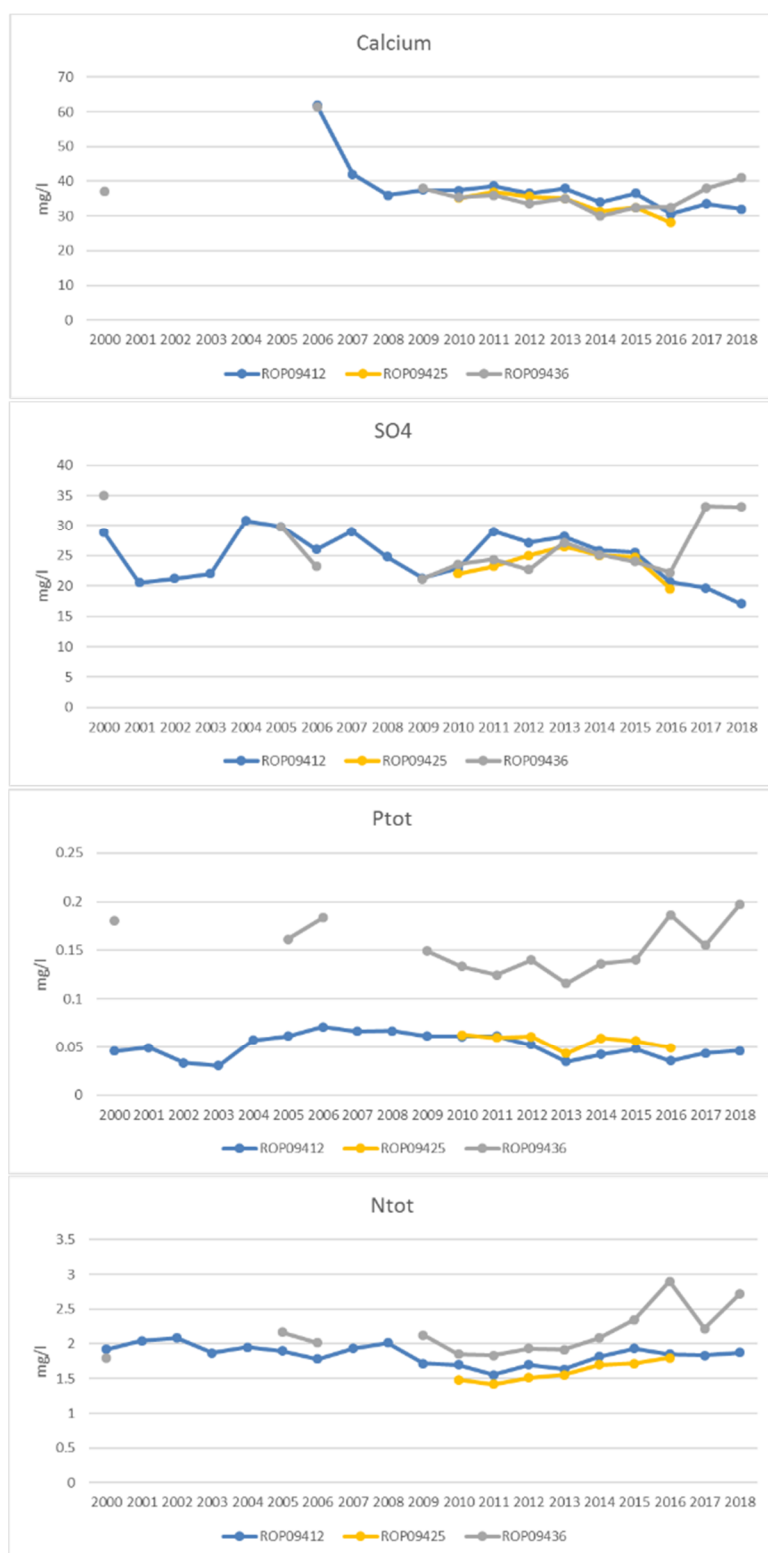
Figuur 3-3. Fractieverdeling van de oorsprong van het oppervlaktewater in het centrale petgatengebied (2007-2014). Boven: voor het scenario met 5 ha water. Onder: fractieverdeling 15 ha water (huidige situatie).

3.3 Kwaliteit inlaatwater en berekende vrachten

De Noordeinderplas heeft een andere fysisch-chemische waterkwaliteit dan de Meije. Hierdoor is met de afsluiting van de Meije en van de Meijegraslanden ook de kwaliteit van het inlaatwater voor het centrale petgatengebied veranderd.

Het grootste verschil tussen de Noordeinderplas en de Meije zijn de lagere concentraties van fosfor (P) totaal en stikstof (N) totaal (zie Figuur 3-4; in deze grafieken zijn de zomergemiddelde concentraties geplot). Voor wat betreft calcium (Ca) en sulfaat (SO_4) zijn de verschillen tussen beide locaties in de meeste jaren gering. Door de tijd heen zien we geen sterke toe- of afnemende trend in de hier beschouwde stoffen op deze beide meetlocaties. Wel zijn er enkele opvallende ontwikkelingen. Bijvoorbeeld de hogere concentraties van zowel nutriënten als calcium en sulfaat in de Meije sinds 2015/2016. Voor deze studie zijn deze ontwikkelingen niet verder onderzocht. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de calciumconcentraties in het gebied sinds 1980.

NB. In de grafieken in Figuur 3-4 zijn ook de meetwaarden van meetlocatie ROP09425 weergegeven. Deze meetlocatie ligt aan de rand (uiterste zuidoosthoek) van het centrale petgatengebied (Figuur 3-1). Voor de meeste stoffen volgt dit meetpunt vooral de kwaliteit van de Noordeinderplas (dit is vooral goed zichtbaar in de P- en N-concentratie). Dit zet vraagtekens bij de invloed van de Meije als bron van inlaatwater het centrale petgatengebied in. Onze aanname van een gelijke verdeling (50/50) tussen de Noordeinderplas en de Meije lijkt daarmee een worst case. Daarom is aanvullend nog een berekening gemaakt met een 90/10 verdeling (zie Tabel 3-3 en verder).



Figuur 3-4. Zomergemiddelde concentraties per jaar in de Noordeinderplas (ROP09412, blauw), Meije (ROP09436, grijs) en direct ten zuidoosten van het centrale gebied (ROP09425, oranje). NB. de hoge calciumconcentraties in 2006 zijn niet verklaard, mogelijk is hier sprake van een (meet)fout of andere onbekende oorzaak.

De gemeten concentraties uit de periode 2009 tot en met 2012 zijn gebruikt om de kwaliteit van het inlaatwater in scenario 1 te bepalen (Tabel 3-3). Deze periode is gekozen omdat vanaf 2009 volledige meetreeksen beschikbaar zijn op de beide meetlocaties (Noordeinderplas en Meije); 2012 is het jaar waarop de invloed van de Meije is gestopt. De gemeten concentraties in de Noordeinderplas uit de periode 2013 tot en met 2017 zijn gebruikt als kwaliteit van het inlaatwater in scenario 2.

Tabel 3-3. Gehanteerde kwaliteit van inlaatwater per scenario (zomergemiddelde concentratie over meerdere jaren). De vetgedrukte waarden zijn gebruikt om de vracht in het betreffende scenario te berekenen.

Scenario	Meetlocatie	Berekend over jaren	Ca (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	SO4 (mg/l)
1	ROP09412 (Noordeinderplas)	2009 t/m 2012	38	1.68	0.06	24
	ROP09436 (Meije)	2009 t/m 2012	37	1.98	0.14	23
	Noordeinderplas en Meije (50/50)	2009 t/m 2012	37	1.83	0.10	23
	Noordeinderplas en Meije (90/10)	2009 t/m 2012	38	1.71	0.07	24
2	ROP09412 (Noordeinderplas) (100%)	2013 t/m 2017	33	1.81	0.04	24
	ROP09436 (Meije) (niet gebruik voor berekening van de vracht).	2013 t/m 2017	34	2.29	0.15	26

Op basis van de concentraties voor het inlaatwater (Tabel 3-3) en de berekende inlaattvolumes per jaar (185.000 m³ in scenario 1 en 198.000 m³ in scenario 2) is de totale ingaande vracht op jaarbasis berekend (Tabel 3-4). Hieronder bespreken we de verschillen tussen scenario 1 (met 50/50 (a) of 90/10 (b) verdeling Noordeinderplas/Meije) en 2 (100 % inlaat uit Noordeinderplas):

- De totale calciumvracht neemt af met circa 5 %. Dit komt door een lagere Ca-concentratie in de periode vanaf 2013 dan in de jaren daarvoor NB. deze daling doet zich zowel voor in de Noordeinderplas als in de Meije: de lagere aanvoer lijkt dus niet het gevolg van het afsluiten van de Meije. Wanneer de verdeling tussen Noordeinderplas en Meije tot 2012 90/10 bedroeg (scenario 1b), dan was de calciumvracht tot 2012 iets hoger (1 %) dan bij een gelijke verdeling (scenario 1a);
- De stikstofvracht neemt toe met ruim 10 %. Daar de concentratie van het inlaatwater tussen beide scenario's nauwelijks verschilt, is dit vooral een gevolg van het grote inlaattvolume in scenario 2 (ten opzichte van scenario 1);

- De fosforvracht neemt sterk af (meer dan 50 % afname) doordat de concentratie in de Noordeinderplas veel lager is dan in de Meije. Wanneer de verdeling tussen Noordeinderplas en Meije tot 2012 90/10 bedroeg (scenario 1b), dan was de fosforvracht tot 2012 lager (33 %) dan bij een gelijke verdeling (scenario 1a). In scenario 2 ligt de fosforvracht hoe dan ook lager;
- De sulfaatvracht neemt toe met ongeveer 10 %. Dit is het gevolg van de extra inlaat, de concentratie van het inlaatwater verandert nauwelijks.

Tabel 3-4. Berekende vrachten (kg/jaar) per scenario

Scenario	Ca	Ntot	Ptot	SO4
1a: 50/50 verdeling Noordeinderplas/Meije	6868	338	18	4330
1b: 90/10 verdeling Noordeinderplas/Meije	6946	316	12	4462
2: inlaat 100% uit Noordeinderplas	6560	360	8	4768

Calciumvracht bij hogere calciumconcentraties

In het verleden waren de calciumconcentraties vaak hoger dan nu. In de Noordeinderplas lag de concentratie in het verleden jarenlang rond de 50 mg/l (zie hoofdstuk 5). Bij een concentratie van 50 mg Ca/l zou de calciumaanvoer voor het centrale petgatengebied in de huidige situatie (scenario 2) ruim 9.900 kg/jaar betreffen. Dat is ruim anderhalf maal hoger dan nu het geval is (bij een calciumconcentratie van gemiddeld 33 mg/l in de periode 2013-2017).

3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk is onderzocht wat de effecten zijn geweest van twee hydrologische ingrepen op de waterbalans en op de aangevoerde vrachten van verschillende stoffen in het centrale petgatengebied binnen de Nieuwkoopse Plassen. De eerste ingreep, het vergroten van het wateroppervlak door het graven van nieuwe petgaten, leidt tot een grotere waterstroming het centrale gebied in (plus 10 %). Deze instroming vindt alleen in de zomer plaats, maar een deel van het inlaatwater blijft in de winter achter (tot 20 % in scenario 2; in scenario 1 bleef in de meeste winters geen inlaatwater achter). De tweede ingreep, het afkoppelen van de Meijegraslanden en van de Meije zelf, leidt tot een verandering van de kwaliteit van het inlaatwater. Behalve deze twee maatregelen is ook de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de Noordeinderplas van invloed op de aanvoer van verschillende stoffen.

Het afkoppelen van de Meije heeft vooral invloed op de aanvoer van fosfor; voor de meeste andere stoffen verschillen de concentraties in de Meije nauwelijks van die in de Noordeinderplas. Dankzij deze maatregel is de fosforvracht fors verminderd. Daarnaast is de fosforconcentratie in de Noordeinderplas de laatste jaren ook afgenomen, wat eveneens een gunstig (lees: verlagend) effect heeft op de fosforvracht van het centrale petgatengebied (dit ondanks de iets grotere wateraanvoer vanwege het grotere wateroppervlak). Die maatregel (vergroting van het open water en daardoor zomers meer instroming het gebied in) leidt wel tot een iets grotere aanvoer van stikstof en sulfaat. De lage calciumconcentratie in Noordeinderplas in de laatste jaren (2013-2017)

leidt tot een lagere calciumaanvoer dan in eerdere jaren. Dit staat overigens los van de hydrologische ingrepen; de Ca-concentratie in de Meije is op dit moment namelijk nagenoeg gelijk aan die in de Noordeinderplas. Langer geleden is de calciumvracht echter aanzienlijk hoger geweest (in de periode 1980 - 2000 lag de concentratie vaak rond de 50 mg/l, zie Hoofdstuk 5).

Met betrekking tot (kansen voor) de ontwikkeling van kwalitatief goede trilveenvegetaties in het centrale petgatengebied is de afname van de fosforvracht gunstig te noemen. Door de genomen hydrologische maatregelen kunnen we uitsluiten dat het water vanuit de Meije, met relatief hoge P-concentraties, in dit gebied terecht komt. De geringe afname van de calciumaanvoer is in principe ongunstig voor de ontwikkeling van trilvenen. Dit is echter geen direct gevolg van de hier beschouwde hydrologische maatregelen, maar hangt samen met een afname van de calciumconcentratie in al het aanvoerende water, oftewel het beetje-bij-beetje geïsoleerder worden van de Nieuwkoopse Plassen als geheel.

4 Waterbalans en kwaliteit inlaatwater De Haak

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de water- en stofstromen van het gebied De Haak onderzocht. Figuur 4-1 toont de ligging van dit gebied, dat grofweg 80 ha beslaat. Het gebied ligt geheel geïsoleerd en op een ander peil dan de direct aangrenzende gebieden: in het noorden en westen de Nieuwkoopse Plassen (met een circa 60 cm hoger waterpeil) en in het zuiden polder Zegveld (met een circa 60 cm lager waterpeil). Bij watertekort wordt vanuit de Nieuwkoopse Plassen water via een stuw ingelaten. Het wateroverschot wordt via een stuw afgevoerd naar Zegveld. In de westhoek van het gebied ligt een onderbemaling die apart afwatert.

Sinds de ‘afsluiting’ van de Meije in 2013 komt het inlaatwater niet meer (deels) vanuit de Meije, maar volledig uit het Nieuwkoopse Plassengebied. Indien dit heeft geleid tot een verhoogde fosfor (P)-, stikstof (N)-, of sulfaat (SO_4)-aanvoer en/of een verlaagde calcium (Ca)-aanvoer, kan dit afsluiten van de Meije bijgedragen hebben aan de waargenomen achteruitgang van de vegetatie.



Figuur 4-1. Kaart van het onderzoeksgebied De Haak (rood omkaderd). De dikke rode en blauwe pijlen geven respectievelijk de locatie van de in- en uitlaatstuw. De gestippelde rode pijlen geven de richting van herkomst van het inlaatwater: tot 2013 via de Meije (doorgekruist), sindsdien via de Nieuwkoopse Plassen.

Om het effect van de afsluiting van de Meije op de aanvoer van stoffen naar De Haak te kwantificeren is een waterbalans opgesteld. De ingaande vrachten zijn vervolgens berekend op basis van de berekende inlaat in de balans en de gemeten concentraties op de waterkwaliteitsmeetpunten. Er is gebruik gemaakt van een eenvoudig 'bakjesmodel', waar een waterbalans wordt bijgehouden voor enerzijds het 'landbakje' (de kraggen en andere onverharde percelen) en anderzijds het 'waterbakje' (al het open water)². De balans werkt op dagbasis en is opgesteld met de neerslag- en verdampingsgegevens uit de periode 2000 tot 2018.

Tabel 4-1 geeft de belangrijkste uitgangspunten weer voor de opgestelde waterbalans. De onderbemaling in het westen van het gebied is niet meegenomen in deze balans omdat dit gebied (van ruim 16 ha) apart afwatert. Er is een aparte waterbalans gemaakt om de benodigde inlaat voor peilbeheer in de onderbemaling te berekenen. Deze inlaat naar de onderbemaling is vervolgens als uitgaande waterstroom op de balans van de Haak gezet.

In De Haak is er sprake van wegzijging naar het diepe grondwater. In de opgestelde waterbalans is uitgegaan van een flux van -1 mm/d (Tabel 4-1), maar de precieze wegzijgingsflux kan lokaal verschillen. De flux is geschat op basis van de gemeten stijghoogten in twee peilbuizen in het gebied. Deze 'verticale wegzijgingsflux' is in de waterbalans gemodelleerd als een continue 'waterverlies' vanuit het water- en landbakje.

Behalve deze verticale wegzijging naar het diepere grondwater, zijn er ook 'horizontale' grondwaterstromen in het gebied. Langs de noordrand van De Haak is er sprake van een ondiepe kwelstroom vanuit de hoger gelegen Nieuwkoopse Plassen. Langs de zuidrand van De Haak is er sprake van een ondiepe wegzijgingsstroom naar de lagergelegen polder Zegveld. De ingaande ondiepe kwelstroom zal qua debiet waarschijnlijk ongeveer gelijk zijn aan de uitgaande ondiepe wegzijging. Het peilverschil tussen de plassen en De Haak is namelijk ongeveer hetzelfde als het peilverschil tussen De Haak en de polder, er zijn geen grote verschillen in de bodemopbouw en de lengte waarover deze ondiepe grondwaterstroming optreedt is ongeveer gelijk (de noord- en zuidzijde van De Haak). Netto heffen de in- en uitgaande ondiepe grondwaterstromen elkaar dus grofweg op, en wordt aangenomen dat er netto geen effect is op de waterbalans. De ingaande ondiepe kwelstroom vanuit de Nieuwkoopse Plassen is (lokaal) wel van invloed op de waterkwaliteit. Met deze ondiepe kwelstroom worden basen vanuit de ondergrond aangevoerd. Dit komt tot uiting in de vegetatie in een smalle strook (maximaal enkele tientallen meters breed) langs de Hollandsekade: hier worden 'kwelafhankelijke soorten' aangetroffen. De bijdrage van deze lokale aanvoer van basen op de totale aanvoer naar De Haak (zoals berekend is met de waterbalans) is vermoedelijk vrij gering. De horizontale kwel- en wegzijgingstromen zijn niet gemodelleerd in de waterbalans.

² Voor meer informatie over deze waterbalans verwijzen we naar de website van de STOWA. Hier is de Exceltool voor de waterbalans te downloaden. Ook is hier een e-learning te vinden om de waterbalans en de onderliggende concepten te verkennen. <https://www.stowa.nl/waterbalans>

Tabel 4-1. Uitgangspunten waterbalans. Tenzij anders aangegeven gebaseerd op de memo van HDSR 'Peilvarianten natuurgebied De Haak' van 23 juli 2018

Parameter	Eenheid	Uitgangspunt
oppervlakte verhard	ha	nihil
oppervlakte onverhard	ha	44,6
oppervlakte water	ha	33,9
oppervlakte totaal De Haak	ha	78,5
oppervlakte onderbemaling	ha	16,13
Peilmarge	+/- m	0,02
drooglegging (gemiddelde hoogte mv t.o.v. streefpeil)	m	0,2
neerslag	mm/d	reeks op dagbasis van januari 2000 t/m 2017 (KNMI neerslagstation Zegveld)
(referentiegras)verdamping	mm/d	reeks op dagbasis van 2000 t/m 2017 (KNMI-weerstation Schiphol)
kwel (+) of wegzijging (-)*1	mm/d	-1,0
reactiefactor uitspoeling*2	d ⁻¹	0,05
reactiefactor intrek	d ⁻¹	0,05

*1. Vrij grove aanname op basis van de kwelkaart en op basis van een extra toelichting van HDSR waarin op basis van twee peilbuizen getallen van -0,93 en -1,5 mm/d staan genoemd (Sven Kort, per email).

*2. Gelijk gesteld aan uitgangspunt voor het centrale petgatengebied. Zie Tabel 3-1 voor uitgebreide toelichting op deze factoren.

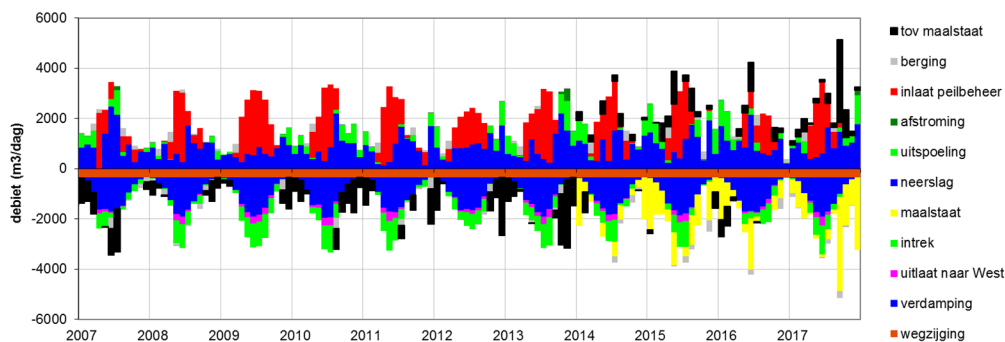
In tegenstelling tot de waterbalans voor het 'centrale petgatengebied' kan de balans van De Haak gecontroleerd worden aan de hand van de gemeten in- en uitlaatgegevens en de gemeten chlorideconcentraties. De in de waterbalans berekende in- en uitlaat, cumulatief op jaarbasis en op maandbasis, is daarom vergeleken met de cumulatieve gemeten in- en uitlaat. Zo wordt op jaar- en maandbasis inzichtelijk of de in- en uitgaande waterstromen in orde grootte goed in beeld zijn. NB. de 'gemeten in- en uitlaat' zijn geen zuivere debietmetingen, maar met een formule afgeleid van de waterstand ten opzichte van de overstorthoogte. Voor de inlaat zijn deze gegevens (m³/d) beschikbaar vanaf 2007 (aangeleverd door HDSR op 30 juli 2018). Voor de uitlaatstuw zijn de waterstand en overstorthoogte op dagbasis beschikbaar vanaf 2014 (aangeleverd door HDSR op 30 juli 2018). Het debiet dat hieruit wordt afgeleid is nogal afhankelijk van de gebruikte formule. In deze studie is de formule aangehouden die geadviseerd wordt in het ijkingsrapport (HDSR/Aqua Vision 2012).

In de waterbalans is een chloridebalans bijgehouden door aan alle ingaande waterstromen een Cl-concentratie toe te kennen. De resulterende berekende concentratie is vergeleken met chloridemetingen op enkele locaties in De Haak. Deze vorm van controle geeft vooral inzicht of de ingaande waterstromen goed in beeld zijn (qua onderlinge verhouding).

4.2 Waterbalans

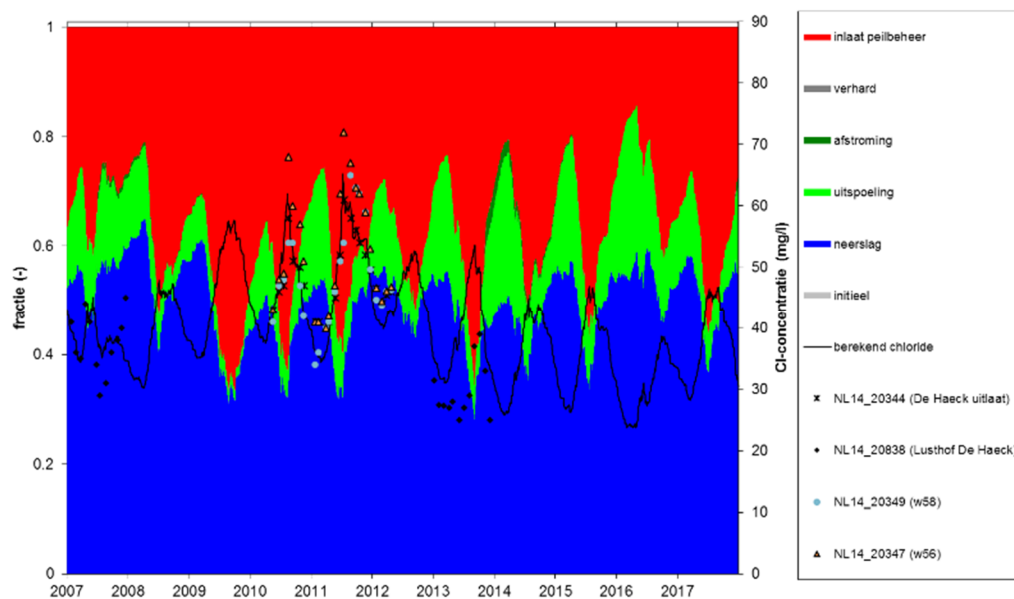
Het gebied De Haak bestaat voor meer dan 40 % uit open water. Daarnaast is er sprake van een forse wegzijging: -1 mm/d ofwel om en nabij de -365 mm/jaar. Deze

ordegrootte is gelijk aan het jaarlijkse neerslagoverschot in Nederland. Het neerslagoverschot varieert door het jaar en is normaal het grootst in de winter en kleiner (en vaak negatief) in de zomer. Deze gegevens verklaren de berekende waterstromen (Figuur 4-2). Er is relatief weinig uitspoeling (of oppervlakkige afstroming) vanaf het land naar het water, en met enkele uitzonderingen is de uitspoeling beperkt tot het winterhalfjaar. Aan de andere kant van de waterbalans, bij de uitgaande waterstromen, zien we dat iedere zomer wel veel intrek plaatsvindt (aanvulling van het grondwater in de percelen vanuit het oppervlaktewater). Hiervoor, en om de verdamping vanaf het open water zelf te compenseren, is er in de zomer veel inlaat nodig. Ook de watervraag vanuit de onderbemaling (De Haak West, de roze uitgaande waterstroom in Figuur 4-2) veroorzaakt wat extra inlaatbehoefte voor De Haak.



Figuur 4-2. De maandgemiddelde waterbalans met alle in- en uitgaande waterstromen van het watersysteem in De Haak (2007 - 2017). In geel (vanaf 2014) de gemeten uitlaat volgens de maalstaat. De termen van de waterbalans zijn toegelicht in Tabel 3-2.

De fractieverdeling toont de samenstelling van oppervlaktewater in De Haak door de tijd (Figuur 4-3). Neerslag vormt met 50-60 % in de winter en 30-50 % in de zomer vaak de grootste fractie. In de winter vormt uitspoeling (dus neerslag die via de percelen in het water terecht komt) een aandeel van 10-25 %, in de zomer is deze fractie veel kleiner. Na neerslag vormt inlaat de grootste fractie: tot maximaal 60 % in de zomer, en in de winter vaak nog minimaal 20-30 %.

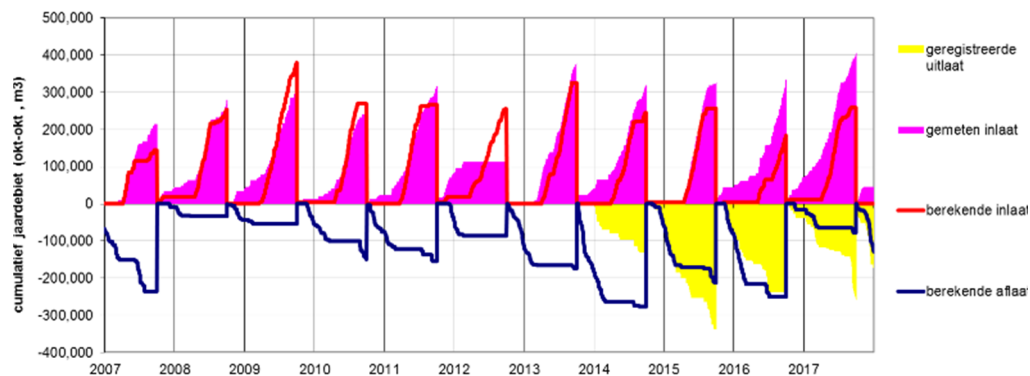


Figuur 4-3. Fractieverdeling van het oppervlaktewater in De Haak (2007-2017). Figuur 4-5 geeft een toelichting op de berekende en gemeten chlorideconcentraties, zie sectie 'Controle van de waterbalans'.

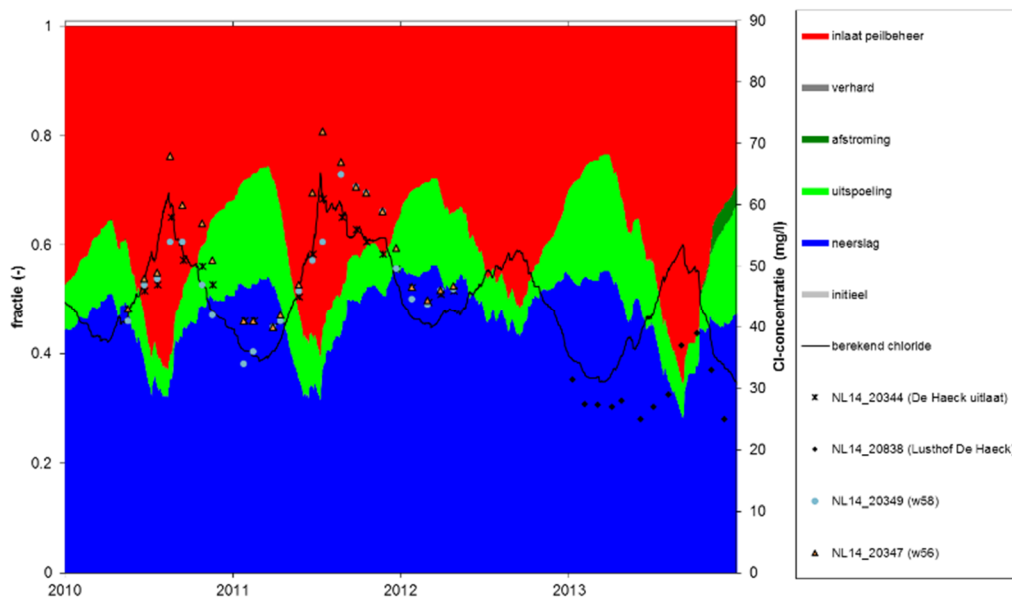
Controle van de waterbalans

We controleren de waterbalans door de jaarcumulatieve in- en uitlaat die berekend is te vergelijken met de gemeten debieten (Figuur 4-4). We zien dat op jaarbasis de berekende inlaat in de meeste jaren in orde van grootte overeenkomt met de daadwerkelijk ingelaten hoeveelheid (rode lijn vs. roze vlak). Voor de uitlaat zijn nog maar voor een korte periode metingen beschikbaar. In 2015 en 2017 zien we een behoorlijke afwijking, in 2016 komen de berekende en gemeten uitlaat goed overeen. Zoals genoemd is er nogal discussie over de nauwkeurigheid van deze meetreeks.

Op basis van de redelijk goede overeenkomst voor wat betreft de inlaatdebieten besluiten we dat we met deze waterbalans de hydrologische situatie voldoende goed reproduceren. Dit wordt nog eens bevestigd door de 'chloridecheck' (Figuur 4-5): de berekende chlorideconcentratie volgt redelijk goed de gemeten concentraties. Dit bevestigt dat de verhouding tussen inlaat, neerslag en uitspoeling redelijk goed gemodelleerd wordt in de waterbalans (het inlaatwater heeft een fors hogere chlorideconcentratie dan de andere twee bronnen).



Figuur 4-4. Controle van de berekende in- en uitgaande debieten (cumulatief op jaarbasis) aan de hand van de 'gemeten' debieten bij de inlaatstuw (vanaf 2007) en uitlaatstuw (vanaf 2014)



Figuur 4-5. Fractieverdeling van het oppervlaktewater in De Haak (ingezoomd op 2010-2013) met de berekende chlorideconcentratie (zwarte doorgaande lijn) en de gemeten concentraties op verschillende plekken in het gebied (verschillende symbooltjes)

4.3 Kwaliteit inlaatwater en berekende vrachten

Met de waterbalans en de daarin berekende inlaat zijn de ingelaten vrachten van de verschillende stoffen berekend op basis van de gemeten concentraties in het inlaatwater. In Bijlage II staan grafieken met de zomergemiddelde concentraties. Ter hoogte van de inlaat ligt een meetlocatie van HDSR waar tot en met 2012 gemeten is, maar niet ieder jaar (NL14_20189, rood in de grafieken). Iets verderop in de Meije ligt de meetlocatie van Rijnland ROP09436 (grijs). We gebruiken deze twee meetpunten als representatief voor het inlaatwater tot 2013. Vanaf 2013 gebruiken we de meetlocatie ROP09412, midden op de Noordeinderplas, als representatief voor het inlaatwater (blauw in de grafieken).

De calciumconcentratie in het inlaatwater tot 2013 bedroeg 35 à 40 mg Ca/l (op beide meetlocaties in de Meije). Het inlaatwater vanuit de Noordeinderplas bevatte in 2013 tot 2015 een vergelijkbare concentratie, maar sinds 2016 duidelijk lagere concentraties (30 à 35 mg/l). De sulfaatconcentratie vertoont een wat grotere variatie van jaar op jaar en er zijn geen structurele verschillen tussen de meetlocaties. Het inlaatwater vanuit de Noordeinderplas vertoont vanaf 2013 een geleidelijke afname (van ca. 30 naar ca. 20 mg SO₄/l). Voor 2013 bevatte het inlaatwater (uit de Meije) doorgaans circa 25 mg SO₄/l.

De fosforconcentratie van het inlaatwater is sterk veranderd door het afsluiten van de Meije. Tot 2013 zien we op de twee meetlocaties in de Meije een concentratie van gemiddeld ongeveer 0,15 mg P/l, maar met een sterke variatie tussen jaren en tussen de twee locaties. De zomergemiddelde concentraties lopen uiteen van 0,08 tot 0,24 mg P/l. Het water vanuit de Noordeinderplas heeft een behoorlijk constante concentratie van ongeveer 0,03 à 0,05 mg P/l (sinds 2013). Ook voor stikstof is de concentratie van het inlaatwater sinds 2013 lager dan voorheen, al is het verschil minder groot dan voor fosfor: respectievelijk 1,8 mg N/l uit de Noordeinderplas tegen 2,0 mg N/l uit de Meije.

Voor het berekenen van de ingaande vrachten van deze stoffen met het inlaatwater is uitgegaan van de concentraties uit Tabel 4-2. Voor de periode tot 2013 betreft deze waarde de gemiddelde zomergemiddelde concentratie over 2000 tot en met 2012 van de twee locaties in de Meije (NL14_20189 en ROP09436). Voor calcium is de vermoedelijk foutief gerapporteerde meetwaarde uit mei 2006 niet meegenomen (zie ook Hoofdstuk 5 over de calciumconcentraties in het gebied). De huidige inlaatkwaliteit (vanaf 2013) is de gemiddelde waarde van de zomergemiddelden van 2013 t/m 2018 in de Noordeinderplas (ROP03412).

Tabel 4-2. Gebruikte concentraties om de vrachten te bepalen.

	Ca (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	P _{tot} (mg/l)	N _{tot} (mg/l)
tot 2013	41	26	0.14	2
vanaf 2013	34	23	0.04	1.8
procentuele afname concentratie in inlaatwater	17	12	71	10

Uit de beschouwde waterkwaliteitsgegevens, weergegeven in Bijlage II en samengevat in Tabel 4-2, blijkt al wat de effecten zijn van de afsluiting van de Meije in 2013 voor de kwaliteit van het inlaatwater: iets lagere calcium en sulfaatconcentraties, een fors lagere fosforconcentratie en een iets lagere stikstofconcentratie. In de recente periode (2013 t/m 2017) was de gemiddelde inlaatbehoefte iets kleiner in de voorgaande periode (2000 t/m 2012): hierdoor neemt de vracht van de stoffen (in kg/ha/jaar) relatief nog iets sterker af dan de concentraties (Tabel 4-3).

Tabel 4-3. Berekende vrachten per stof in kg/ha/jaar op basis van het gemiddelde inlaatdebiet (m³/d), de concentraties (g/m³) uit tabel 3.2 en gedeeld door het totale oppervlak van De Haak (78,5 ha)

	Gemiddeld inlaatdebiet (m ³ /d)	Ca (kg/ha/jaar)	SO ₄ (kg/ha/jaar)	P _{tot} (kg/ha/jaar)	N _{tot} (kg/ha/jaar)
2000 t/m 2012	726	138	88	0.47	7
2013 t/m 2017	695	110	74	0.13	6
procentuele afname vracht	4 % afname inlaatdebiet	21	15	73	14

4.4 Conclusie

In dit hoofdstuk is de hypothese onderzocht of de recente hydrologische wijzigingen rondom De Haak en dan met name het afsluiten van de Meije waardoor het inlaatwater sindsdien vanuit de plassen komt, (mede) verantwoordelijk is voor de achteruitgang van de trilvenen in De Haak. Het achterliggende mechanisme zou een verhoogde aanvoer van nutriënten (fosfor of stikstof) of sulfaat en/of een verlaagde aanvoer van calcium zijn.

Met de opgestelde waterbalans kunnen we het hydrologisch functioneren van De Haak voldoende goed nabootsen. Uit de waterbalans blijkt niet dat na de afsluiting van de Meije significant meer of minder water is ingelaten (er is enige natuurlijke variatie in droge en natte zomers, waardoor gemiddeld over 2013 tot en met 2017 iets minder inlaat nodig was (4 % minder) dan in de eerdere jaren 2000 tot en met 2012). Een belangrijker verschil is de concentratie van het inlaatwater. Voor alle hier beschouwde stoffen bevat het inlaatwater in de recente jaren lagere concentraties dan in de tijd dat nog via de Meije werd ingelaten. Het gevolg is een reductie van 10 à 20 % in de aanvoer van calcium, sulfaat en stikstof en een reductie van 73 % voor de aanvoer van fosfor.

Voor de stoffen sulfaat, stikstof en fosfor moeten we de hypothese verwerpen. De aanvoer van deze stoffen is immers niet toe-, maar juist afgenomen en kan daarom niet hebben bijgedragen aan de achteruitgang van de trilvenen. Voor calcium ligt dit anders. De aanvoer van calcium is afgenomen (berekend op 21 %). Indien dit gevolgen heeft voor de interne basenhuishouding van het gebied, kan de hydrologische ingreep mogelijk hebben bijgedragen aan een achteruitgang van het milieu waarin trilvenen voorkomen.

5 Ontwikkeling van de calciumconcentraties sinds 1980

5.1 Inleiding

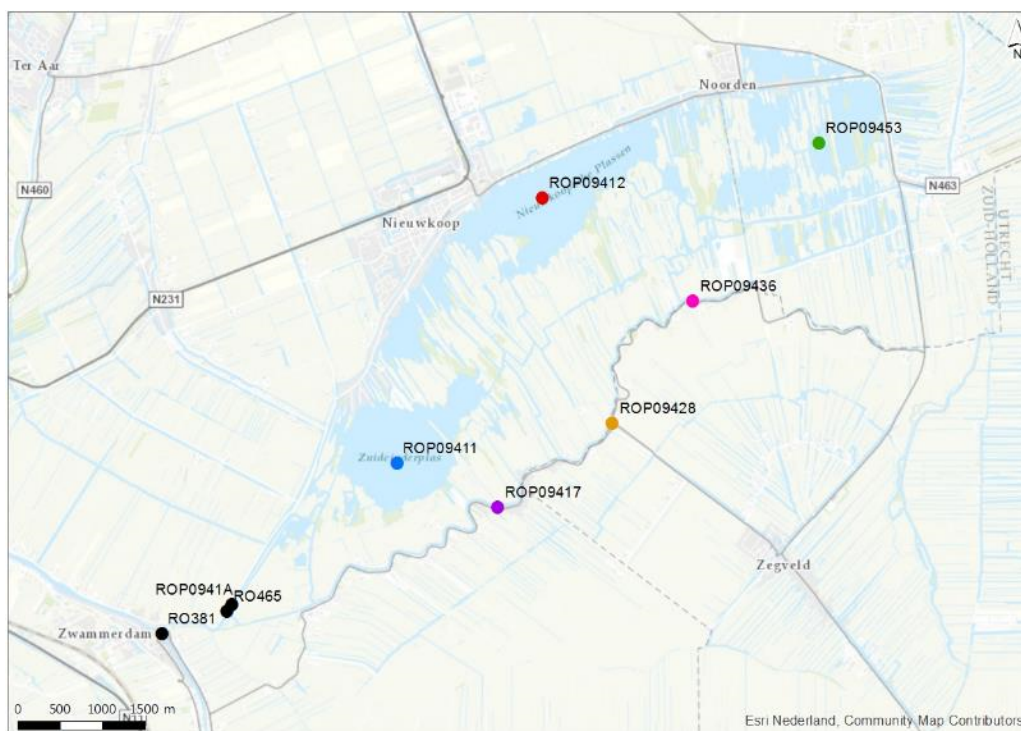
De aanvoer van voldoende calcium is belangrijk voor de ontwikkeling van trilvenen. Trilvenen komen bij pH's van 5,5 - 8 voor, waarbij in de Nederlandse condities met vrij hoge atmosferische deposities voldoende aanvoer van basen van groot belang is, omdat anders verzuring optreedt. In de voorgaande twee hoofdstukken is de calciumaanvoer berekend voor het centrale petgatengebied en voor De Haak. In beide gebieden is de aanvoer van calcium in de achterliggende jaren afgenomen. Deze afname is niet zozeer het gevolg van de hydrologische maatregelen (de vergroting van het wateroppervlak in het centrale petgatengebied en de afkoppeling van de Meije en de Meijegraslanden), maar het gevolg van een geleidelijke afname van de calciumconcentraties in de afgelopen circa 10 jaar. Die afname is zowel te zien voor de Meije als voor de Noordeinderplas.

In voorgaande hoofdstukken zijn alleen de calciumconcentraties vanaf 2000 beschouwd. Tussen 2000 en 2005 zijn er echter nauwelijks calciummetingen gedaan. Tussen 1980 en 2000 zijn echter ook al calciummetingen verricht. In dit hoofdstuk zijn de volledige meetreeksen van calcium op verschillende locaties in het gebied geanalyseerd met betrekking tot de basenhuishouding voor trilvenen. De gebruikte meetreeksen zijn aangeleverd door het Hoogheemraadschap van Rijnland (19 oktober 2018) en voor de calciumconcentratie in de Rijn bij Lobith door Rijkswaterstaat (Servicedesk data, 23 november 2018).

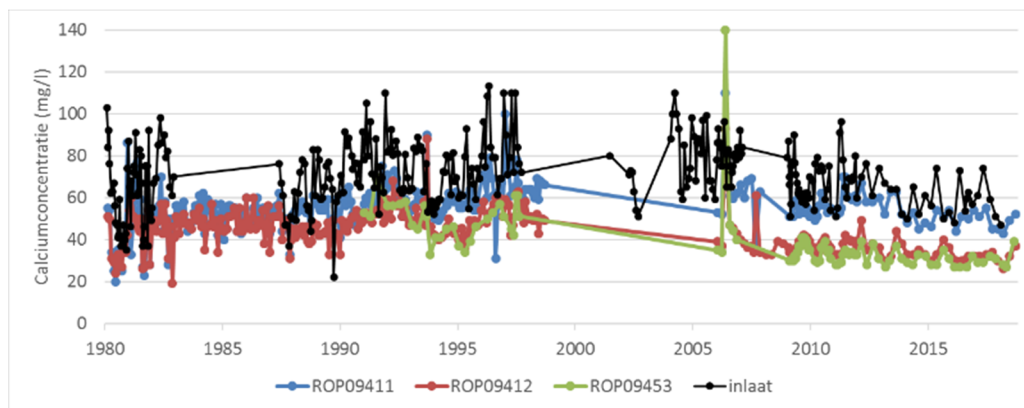
5.2 Calciummetingen

De gemeten concentraties in de plassen en in de Meije staan weergegeven in de grafieken in respectievelijk Figuur 5-2 en Figuur 5-3. Figuur 5-1 toont de ligging van de meetlocaties.

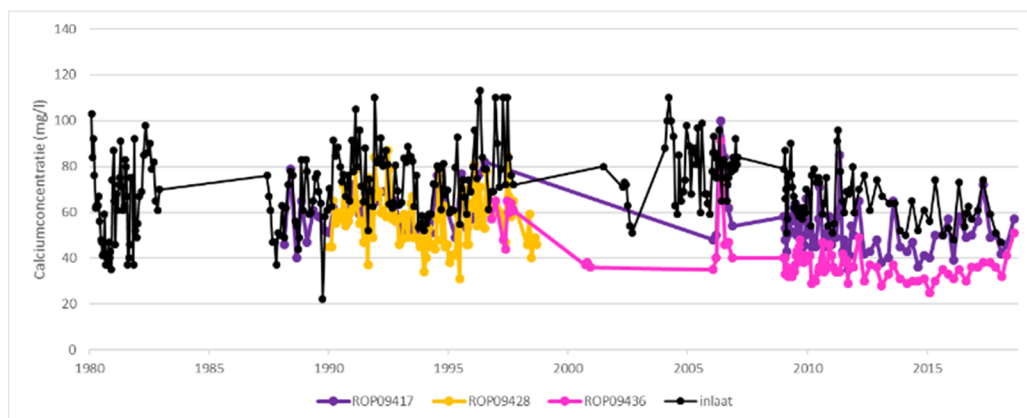
Het inlaatwater uit de Oude Rijn bevat de laatste vijf jaar calciumconcentraties van circa 50 à 70 mg/l. Deze concentraties zijn lager dan de 15 jaar daarvoor. Tussen 1990 en 2005 lag de concentratie rond de 80 mg/l, met vrijwel alle meetwaarden gelegen tussen de 60 en 100 mg/l. Tussen 2005 en 2013 lag de calciumconcentratie doorgaans lager: tussen de 60 en 80 mg/l. En sinds 2013 is het nog lager met 50 à 70 mg/l. Vóór 1990, in de jaren '80 van de vorige eeuw, waren de concentraties echter ook lager: doorgaans 40 à 80 mg/l. In de Bovenrijn bij Lobith lag de calciumconcentratie tussen 1970 en 2000 vrijwel altijd tussen de 60 en 100 mg/l (Figuur 5-4). Binnen die periode is wel enige variatie te zien: in de jaren '80 was de concentratie wat lager dan tussen 1970 en 1980 en dan begin jaren '90. Vanaf 1998 fluctueert de gemeten calciumconcentratie minder sterk en ligt vrijwel altijd tussen de 60 en 80 mg/l. In dat jaar is de analysemethode gewijzigd (naar ICP-MS). De calciumconcentraties in de Oude Rijn wijken niet veel af van de meetwaarden in de Bovenrijn; wel worden in de Oude Rijn af en toe lagere concentraties gemeten.



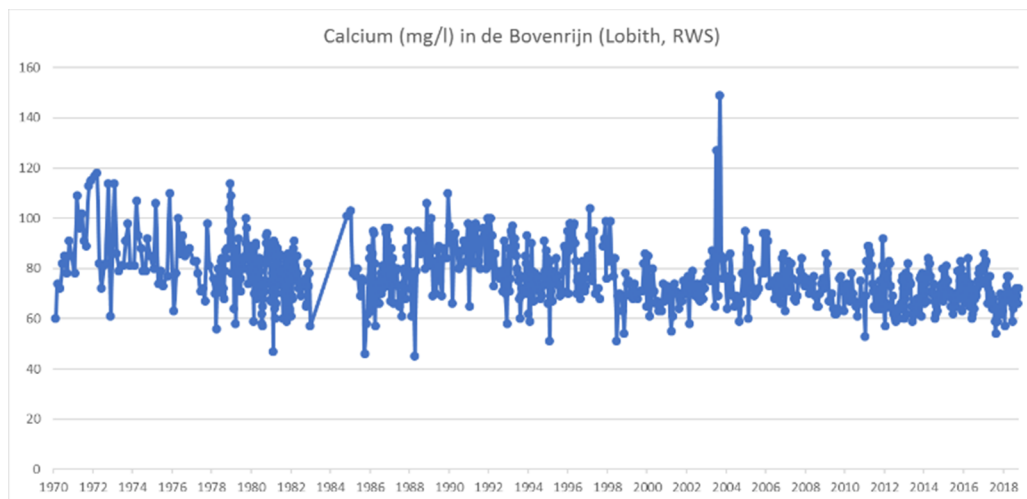
Figuur 5-1. Beschouwde meetlocaties met veel calciummetingen in de periode 1980-2018. De meetlocaties die representatief zijn voor het inlaatwater vanuit de Oude Rijn naar de Nieuwkoopse Plassen in zijn weergegeven met zwarte stippen. De meetlocaties in de Meije en in de plassen zijn met gekleurde stippen weergegeven die overeenkomen met de kleuren in Figuur 5-2 en Figuur 5-3



Figuur 5-2. Gemeten calciumconcentratie op drie locaties in de Nieuwkoopse Plassen en in het inlaatwater uit de Oude Rijn ('inlaat': samenvoeging van meetreeksen van de locaties RO381, RO465, ROP0941A)



Figuur 5-3. Gemeten calciumconcentratie op drie locaties in de Meije en in het inlaatwater uit de Oude Rijn ('inlaat': samenvoeging van meetreeksen van de locaties RO381, RO465, ROP0941A)



Figuur 5-4. Gemeten calciumconcentratie (mg/l) in de Bovenrijn bij Lobith (bron: RWS). Vanaf 1998 is een andere analysemethode gebruikt

De calciumconcentratie in de Nieuwkoopse Plassen (Zuideinderplas, Noordeinderplas en in het meest oostelijke deel van het gebied) vertoont sinds 1980 grofweg dezelfde ontwikkeling als in de Oude Rijn, hetzij met structureel lagere concentraties. In de jaren '80 van de vorige eeuw lagen de concentraties tussen de 40 en 60 mg/l. In de jaren 90 zijn de concentraties wat opgelopen tot rond de 60 mg/l in de Zuideinderplas. Vanaf dit moment zien we een duidelijk concentratieverschil ontstaan tussen de Zuideinderplas enerzijds en de Noordeinderplas (en de oostelijk daarvan gelegen plassen) anderzijds:

- de Zuideinderplas, die dichterbij de inlaat is gelegen, heeft structureel hogere calciumconcentraties dan de verder weg gelegen plassen. In de Zuideinderplas lag de calciumconcentratie tot 2010 rond de 60 mg/l en in de laatste 5 jaar rond de 50 mg/l. De calciumconcentratie in de Zuideinderplas is doorgaans gelijk of net iets lager dan de concentratie in de Oude Rijn;
- in de Noordeinderplas varieerde de calciumconcentratie in de jaren 90 tussen de 40 en 60 mg/l. Tussen 2006 en nu ligt de concentratie hier tussen de 30 en 40 mg/l en is sprake van een geleidelijke afname. Sinds 1980 zijn de calciumconcentraties hier zelden zo laag geweest als in de laatste 10 jaar. De

calciumconcentratie in de Noordeinderplas is veel lager dan de concentratie in de Zuideinderplas en dan in de Oude Rijn.

Het verschil in de calciumconcentratie tussen de Zuid- en Noordeinderplas kan verklaard worden door enkele veranderingen in het hydrologische watersysteem. Vanaf 1989 is de defosfateringsinstallatie bij de Ziende in gebruik en sindsdien wordt er alleen nog via dat punt water ingelaten (uit de Oude Rijn). Voor 1989 werd er ook water ingelaten via de Slikkendammersluis, helemaal aan de oostzijde van het gebied (vanuit de Grecht/Kromme Mijdrecht) (mededeling Bruce Michielsen, 19 november 2018). Bovendien zijn er in die tijd allerlei onttrekkingen vanuit de Nieuwkoopse Plassen gesaneerd, waardoor de inlaatbehoefte sterk is afgenomen (mededeling Frank van Schaik, 19 november 2018). Deze beide veranderingen hebben er in geresulteerd dat de fractie inlaatwater in de Noordeinderplas veel lager is dan in de Zuideinderplas. Dit is af te lezen uit de resultaten van het SOBEKmodel voor de Nieuwkoopse Plassen over de periode van 1995 tot en met 2005, zoals getoond in het rapport Michielsen en Desmensen (2010): de fractie inlaatwater in de Zuideinderplas neemt in de zomer toe tot meer dan 50 %, terwijl deze fractie in de Noordeinderplas zelden meer dan 20 % bedraagt.

Resumerend kunnen we stellen dat de calciumconcentratie in de Noordeinderplas (en in de oostelijk daarvan gelegen plassen) de laatste 10 jaar lager is dan in de 25 jaar daarvoor. Dit komt niet alleen door de afname van de calciumconcentratie in het inlaatwater, maar ook doordat steeds minder water wordt ingelaten. In de Zuideinderplas is de calciumconcentratie veel hoger dan in de Noordeinderplas en ligt de concentratie in dezelfde orde van grootte als het inlaatwater. Voor de waterinlaat naar De Haak moet worden uitgegaan van de concentraties zoals die gemeten worden in de Noordeinderplas. De huidige concentraties van 30 à 40 mg/l zijn aan de lage kant en bij de huidige atmosferische depositie niet optimaal voor trilvenen. Hierboven beschreven veranderingen hebben echter ook invloed op de P concentraties in het systeem; hier is ook afname in te meten gedurende dezelfde periode. Dit is weer uitermate gunstig voor de kansen voor trilveen.

Ook in de Meije zien we in de laatste ruim tien jaar lagere calciumconcentraties dan eerder (Figuur 5-3). Ook hier valt op dat de locatie dicht bij de Oude Rijn hogere concentraties bevat dan verder oostelijk. Sinds circa 5 jaar is er overigens geen directe invloed meer van de Meije of Meijegraslanden op de Nieuwkoopse Plassen of op De Haak.

6 Hydrologische invloeden

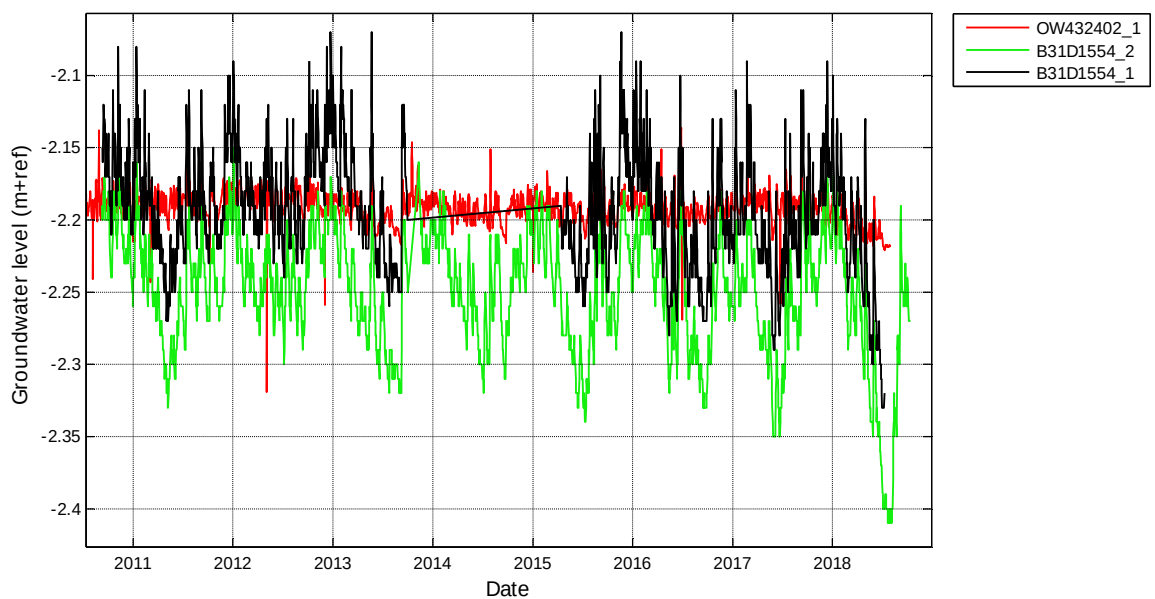
6.1 Grondwater- en ondergrondgegevens

In De Haak bevinden zich twee peilbuizen in het onderzochte gebied (B31D1555 en B31D1554, Figuur 6-1), waarvan de data uit DINO is opgevraagd (TNO, 2019). Peilbuis B31D1554 bevindt zich nabij de onderzoekslocatie in De Haak, waar de trilveenvegetatie achteruit is gegaan. Peilbuis B31D1555 bevindt zich in een droger stuk van hetzelfde perceel, waar zich vermoedelijk een legakker bevond (en dus nooit is afgegraven). De metingen in deze buizen zijn gestart in september 2010. De stijghoogten/grondwaterstanden in deze peilbuizen en de oppervlaktewaterpeilen nabij de stuw zijn weergegeven in Figuur 6-2 en Figuur 6-3.

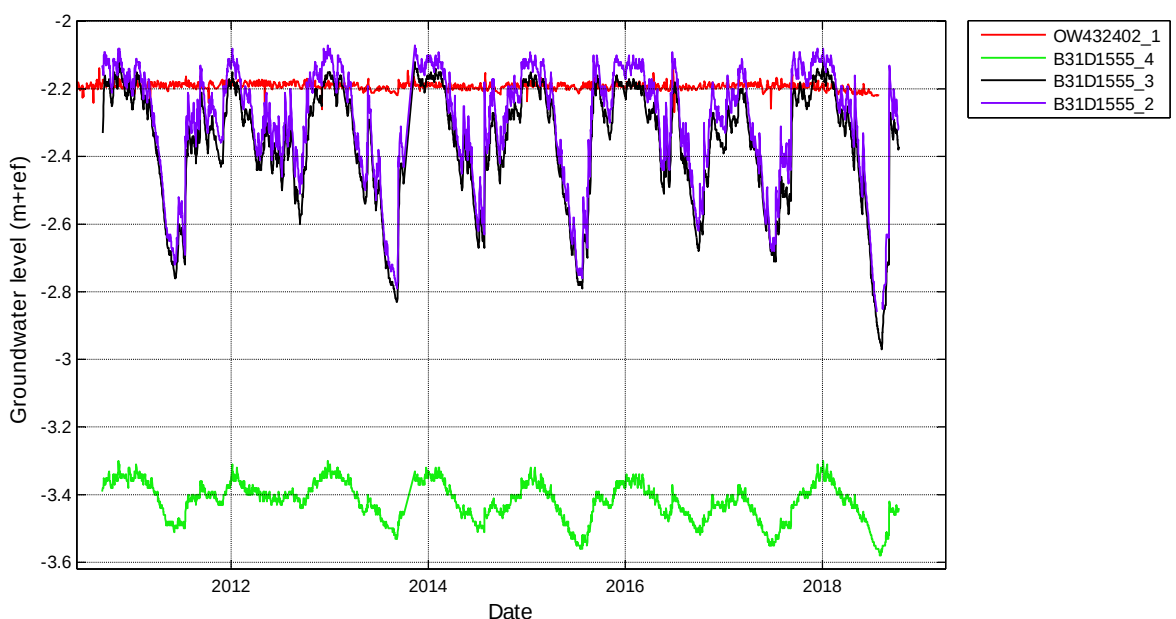
De oppervlaktewaterpeilen zijn over de gemeten jaren relatief constant gebleven, behalve tijdens de droge zomers in 2013 en 2018, wanneer het peil enkele centimeters uitzakte. De stijghoogten vertonen een seizoensdynamiek met lage standen in de zomer en hoge standen in de winter. Het verschil in peil tussen de verschillende filterdiepten bevestigt het beeld dat dit deel van De Haak een wegzijgingsgebied is.



Figuur 6-1. Locaties van peilbuizen in DINO (rood) rondom de meetlocatie (groen) in De Haak.



Figuur 6-2. Stijghoogtes in peilbuis B31D1554 (filter 1 (0.61-1.11 m-mv, zwart) en filter 2 (3.53-4.03 m-mv, groen), maaiveldniveau -1.90 m NAP) ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil (rood) zoals gemeten nabij de stuw aan de Boschwetering.



Figuur 6-3. Stijghoogtes in peilbuis B31D1555 (filter 2 (0.53-1.03 m - mv, paars), filter 3 (3.56-4.06 m - mv, zwart) en filter 4 (7.39-7.89 m -mv, groen), maaiveldniveau -2.05 m NAP) ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil (rood) zoals gemeten nabij de stuw aan de Boschwetering.

De ondergrond rondom het onderzoeksgebied in De Haak bestaat uit een wortelmat die is ontstaan in een uitgegraven veenplas en deels vastgegroeid is aan de ondergrond. Rondom peilbuis B31D1555 (vermoedelijke voormalige legakker) lijkt dit niet het geval te zijn. Boormonsterprofielen uit DINO (TNO, 2019) van nabije bemonsterde punten en data uit GeoTOP laten een profiel zien dat tot ongeveer 7 meter onder het maaiveld veen bevat, waarvan de onderste meters ook klei kunnen bevatten (Figuur 6-4 en Figuur

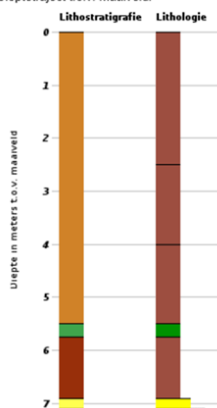
6-5). Daaronder bevinden zich zandige lagen uit de formatie van Boxtel. Voor de bovenste 7 meter bevat het model REGIS II geen gegevens omtrent doorlatendheid of hydraulische weerstand (TNO, 2019).

Om toch tot een (grove) schatting te komen, wordt aangenomen dat het bovenste deel van de veenlaag onder de wortelmatten van hetzelfde type is als de ondergrond onder wortelmatten van de Nieuwkoopse Plassen, waar de doorlatendheid van het materiaal rond de orde grootte van 0.01 m/d ligt (Stofberg et al., 2016).

Boormonsterprofiel

Identificatie:
Coördinaten:
Maaiveld:
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld:

B31B0234
117760, 462720 (RD)
-1.50 m t.o.v. NAP
0.00 m - 7.10 m



Lithostratigrafie

NIHO
NAWO
NIBA
BXWI

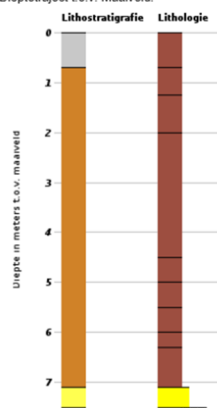
Lithologie

Klei
Zand fijne categorie
Veen

Boormonsterprofiel

Identificatie:
Coördinaten:
Maaiveld:
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld:

B31D1368
117580, 462170 (RD)
-1.80 m t.o.v. NAP
0.00 m - 7.51 m



Lithostratigrafie

AAOM
NI
NIBA
BXWI

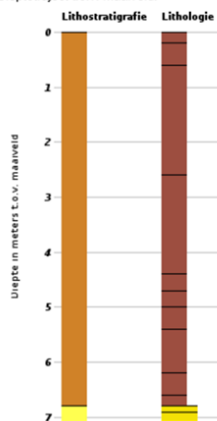
Lithologie

Zand fijne categorie
Veen

Boormonsterprofiel

Identificatie:
Coördinaten:
Maaiveld:
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld:

B31D1371
118040, 462315 (RD)
-1.80 m t.o.v. NAP
0.00 m - 7.10 m



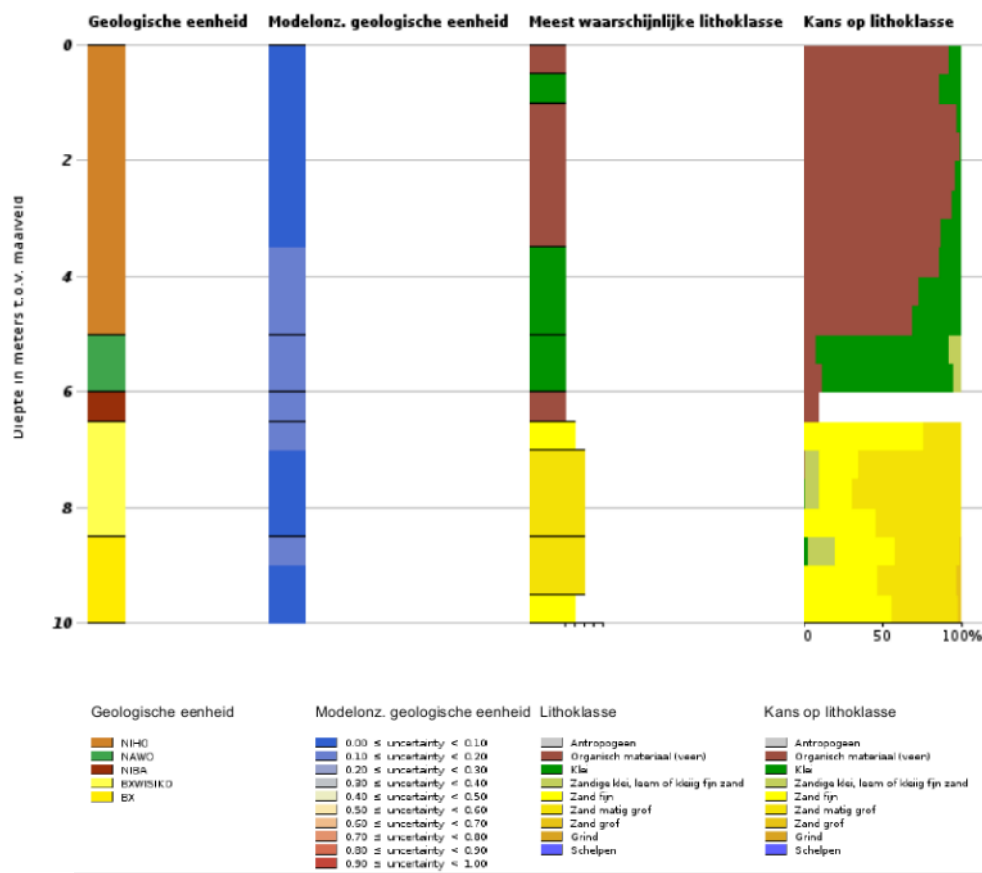
Lithostratigrafie

NI
BXWI

Lithologie

Zand midden categorie
Veen

Figuur 6-4. Boormonsterprofielen voor B31B0234, B31D1368 en B31D1371 Bron: DINO (TNO, 2019).



Figuur 6-5. GeoTOP profiel nabij peilbuis B31D1554. Bron: DINO (TNO, 2019).

6.2 Wegzijging

De stijghoogten in de diepere filters van de peilbuizen zijn lager dan de ondiepere filters, wat bevestigt dat er sprake is van wegzijging. De stijghoogteverschillen en bijbehorende gradiënten zijn voor ieder datapunt berekend, zodat eventuele trends zichtbaar worden. In Figuur 6-6 zijn de gradiënten weergegeven. In de ondiepe filters is de gemiddelde gradiënt ongeveer 0.02 m/m (stijghoogte daalt 2 cm bij elke meter dieper in de ondergrond). De gemiddelde stijghoogteverschillen zijn op deze diepten over de meetperiode met max 1 mm/jaar veranderd. In het diepste filter van peilbuis B31D1555 is een grotere gradiënt gemeten, die waarschijnlijk samenhangt met de zandlaag die zich op deze diepte bevindt, waardoor de stijghoogte hier sterk beïnvloed wordt door het regionale systeem. Het stijghoogteverschil op deze diepten is iets groter geworden over de tijd (zo'n 7 mm/jaar).

Naast de verticale gradiënt bestaat er ook een horizontale gradiënt; de stijghoogten in peilbuis B31D1554 zijn gemiddeld iets hoger dan in peilbuis B31D1555. De gradiënt die dit oplevert (bij de afstand van 134 m) is echter gering (<1 mm/m) ten opzichte van de verticale gradiënten (ordegrootte 20 mm/m). Waarschijnlijk speelt horizontale stroming op de dieptes van de filters een beperkte rol. Het is goed mogelijk dat dichterbij het oppervlak, waar de doorlatendheid mogelijk groter is, laterale stroming belangrijker is (Stofberg et al., 2016).



Figuur 6-6. Stijghoogteverschillen tussen de filters in peilbuis B31D1554 en B31D1555. De oranje stippellijnen geven de lineaire trends aan.

Hoewel directe bepalingen van de wegzijging niet mogelijk zijn op basis van de beschikbare gegevens, kan de verticale stroming geschat worden met behulp van de (geschatte) doorlatendheid van het materiaal van de ondergrond tussen de filters. Wanneer voor de bovenste twee filters van de peilbuizen wordt aangenomen dat de doorlatendheid van het materiaal ertussen 0.01 m/d is, leidt dit tot een wegzijging van 0.2 mm/d (Tabel 6-1). Aangezien de aangenomen waarde van de doorlatendheid relatief onzeker is (niet direct gemeten) is het verschil met de aangenomen wegzijging over het hele gebied van De Haak (1 mm/d, Tabel 4-1) niet verrassend groot.

De veranderingen in de stijghoogtegradiënten kunnen duiden op een veranderde wegzijging. Gebaseerd op de lineaire trends uit Figuur 6-6 zou dit bij peilbuis B31D1554 leiden tot een verminderde wegzijging van 0.03 mm/d in 10 jaar en bij B31D1555 tot een grotere wegzijging van 0.04 mm/d in 10 jaar (respectievelijk een vermindering van 12% en een groei van 18%). Echter kan niet worden uitgesloten kan

dat er sprake is van verandering in de doorlatendheid van de veenlagen (door bijvoorbeeld afbraak) waardoor slechts de gradiënten (en mogelijk niet de wegzijgingsflux) zijn veranderd.

Tabel 6-1. Schatting van de verticale stroming tussen de filters van peilbuis B31D1554 (1554) en B31D1555 (1555) en de geschatte verandering van deze stroming op basis van de trends in de stijghoogtegradiënten.

Filter	Filterdiepte (m – mv)	Gemeten gemiddelde stijghoogte (m NAP)	Geschatte wegzijging (mm/d)	Geschatte verandering wegzijging over 10 jaar (mm/d)
1554-1	-0.86	-2.19	0.21	Minder: 0.03
1554-2	-3.78	-2.25		
1555-2	-0.78	-2.30	0.20	Meer: 0.04
1555-3	-3.81	-2.36		

De veranderingen van de wegzijging over de tijd zijn qua geschatte fluxen gering, maar significant ten opzichte van de wegzijgingsfluxen. Bovendien zijn de ontwikkelingen niet gelijk voor beide peilbuizen (vermindering vs. groei van de wegzijging).

6.3 Dynamiek grondwater

In laagveenverlandingen is het niveau en de dynamiek van het freatische grondwater per locatie sterk afhankelijk van de mate van isolatie ten opzichte van het oppervlaktewater. Grondwaterspiegels in dunne, (deels) drijvende, wortelmatten volgen het oppervlaktewater. Hoe dikker en minder doorlatend de wortelmat wordt, hoe groter pieken en dalen worden als gevolg van neerslag en evapotranspiratie. Wanneer een wortelmat zo dik is geworden dat er geen sprake meer is van een waterlaag onder de mat, vindt de connectie met het oppervlaktewater alleen plaats via laterale stroming, door vaak relatief slecht doorlatend materiaal. In deze situatie kunnen grondwaterpieken en –dalen relatief groot worden, hetgeen bijvoorbeeld verdroging en afbraakprocessen kan versterken.

De geringe fluctuaties van de grondwaterstanden in het bovenste filter bevestigen de veldobservatie dat peilbuis B31D1554 (nabij de meetpunten) zich bevindt op een deels drijvende wortelmat, terwijl de invloed van het oppervlaktewater bij peilbuis B31D1555 zeer gering is, waardoor de fluctuaties van de freatische grondwaterstand veel groter zijn.

Middels tijdreeksanalyse is onderzocht of er veranderingen in de freatische grondwaterstanden hebben opgetreden, die in verband kunnen worden gebracht met de veranderingen in de vegetatie. Met behulp van de software Menyanthes (von Asmuth, 2017; Von Asmuth et al., 2012) is onderzocht in hoeverre de bekende hydrologische randvoorwaarden (neerslag, referentieverdamping en oppervlaktewaterpeil) de fluctuaties verklaren door tijdreeksmodellen op te stellen. Hiervoor zijn neerslagdata van Zegveld en referentieverdampingdata van Schiphol gebruikt (KNMI, 2018).

Daarnaast is gekeken of er sprake is van eventuele niet-verklaarde veranderingen, die te herkennen zouden zijn aan zichtbare patronen in de residuals (verschil tussen gemeten en gefitte stijghoogte) van de tijdreeksmodellen en/of verbeterde modelresultaten wanneer een lineaire (of indien van toepassing een stapsgewijze) trend in het model wordt meegenomen. Dergelijke trends zouden kunnen wijzen op veranderingen in de hydrologische randvoorwaarden (bijvoorbeeld niet gemeten wijzigingen in het lokale oppervlaktewaterpeil) of in het systeem zelf (zoals meer isolatie ten opzichte van het oppervlaktewater door aangroei of verdikking van de wortelmat).

Voor alle meetreeksen geldt dat de combinatie van neerslag, referentieverdamping en oppervlaktewaterpeil de fluctuaties van de grondwaterstanden en stijghoogten goed verklaarden (verklaarde variantie >70%). Daarnaast waren de standaarddeviaties van de modelparameters klein ten opzichte van de parameterwaarden. Derhalve zijn de gefitte tijdreeksmodellen als betrouwbaar geclassificeerd.

De resultaten van de tijdreeksanalyses zijn weergegeven in Tabel 6-2. De residuals van de tijdreeksmodellen van peilbuis B31D1554 gaven kleine afwijkingen weer (Bijlage III) die mogelijk te maken hebben met kleine veranderingen in de lengte van de loggerkabel en/of een kleine afwijking in de correctie van het oppervlaktewaterpeil die op 14 april 2016 heeft plaatsgevonden (pers. comm. Sven Kort, HDSR). Voor de tijdreeksmodellen van filters 2 en 3 van peilbuis B31D1555 zijn periodieke residuals gevonden (met hetzelfde patroon voor beide filters), die lijken te wijzen op een onbekende invloed. Dit patroon verandert echter niet over de tijd en wordt daarom niet in verband gebracht met de veranderingen in de vegetatie. Bij de residuals van het tijdreeksmodel van het diepste filter van B31D1555 is een negatieve trend zichtbaar. Aangezien deze trend niet duidelijk zichtbaar is in de filters erboven, wordt aangenomen dat deze trend niet te maken heeft met een invloed van het watersysteem van De Haak, maar van het regionale grondwatersysteem,

Voor de meeste tijdreeksmodellen verbetert het resultaat enkele procenten wanneer een lineaire trend aan het model wordt toegevoegd. Het gaat om een daling van de grondwaterstand met enkele centimeters over de gehele periode. Een dergelijke daling zou het gevolg kunnen zijn van de voortschrijdende successie, waardoor de meetpunten over de tijd iets geïsoleerder zijn komen te liggen ten opzichte van de invloed van het oppervlaktewater.

Tabel 6-2. Resultaten tijdreeksanalyse op basis van *Menyanthes* tijdreeksmodel met neerslag (Zegveld), referentieverdamping (Schiphol) en oppervlaktewaterpeil (OW432402 nabij stuw) als verklarende variabelen.

Meetreeks	Verklaarde variantie	Trend in residuals	Lineaire trend (cm)	Verbetering door lineaire trend
B31D1554 filter 1	78.1%	Kleine afwijkingen	-3	+4.6%
B31D1554 filter 2	88.2%	Kleine afwijkingen	-3	+2.7%
B31D1555 filter 2	88.4%	Periodieke patronen	-1	+1.2%
B31D1555 filter 3	91.1%	Periodieke patronen	-4	-0.6%
B31D1555 filter 4	80.4%	Trend	-6	+8.7%

6.4 Conclusie

De mogelijke vermindering van de wegzijging nabij de onderzoekslocatie is potentieel te verklaren door de lichte verlaging van de grondwaterstanden, die wijst op een iets verminderde invloed van het oppervlaktewater. Wanneer een wortelmat door voortgaande successie (aangroei, maar ook afbraak van het materiaal waardoor het minder doorlatend wordt) meer geïsoleerd raakt van het oppervlaktewatersysteem, zal minder oppervlaktewater doordringen in de wortelzone. Op de locatie van peilbuis B31D1554 is de wegzijging mogelijk verminderd met 12%. Dit wil niet zeggen dat de indringing van het oppervlaktewater met eenzelfde percentage verminderd is, omdat wegzijging niet de enige oorzaak is van indringing van het oppervlaktewater. Tijdens droge perioden, wanneer veel evapotranspiratie plaatsvindt, zal oppervlaktewater ook de wortelmatten indringen om de watertekorten aan te vullen.

Op de locatie van peilbuis B31D1555 (droog deel van het perceel, vermoedelijke legakker) lijkt de wegzijging iets toegenomen, ondanks de lagere grondwaterstanden dichterbij het maaiveld. Dit heeft mogelijk te maken met de lager wordende stijghoogten die gemeten zijn in het vierde filter, die mogelijk samenhangen met het regionale grondwatersysteem. Het is niet duidelijk of de dynamiek op deze locatie invloed heeft op de aanvoer van oppervlaktewater naar de onderzoekslocatie, omdat dit meetpunt ook relatief dicht bij de Boschwetering ligt.

7 Biogeochemie

7.1 Inleiding

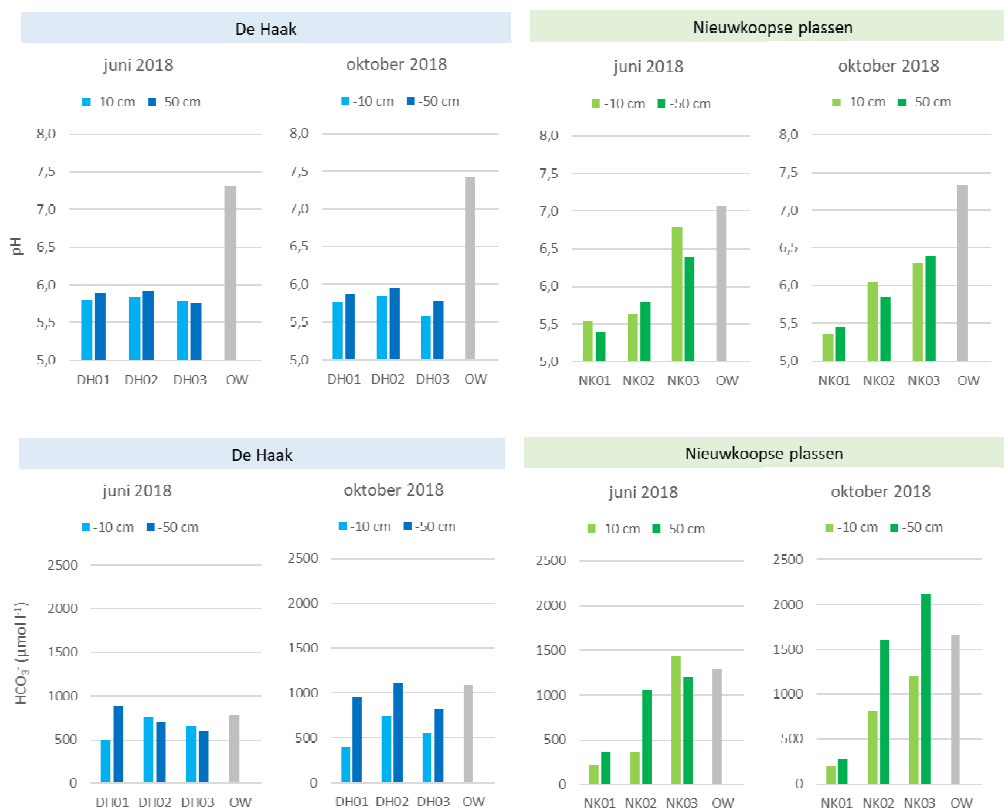
Binnen de huidige studie is de biogeochemische samenstelling van de bodem, het bodem poriewater en het oppervlaktewater op zes locaties onderzocht. Drie van de zes locaties liggen in het deelgebied De Haak en voor drie locaties gat het om referentielocaties in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen. De drie locaties in de Haak liggen in een zone met voormalig trilveen. De drie locaties in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen zijn een referentielocatie met trilveen en twee locaties waar na een herstelbeheeringreep (plaggen en/of aanleggen van begreppeling) zich een vegetatie heeft ontwikkeld met kensoorten van het habitatype trilveen.

7.2 Biogeochemie op standplaatsniveau

7.2.1 De Haak

Het bodemporiewater op de drie locaties in de Haak had een gemiddelde pH van 5,8 op -10 cm diepte en 5,9 op -50 cm diepte. Op -10 cm bedroeg de bicarbonaat concentratie gemiddeld $600 \mu\text{mol l}^{-1}$, de calciumconcentratie $360 \mu\text{mol l}^{-1}$ (14 mg l^{-1}) en het EGV $181 \mu\text{S cm}^{-1}$, zie Figuur 7-1 en Figuur 7-2. Bicarbonaat, calcium en de pH vertonen een vergelijkbaar patroon in juni en oktober, alleen zijn de concentraties hoger in oktober. De totaal fosforconcentratie van het bodemporiewater bedroeg gemiddeld $2 \mu\text{mol l}^{-1}$ maar vertoonde hogere concentraties in oktober tot maximaal $3,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Figuur 7-3). Het oppervlaktewater in het noordelijk gelegen petgatencomplex heeft een beduidend hogere pH (tussen 7 en 7,5) hogere bicarbonaat en calciumconcentraties dan het poriewater uit de wortelzone in het voormalige trilveen (zie grijze balken in Figuren 7-1 tot en met 7-3).

Het poriewater bevatte gemiddeld zo'n $4 - 5 \mu\text{mol l}^{-1}$ ammonium in juni, in oktober waren de concentraties op 10 cm diepte nog wat lager en op -50 cm juist hoger (tot maximaal $13 \mu\text{mol l}^{-1}$). Het poriewater bevatte nagenoeg geen nitraat. Het oppervlaktewater in het noordelijk gelegen petgatencomplex heeft lagere nutriëntconcentraties dan het poriewater uit de wortelzone in het voormalige trilveen (zie grijze balken in Figuur 7-3).



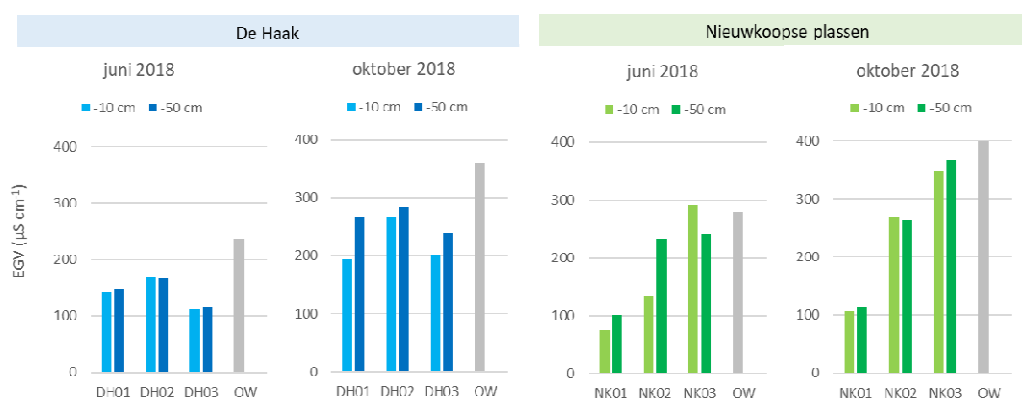
Figuur 7-1. De pH van het bodemporiewater (boven) en onder de bicarbonaatconcentratie van het bodemporiewater (onder) in de drie onderzoekslocaties in De Haak (in blauw) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (in groen). Telkens is de concentratie op 10 cm diepte licht gekleurd en die op 50 cm diepte donker gekleurd. De concentratie in het nabij gelegen oppervlaktewater is in grijs weergegeven.



Figuur 7-2. De calciumconcentratie van het bodemporiewater (boven) en onder de kaliumconcentratie van het bodemporiewater (onder) in de drie onderzoekslocaties in De Haak (in blauw) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (in groen). Telkens is de concentratie op 10 cm diepte licht gekleurd en die op 50 cm diepte donker gekleurd. De concentratie in het nabij gelegen oppervlaktewater is in grijs weergegeven.



Figuur 7-3. De fosforconcentratie van het bodemporiewater, (boven) en onder de ammoniumconcentratie van het bodemporiewater (onder) in de drie onderzoekslocaties in De Haak (in blauw) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (in groen). Telkens is de concentratie op 10 cm diepte licht gekleurd en die op 50 cm diepte donker gekleurd. De concentratie in het nabij gelegen oppervlaktewater is in grijs weergegeven.



Figuur 7-4. Het EGV van het bodemporiewater in de drie onderzoekslocaties in de Haak (in blauw) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (in groen). Telkens is de concentratie op 10 cm diepte licht gekleurd en die op 50 cm diepte donker gekleurd. De concentratie in het nabij gelegen oppervlaktewater is in grijs weergegeven.

7.2.2 Referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen

Het bodemporiewater op de drie referentie locaties in de Nieuwkoopse Plassen verschilt onderling, zo is de gemiddelde bodemporiewater pH 5,9 maar varieert deze van 5,5 op N01 tot 6,8 op NK03 op -10 cm diepte. De bicarbonaatconcentraties laten een vergelijkbare variatie zien, van 200 $\mu\text{mol l}^{-1}$ op -10 cm bij NK01 tot bijna 1500 $\mu\text{mol l}^{-1}$ op -10 cm bij NK03. Ook het EGV laat een vergelijkbaar patroon zien van 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ bij NK01, 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ bij NK02 tot 350 $\mu\text{S cm}^{-1}$ bij NK03, met een verhoogde EGV in oktober (zie Figuur 7-4). Het oppervlaktewater in de watergang en de petgaten die de referentielocaties voedt heeft een beduidend hogere pH (tussen 7 en 7,5) en hogere bicarbonaat en calciumconcentraties dan het poriewater in de wortelzone in de referentielocaties (zie grijze balken in figuren Figuur 7-1 en Figuur 7-2). Er is hier duidelijk sprake van een trend waarbij locatie NK03 het meeste overeenkomsten met het oppervlaktewater vertoont. In NK02 deze invloed minder en bij NK01 in deze invloed het geringst.

Totaal fosforconcentraties in het bodemporiewater zijn gemiddeld 2 $\mu\text{mol l}^{-1}$ maar vertoont hogere concentraties in oktober tot maximaal 4 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Het poriewater bevatte gemiddeld zo'n 4 – 5 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ammonium in juni, welke in oktober wat verhoogd waren (tot maximaal 8,9 $\mu\text{mol l}^{-1}$). Het poriewater bevatte nagenoeg geen nitraat. Het oppervlaktewater heeft dezelfde nutriëntconcentraties als het poriewater in de wortelzone van de referentielocaties. Hier valt echter wel op dat NK03 over het algemeen de laagste nutriëntconcentraties bevat.

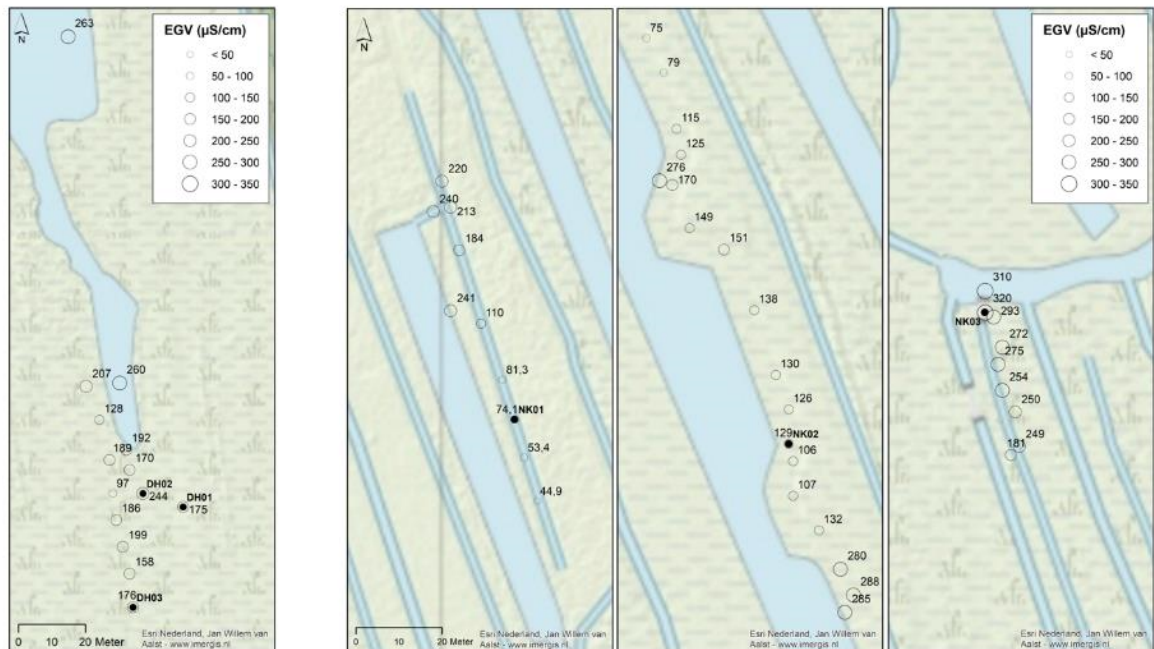
7.3 Invloed vanuit het oppervlaktewater, m.b.v. het EGV als indicator

7.3.1 EGV metingen op standplaats

Aangezien verwacht werd dat onder de huidige condities de voeding van basenrijk en gebufferd water één van de condities schept voor de ontwikkeling en instandhouding van trilveen, is de invloed hiervan op de onderzoeklocaties nader bekeken. Met behulp van metingen van het EGV in oppervlaktewater en in diepteprofielen in de bodem op en in de nabije omgeving van de onderzoekslocaties is bekeken tot waar de invloed van het oppervlaktewater rijkt en in hoeverre het de bemonsterde locaties bereikt. Het EGV is hierbij gebruikt als veldindicator voor de invloed van basenrijk water, (water met hogere kat- en anionconcentraties heeft een hoger EGV). Aanvullend hierop is op een aantal tijdstippen het verloop van het EGV in het oppervlaktewater in de Nieuwkoopse Plassen en de Haak gemeten.

Uit de EGV metingen vanaf het oppervlaktewater naar de bemonsterde locaties in de Haak en in de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen bleek inderdaad dat er telkens een gradiënt aanwezig is waarbij het EGV (sterk) afnam vanaf het oppervlaktewater naar de onderzochte locatie. In de Haak neemt het EGV af van 260 $\mu\text{S cm}^{-1}$ in het oppervlaktewater naar 130-155 $\mu\text{S cm}^{-1}$ op de locaties met voormalig trilveen, zie Figuur 7-5. Ook in de drie referentielocaties is een dergelijk patroon waargenomen, waarbij het EGV afnam vanaf het oppervlaktewater ($\approx 300 \mu\text{S cm}^{-1}$) naar de locaties met trilveen. Deze gradiënt blijkt wel sterk te verschillen per locatie. Zo is deze bij NK01 vanuit het petgat wat de greppel voedt van 240 $\mu\text{S cm}^{-1}$ tot 74 $\mu\text{S cm}^{-1}$ op het monsterpunt NK01, zie Figuur 7-5 voor details. Bij locatie NK02 daalt het EGV vanuit het petgat wat de greppel voedt van 276 $\mu\text{S cm}^{-1}$ tot 129 $\mu\text{S cm}^{-1}$ op NK02. Bij NK02 zijn er op basis van het EGV ook indicaties dat periodiek het naast gelegen petgat de greppel op meerdere locaties beïnvloedt, zie Figuur 7-5, met het lagere EGV

middenin de greppel. Bij NK03 is ook een gradiënt aanwezig van $320 \mu\text{S cm}^{-1}$ in de watergang via NK03 ($320 \mu\text{S cm}^{-1}$) de greppel in tot $181 \mu\text{S cm}^{-1}$. Het grote verschil is hier echter dat de trilveenvegetatie op NK03 direct aan het oppervlaktewater van de nabij gelegen watergang grenst en hierdoor sterk wordt beïnvloed.

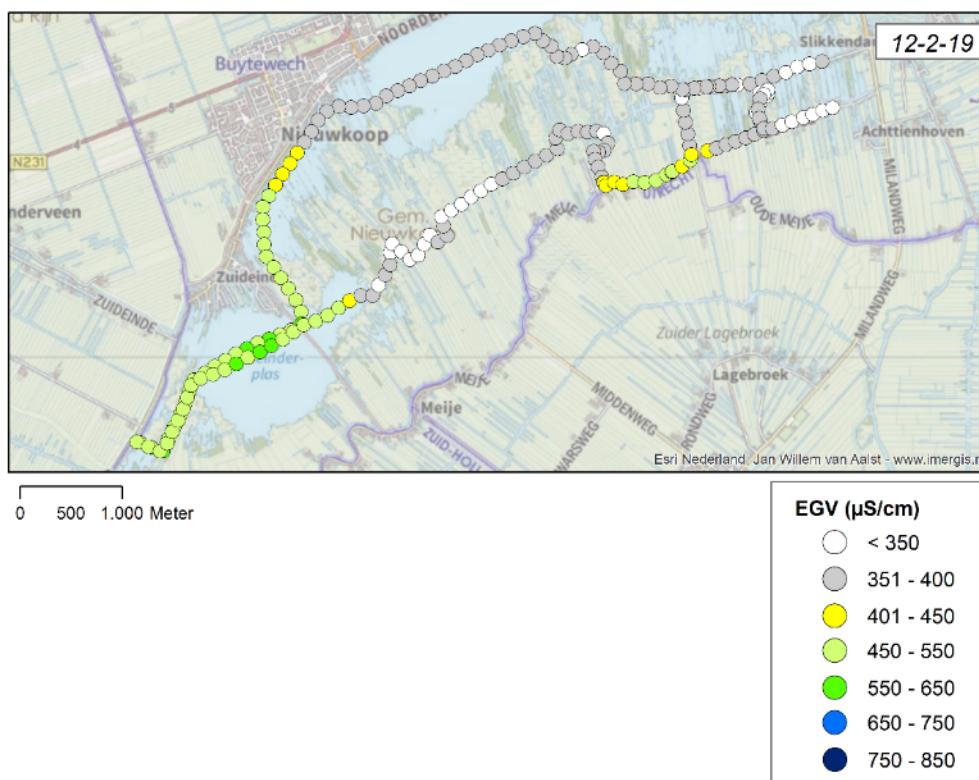


Figuur 7-5. Oppervlakte EGV gehalten in de greppels en/of in het water boven maaiveld in transecten vanaf het nabij gelegen oppervlaktewater richting de onderzoekslocaties. Links de locaties in De Haak, rechts de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen.

Uit de EGV metingen langs diepteprofielen in de bodem komt een vergelijkbaar patroon naar voren (Bijlage IV). Ook hier zijn gradiënten zichtbaar met in de wortelzone een dalend EGV bij een toenemende afstand vanaf het oppervlaktewater. In de Haak lijkt overigens op basis van het EGV enkel direct ten zuiden van het petgat nog invloed te zijn met een verhoogd EGV vanuit het petgat, in de iets westelijker gelegen raai langs een greppeltje is deze invloed niet waarneembaar. Op de twee beste referentielocaties NK01 en NK03 is wel een duidelijke invloed vanaf het oppervlaktewater richting de locaties met trilveen waarneembaar, met name bij NK03. Tevens blijkt uit deze profielen nog eens dat er geen aanwijzingen zijn dat de locaties vanuit het grondwater gevoed worden door basenrijk water (telkens een langzaam stijgend EGV met toenemende diepte). Alle locaties lijken hiermee afhankelijk van het nabij gelegen oppervlaktewater voor de voeding met basenrijk oppervlaktewater.

7.3.2 EGV metingen in het oppervlaktewater in de Nieuwkoopse Plassen en De Haak

Metingen van het EGV in het oppervlaktewater, gemeten al varende langs een vaste route (EGV routing), geven wat meer inzicht in het verloop van het EGV door het gebied. Ook hierbij kan het EGV wederom als een indicatie gebruikt worden voor de basenrijkdom van het oppervlaktewater. Deze metingen zijn op een aantal tijdstippen verricht, zie een voorbeeld in Figuur 7-6 en alle gegevens in 84Bijlage V.



Figuur 7-6. Resultaten van een EGV routing (metingen van het EGV langs een vaarroute op 12 februari 2019).

Uit deze gegevens komt naar voren dat het EGV door het jaar heen fluctueert en sterke gradiënten in het gebied laat zien. Het verloop van het EGV laat zien waar basenrijk oppervlaktewater het gebied beïnvloedt en tot hoe ver deze invloed in het gebied reikt. Zo zijn duidelijk hogere EGV waarden gemeten aan de westelijke kant van het gebied bij de Ziendevaart en ook hogere EGV waarden in de Meije ten westen van de beheerschuur. Vanaf de Ziendevaart het gebied in neemt het EGV sterk af (het wordt steeds meer met regenwater vermengd) en vanaf de Meije west en noordwaarts het gebied in is een vergelijkbaar patroon zichtbaar. Ook valt op dat het EGV in de Boschwetering (ten zuiden van de Haak) lager is dan in de Meije en nabij de ingang van het petgatencomplex dat het voormalige stuk trilveen in de Haak voedt lager is dan nabij de referentielocaties met trilveen in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen. Daarnaast blijkt het EGV vanuit de Boschwetering door het petgaten complex naar het voormalige stuk trilveen nog verder af te nemen.

Uit de verschillende meetmomenten blijkt wel dat het EGV door de seizoenen sterk fluctueert naar gelang de mate van invloed van gebiedsvreemd water, neerslag en verdamping. De gegevens van de EGV routing zijn echter op te weinig tijdstippen in het jaar verzameld om hier goede conclusies uit te kunnen trekken.

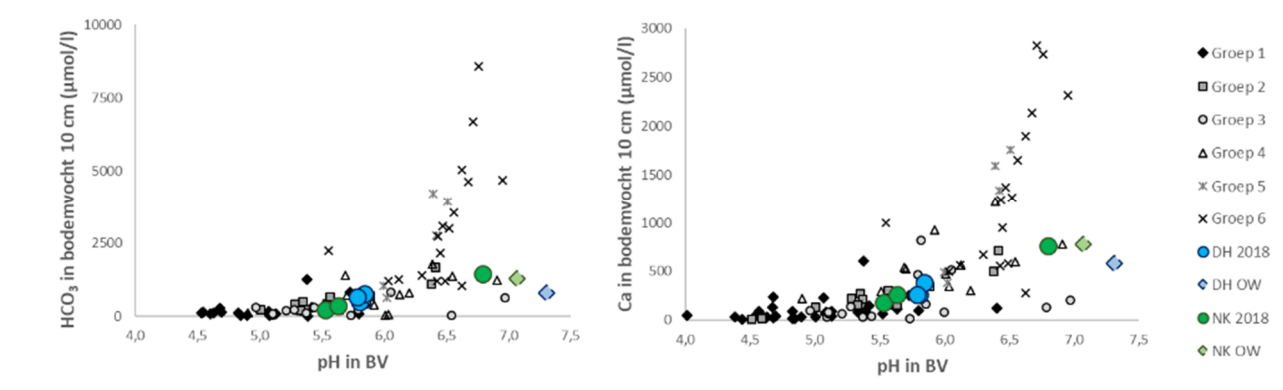
7.4 Vergelijking van biogeochemische standplaatsfactoren met historische en landelijke referentie

Om de binnen het huidige project bepaalde biogeochemische standplaatsfactoren in de Haak en in de drie referentie locaties in de Nieuwkoopse Plassen in een breder kader te plaatsen zijn deze vergeleken met (1) oudere gegevens van de Haak uit de tijd dat dit nog een goed functionerend trilveen was (data C. Cusell en A. Kooijman, 2011) en met (2) een grote referentiedataset van recent OBN onderzoek aan Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden (Van Diggelen et al. 2018). In dit OBN onderzoek aan Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden zijn overigens ook twee referentielocaties binnen het huidige project (NK01 en NK03) destijds al meegenomen.

Uit de vergelijking van de standplaatsfactoren in het trilveen in de Haak ten tijde dat hier nog een goed ontwikkeld trilveen aanwezig was blijkt dat deze locaties destijds werden gekenmerkt door een hogere pH, hogere calciumconcentratie en lagere fosforconcentratie. Te weten; een pH van 6,3, alkaliniteit van 1,4 meq/l, een calciumconcentratie van 566 $\mu\text{mol/l}$ (23 mg L^{-1}) en een fosforconcentratie van 0,1 $\mu\text{mol/l}$ (onder huidige condities gaat het om pH 5,8, alkaliniteit van 1,1, 359 $\mu\text{mol Ca/l}$ (14 mg/l) en 1,8 $\mu\text{mol P/l}$). Tevens bleek het EGV ten tijde dat het trilveen nog intact was hoger te zijn (316 $\mu\text{S/cm}$, versus 180 $\mu\text{S/cm}$ onder de huidige condities). Ook concentraties van een serie ionen zoals natrium, chloride, magnesium en kalium waren destijds hoger dan onder de huidige condities. De locatie in de Haak blijkt dus onder de huidige condities zuurder en eutrofer te zijn dan in het verleden. Uit een vergelijking van standplaatsfactoren op de referentielocaties NK01 en NK03 in de Nieuwkoopse Plassen met eerdere metingen in 2015 blijkt dat NK03 weinig veranderd is en NK01 verzuurd is. De stijging van de fosforconcentratie boven de 1 $\mu\text{mol/l}$ is zorgelijk te noemen en komt de instandhouding van trilveen niet ten goede. Deze verhoging van de P-beschikbaarheid kan worden veroorzaakt door een verhoogde afbraak (mineralisatie) van de bovenste veenlaag als gevolg van droogval en tijdelijk oxidatie. Extra drogers zomers zoals die van 2018 en 2019 zullen dit proces bevorderen. Daarnaast kan ook de door verdroging en atmosferische stikstofdepositie ontstane verzuring de oorzaak zijn van de verhoogde P-beschikbaarheid, doordat de lagere pH leidt tot het oplossen van calciumfosfaten. Uit aanvullende bodemanalyses (oxalaat-extracties) blijft dat ook de bodemfracties welke fosfor zouden kunnen binden in de bodem wat zijn verlaagd in vergelijking met eerder onderzoek in 2011, ook dit kan veroorzaakt zijn door verzurende processen in de bodem. De lichte stijging van de P-beschikbaarheid kan hoe dan ook een mogelijk oorzaak zijn van de waargenomen algengroei in de stukken met open water en greppels in De Haak.

Uit vergelijking van de huidige standplaatsfactoren in de Haak en de drie referentielocaties met een landelijke referentie dataset van 110 locaties in Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden uit recent OBN onderzoek (Van Diggelen et al. 2018) komt naar voren dat de locaties in de Haak onder de huidige condities beduidend zuurder zijn en lagere calcium- en bicarbonaatconcentraties bevatten dan andere Nederlandse trilvenen (Figuur 7-7). De chemie op de locaties van de Haak komt grofweg overeen met de groep van basenarm veenmosrietlanden uit het OBN onderzoek (groep 3). De referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen verschillen onderling sterk, locaties NK01 en NK02 zijn nog wat zuurder en calciumarmen dan de locaties in de Haak maar vertonen ook gelijkenissen met de groep van basenarm veenmosrietlanden (groep 3). De referentie locatie NK03 uit het huidige project komt nog het dichtst in de buurt van andere Nederlandse trilvenen. Deze locatie vertoont (evenals de beide oppervlaktewateren) overeenkomsten met de groep van de eutrofe trilvenen (groep 5). Maar zelfs ook locatie NK03, en dus alle in dit huidige project onderzochte locaties,

hebben een te lage pH en te lage calcium- en bicarbonaatconcentratie voor mesotroof trilveen (groep 6). Ook het oppervlaktewater in zowel de Nieuwkoopse Plassen als de Haak heeft dus te lage calcium- en bicarbonaatconcentraties in vergelijking met het bodemvocht van ‘goed’ ontwikkelde Nederlandse trilveren.

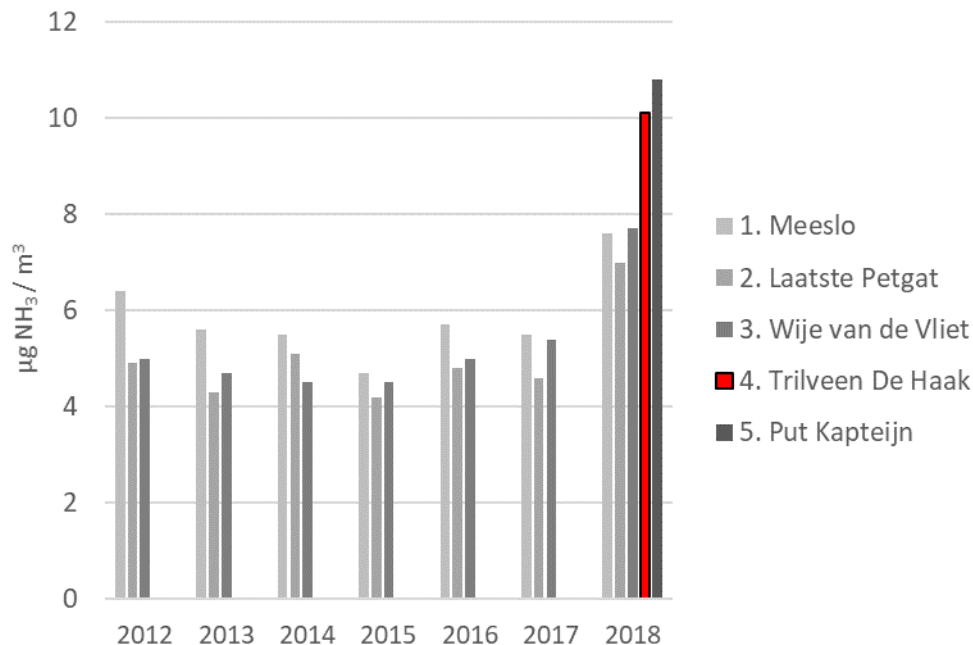


Figuur 7-7. Links de pH in het bodemvocht op 10 cm diepte uitgezet tegen de bicarbonaatconcentratie op 10 cm diepte. Rechts de pH in het bodemvocht op 10 cm diepte uitgezet tegen de calciumconcentratie op 10 cm diepte. In beide figuren zijn de drie onderzochte locaties in De Haak (blauwe cirkels) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (groene cirkels) weergegeven. Daarnaast zijn ook het oppervlaktewater van De Haak en centraal in de Nieuwkoopse Plassen weergegeven (licht blauwe en licht groene vierkantjes). Op de achtergrond is een referentie dataset weergegeven afkomstig uit OBN onderzoek aan trilveren en veenmosrietlanden in Nederland (Van Diggelen et al 2018). In dit onderzoek zijn de Nederlandse succesie statia van trilveren naar veenmosrietlanden in zes verschillende groepen ingedeeld; groep 1 (verzuurd veenmosrietland), groep 2 (verzuurd overgangsveen), groep 3 (basenarm veenmosrietland), groep 4 (basenarm overgangsveen), groep 5 (eutroof trilveen) en groep 6 (mesotroof trilveen).

7.5 Atmosferische stikstofdepositie

Ondanks dat door diverse landelijke inspanningen er sprake is van een daling van de atmosferische N-depositie sinds de jaren '80 van de vorige eeuw in Nederland is deze nog steeds te hoog voor de meeste natuurdoeltypen. De laatste jaren neemt de atmosferische N-depositie niet verder af terwijl de huidige N-depositie nog steeds veel te hoog is voor veel hiervoor gevoelige habitattypen. De vastgestelde kritische depositie waarden (KDW) die voor de subhabitattypen Trilveren en Veenmosrietlanden zijn vastgesteld (respectievelijk 17 kg N/ha/jaar (1214 mol N/ha/jr) en 10 kg N/ha/jr (714 mol N/ha/jr)) worden nog steeds ruimschoots overschreden. Dit geldt ook voor de Nieuwkoopse Plassen (Van Diggelen et al. 2018 en gegevens www.man.rivm.nl). Het RIVM monitort de atmosferische stikstofdepositie, of beter gezegd de luchtconcentraties van ammoniak in het MAN meetnet (Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden). Ook in de Nieuwkoopse Plassen worden sinds 2011 op drie locaties metingen verricht. Deze drie locaties liggen in een lijn van west naar oost (1, Meerslo, 2. Laatste petgat en 3. Wijze van de Vliet, zie website man.rivm.nl). In 2018 zijn hier door het RIVM twee locaties aan toegevoegd, één direct naast het trilveen in de Haak (locatie “trilveen de Haak”) en één aan de westkant van de Nieuwkoopse plassen (locatie “Put Kapteijn”), (zie bijlage VI voor de locaties). Uit de lange termijn gegevens van de drie locaties in de Nieuwkoopse plassen zijn weinig verschillen zichtbaar tussen de

locaties terwijl het model AERIUS wel een verhoogde stikstofdepositie berekend, specifiek voor de Haak (Van Diggelen et al. 2018). De in 2018 door het RIVM geplaatste extra locaties laten beide een hogere ammoniakconcentratie zien in 2018 in vergelijking met de drie meetpunten centraal in de Nieuwkoopse plassen (in de Haak 35% hoger als de drie locaties centraal in de Nieuwkoopse plassen) (zie figuur 7.8). Naast deze hogere ammoniakconcentraties in de Haak blijkt ook uit de lange termijn gegevens van het RIVM dat de ammoniakconcentraties in 2018 hoger waren als in de jaren ervoor (figuur 7.8), wat een landelijke trend lijkt te zijn (www.man.rivm.nl).



Figuur 7-8. De ammoniakconcentratie (in $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$) op de vijf MAN-meetpunten van het RIVM in de Nieuwkoopse plassen (data: www.man.rivm.nl). Drie van de vijf locaties worden al sinds 2012 gemonitord en twee locaties, waaronder het Trilveen in De Haak (in rood), worden sinds 2018 gemonitord.

Atmosferische N-depositie kan verschillende negatieve effecten tot gevolg hebben zoals; direct of indirect via verzuring van de bodem, via vermesting, en/of in de vorm van ammonium (NH_4) toxiciteit voor de vegetatie. Met name in een al zwak gebufferd en nutriëntenarm gebied als de Haak en de Nieuwkoopse Plassen is alle aanvullende verzuring en verrijking met nutriënten een negatieve ontwikkeling voor de instandhouding van de juiste standplaatsfactoren voor trilveen. Op basis van de verrichte metingen in het bodemporiewater zijn er echter geen aanwijzingen gevonden voor sterk verhoogde ammoniumconcentraties.

7.6 Conclusies

Het voormalige trilveen in de Haak heeft in de wortelzone een relatief lage pH en lagere concentraties van basische kationen in vergelijking met enkele van de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen. Tevens is het voormalige trilveen in de Haak minder goed gebufferd en zuurder dan het noordelijk gelegen petgat. Daarbij komt dat uit ammoniakdepositiemetingen van het RIVM blijkt dat de ammoniakdepositie in de Haak hoger is in vergelijking met het centrale deel van de Nieuwkoopse plassen, met de hieruit voortkomende extra stikstof en verzuring. De drie voor dit project geselecteerde

referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (locaties waar Rood schorpioenmos voorkomt) blijken onderling sterk te verschillen. NK03 blijkt als kwalitatief beste referentiepunt naar voren te komen. NK03 heeft in de wortelzone een hogere pH, is beter gebufferd en heeft een hogere basenrijkdom. Op de referentie locaties NK01 en NK02 zijn, ondanks het voorkomen van Rood schorpioenmos duidelijke tekenen van verzuring en is de invloed van basenrijk oppervlaktewater het laagst.

Het oppervlaktewater in de Haak in het petgat ten noorden van het voormalige trilveen is minder sterk gebufferd en heeft lagere basische kationconcentraties dan het oppervlaktewater nabij de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen. Daarnaast neemt in alle locaties zowel in de bodem als in het oppervlaktewater in de greppels het EGV af bij toenemende afstand vanaf het oppervlaktewater. Dit kan als indicatie gezien worden voor een dalende buffering en basenrijkdom bij grotere afstand vanaf het oppervlaktewater. EGV metingen in diepte profielen laten zien dat alle locaties enkel gevoed worden met basenrijk water vanuit het nabij gelegen oppervlaktewater, en alleen bij referentielocatie NK03 is deze voeding voldoende om verzuring te voorkomen. Ook EGV metingen in het oppervlaktewater op gebiedsniveau laten zien dat er sterke gradiënten aanwezig zijn en dat het EGV in de Boschwetering in de Haak lager is dan in het oppervlaktewater nabij de referentielocaties en dat deze nog verder afneemt in het petgatencomplex vanaf de Boschwetering naar het petgat dat het voormalige stuk trilveen in de Haak voedt.

De nutriëntconcentraties in het oppervlaktewater en in het bodem poriewater lijken niet sterk te verschillen tussen de locaties in de Haak en de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen. Ook het oppervlaktewater in de directe nabijheid van de locatie in de Haak en de referentielocaties lijkt niet wezenlijk te verschillen. Wel is er in de Haak algenbloei waar genomen in de greppels en is de fosforconcentratie in vergelijking met eerder onderzoek gestegen, wat een zorgelijke trend is. Deze verhoging van de P-beschikbaarheid kan worden veroorzaakt door (1) een verhoogde afbraak (mineralisatie) van de bovenste veenlaag als gevolg van droogval en tijdelijk oxidatie en (2) verzurende processen door verdroging en atmosferische stikstofdepositie.

De grootste bottleneck voor de instandhouding van het trilveen in de Haak en de Nieuwkoopse Plassen blijkt de te lage invloed van basenrijk en nutriëntenarm oppervlaktewater. Deze invloed is nodig om de condities op locaties met trilveen nat, basenrijk en nutriëntenarm te houden en met behulp van het oppervlaktewater verzuring, verdroging en eutrofiering tegen te gaan.

8 Vegetatie

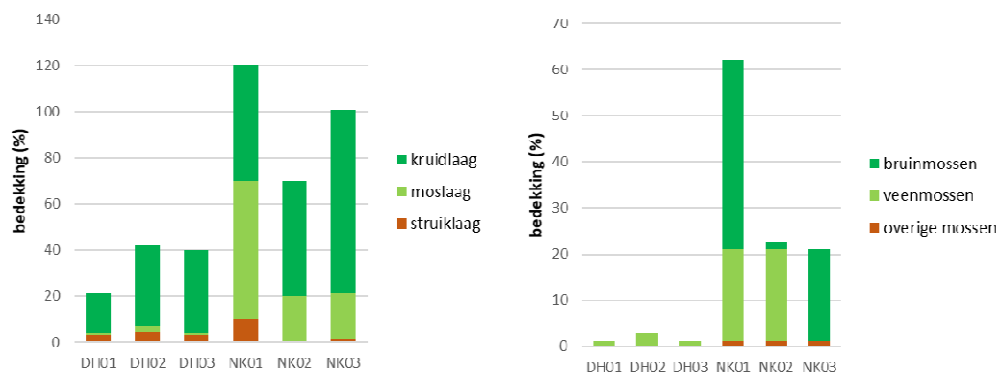
8.1 De Haak

Uit de vegetatiesamenstelling van de drie binnen dit project in de Haak onderzochte locaties blijkt dat er geen goed ontwikkelde trilveenvegetatie meer aanwezig is. De vegetatie wordt gekenmerkt door een combinatie van soorten van veenmosrietlanden (met soorten als riet, gewoon veenmos, ronde zonnedaauw en padderus) en soorten als veenpluis, gewone dophei en gewoon haarmos die kenmerkend zijn voor zuurdere vegetatietype zoals veenheide. Ondanks dat deze soorten van zuurdere omstandigheden de overhand hebben zijn er ook nog wel enkele soorten aangetroffen welke een invloed van minerotroof water indiceren en ook veelvuldig in goed ontwikkelde trilvenen dan wel goed ontwikkelde veenmosrietland met invloed van basenrijkwater voorkomen zoals Glanzend veenmos, Trilveenveenmos en Klein blaasjeskruid, zei het allen in lage bedekkingen. Van de voor habitatype trilveen benoemde karakteristieke mossen en vaatplanten is enkel Trilveenveenmos aangetroffen in de Haak. Andere kenmerkende soorten voor het habitatype trilveen als rood schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*), Ronde zegge (*Carex diandra*), slank wollegras (*Eriophorum gracile*) en de veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*) zijn niet aangetroffen. Wel is er tijdens de bemonstering langs de waterkant van het ten noorden van de onderzochte locaties gelegen petgat een plukje rood schorpioenmos aangetroffen en is er tijdens een PKN excursie in 2018 de Veenmosorchis langs de waterkant waargenomen.

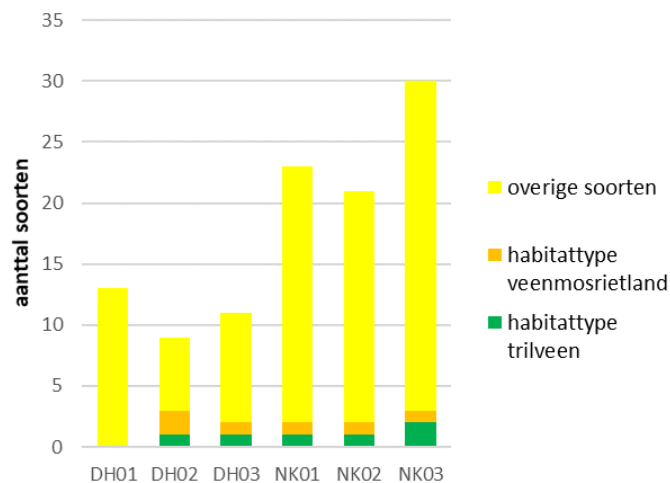


Figuur 8-1. Overzichtsfoto van de locatie in De Haak met voormalig trilveen (foto: G. van Dijk)

Tevens bleek dat een groot aandeel van de bodem in De Haak uit kale bodem bestond, ook zijn hier en daar zones met dood veenmos aangetroffen. De totale bedekking van de vegetatie was dan ook laag (maximaal 40%) en deze werd gedomineerd door riet, padderus en gagel, zie Figuur 8-1 en Figuur 8-2. Ook bleek dat de aanwezige vegetatie gedomineerd werd door vaatplanten. Het gemiddeld aantal soorten betrof 11 waarvan wel 1 karakteristiek voor habitatype trilveen (trilveenveenmos) en twee karakteristiek voor habitatype veenmosrietland (glanzend veenmos en ronde zonnedaauw) (Figuur 8-3).



Figuur 8-2. Links de bedekking van de vegetatie op de drie onderzoekslocaties in De Haak (DH01 – DH03) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse plassen (NK01 – NK03) opgedeeld in bedekking van de kruidlaag, de moslaag en de struiklaag. Rechts enkel de bedekking van de moslaag opgedeeld in bruinmossen, veenmossen en overige mossen.



Figuur 8-3. Het aantal soorten opgedeeld in kwalificerende soorten voor habitatype trilveen, habitatype veenmosrietland en overige soorten op de drie onderzoekslocaties in De Haak (DH01 – DH03) en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse plassen (NK01 – NK03).

8.2 Referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen

De drie referentielocaties worden allen gekenmerkt door en zijn geselecteerd op basis van de aanwezigheid van rood schorpioenmos maar verschillen verder sterk in soortensamenstelling. NK01 bevat een smalle zone met trilveen vegetatie in een smalle verlandende greppel waarvan de oevers al worden gekarakteriseerd door een zuurdere door veenmossen gedomineerde vegetatie. Dit betreft de laatste locatie in de Nieuwkoopse Plassen waar “van nature” rood schorpioenmos voorkomt, op de andere plekken is de soort na een beheeringreep ingebracht (Figuur 8-4). Deze locatie heeft een diverse soortensamenstelling met in totaal 23 soorten waarbinnen mossen op basis van bedekking de overhand hebben. De vegetatiesamenstelling wordt gekenmerkt door de combinatie van minerotrofe soorten in de greppel zelf zoals rood schorpioenmos (40%), ronde zegge, zwarte zegge, klein blaasjeskruid, gewoon puntmos en wateraardbei. Naar de randen van het greppeltje gaat de vegetatie over in een door Gewoon veenmos gedomineerde vegetatie met riet, padderus, pluimzegge, gagel, kleine lisdodde en hier en daar veenpluis en ronde zonnedauw.



Figuur 8-4. Rood schorpioenmos in de greppel van NK01 (foto: G. van Dijk)

NK02 is nog een erg jonge locatie en bestond tijdens de opname zelfs nog voor een deel uit kale bodem (vanwege de recente plagwerkzaamheden). Van de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen is dit dan ook de locatie met de laagste totale bedekking (totale bedekking van mossen en vaatplanten is 60%) en het laagste aantal soorten (21). Vaatplanten voeren hier de boventoon en de mossen worden gedomineerd door veenmossen. Het hier aangebrachte plukje rood schorpioenmos lijkt zich echter wel te handhaven ondanks de oprukkende veenmossen en de droge zomer in 2018 (Figuur 8-5). In de vegetatiesamenstelling van NK02 ontbreken de trilveen soorten, de locatie bevat veel soorten van veenmosrietlanden met de twee dominante soorten Riet en gewoon veenmos. Alle andere soorten hebben een lage bedekking, enkele voorbeelden zijn ronde zonnedauw, klein blaasjeskruid, blauwe zegge, veenpluis, moerasviooltje, wateraardbei, tormentil en koningsvaren.



Figuur 8-5. Plukje ingezet Rood schorpioenmos op NK02 in het voorjaar (onder water) (links onder) en in de zomer (droog) (boven) en najaar (droog) (rechts onder) (foto: G. van Dijk)

NK03 lijkt de meest complete trilveenvegetatie van de drie referentielocaties te bevatten en beslaat ook het grootste oppervlak. Deze locatie heeft het hoogste aantal soorten (30) waarbinnen vaatplanten de overhand hebben (zowel voor aantal soorten

als voor bedekking). De vaatplantensamenstelling wordt gedomineerd door riet, moerasvaren en kleine lisdodde. Hiertussen staan in lage bedekkingen echter een groot aantal soorten welke ook veel in trilvenen worden aangetroffen zoals ronde zegge, kleine valeriaan, klein blaasjeskruid, groenknolorchis en scherpe zegge. Opvallend is ook dat in deze opname veenmossen geheel ontbreken en de mossamenstelling wordt gedomineerd door bruinmossen, met name door rood schorpioenmos, maar ook met veenknikmos (*Bryum pseudotricuatum*) en sterregoudmos (*Campylium stellatum*) komen hier voor (Figuur 8-6).

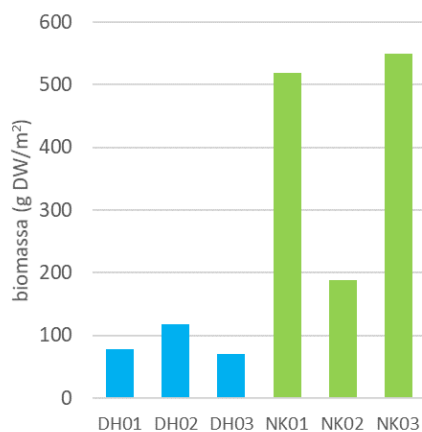


Figuur 8-6. Enkele foto's van de vegetatie op NK03, links; Rood schorpioenmos, centraal; Veenknikmos en rechts; o.a. rRood schorpioenmos en groenknolorchis (foto's: G. van Dijk)

8.3 Biomassa

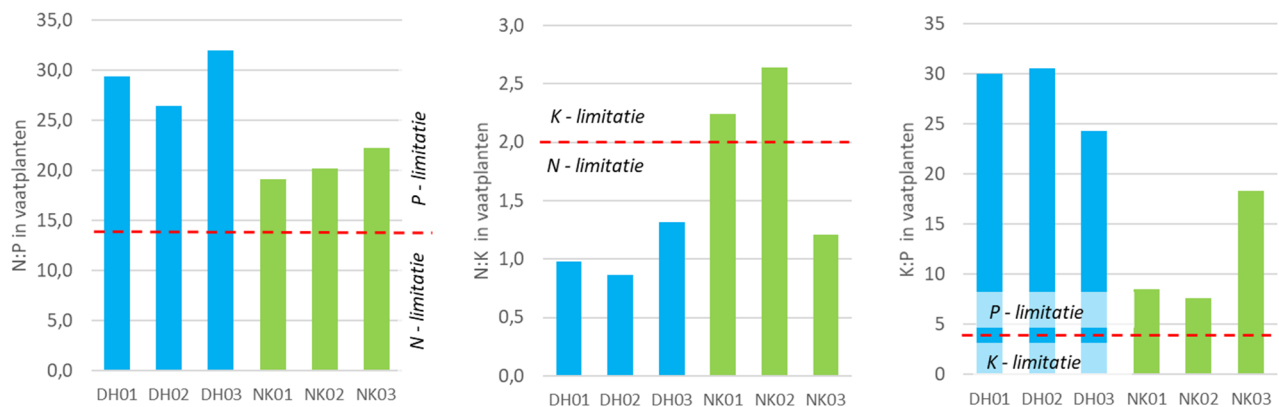
In het huidige project is ook de tijdens de bemonstering aanwezige biomassa aan vaatplanten bepaald (standing crop) (zie

Figuur 8-7). Uit de biomassa bepalingen komt een vergelijkbaar beeld naar voren als uit de vegetatie opname en blijkt dat de aanwezige biomassa in De Haak beduidend lager is in vergelijking met de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen en dat binnen de Nieuwkoopse Plassen de recent geplagde locatie (NK02) een lagere biomassa heeft.



Figuur 8-7. De vaatplanten biomassa in gram droog gewicht per m² op de zes onderochte locaties.

Tevens is de hierbij verzamelde biomassa gedroogd en chemisch geanalyseerd (Figuur 8-8). Met behulp van het gehalte aan bijvoorbeeld stikstof, fosfor en kalium kan een goede inschatting worden gemaakt in hoeverre er wel en geen limitatie optreedt voor bepaalde nutriënten wat weer een indicatie kan zijn voor de verhouding waarin verschillende nutriënten voor de planten beschikbaar zijn. Uit deze resultaten komt naar voren dat op basis van de N:P ratio's de vaatplanten P-gelimiteerd zijn, of met andere woorden mogelijk veel stikstof tot hun beschikking hebben, in de Haak is dit sterker dan in de Nieuwkoopse Plassen. Absolute N, P en K concentraties in de vaatplanten vallen in de range van concentraties in vaatplanten van Nederlandse trilvenen welke zijn aangetroffen in referentieonderzoek. Ook de K:P ratio's geven een vergelijkbaar beeld en schetsen het beeld dat waarschijnlijk K limitatie geen belangrijke rol speelt.



Figuur 8-8. N:P (links), N:K (midden) en K:P (rechts) ratio's in de bovengrondse biomassa van de vaatplanten op de verschillende locaties. De rode stippellijnen geven de grens aan van N-limitatie:

N:P ratio <14.5 en N:K ratio <2.1; van P- (of P+N) (co-)limitatie: N:P ratio >14.5 en K:P ratio >3.4; en van K- (of K+N) (co-)limitatie: N:K ratio >2.1 en K:P ratio <3.4 (Olde Venterink et al., 2003).

8.4 Vergelijking van vegetatiesamenstelling met historische referentie

In vergelijking met eerdere vegetatiekarteringen is het oppervlak aan trilveen in de Haak sterk gereduceerd. Uit een vergelijking van de huidige vegetatiesamenstelling in de Haak met een in het verleden door leden van het huidige consortium uitgevoerde vegetatieopname in de zone met trilveen in de Haak komt een sterke achteruitgang van het trilveen duidelijk naar voren. In een vegetatieopname van 2011 waren veel voor trilvenen karakteristieke soorten aanwezig welke onder de huidige condities in de Haak geheel (lijken te) ontbreken. Met betrekking tot mossen ontbreken op dit moment soorten als veenknikmos, reuzenpuntmos, moerasbuidelmos, sterrengoudmos en rood schorpioenmos (destijds 10% bedekking). Met betrekking tot de vaatplanten gaat het om groenknolorchis en zijn soorten als wateraardbei, moerasvaren en klein blaasjeskruid zeer sterk in bedekking achteruit gegaan. Ondanks dat er destijds ook al wel soorten van wat zuurdere condities in lage bedekking in de opname aanwezig waren zoals gewone dophei, ronde zonnedauw en kamvaren zijn het onder de huidige condities juist de soorten van (verzuurde) veenmosrietlanden die de overhand hebben.

In twee van de drie referentielocaties (NK01 en NK03) waren binnen het huidige consortium oudere vegetatieopname beschikbaar. Uit vergelijking van de destijds (2015) aangetroffen soortensamenstelling blijkt deze relatief constant. Ook op locatie NK01 waar op basis van de samenstelling van het bodemporiewater en oppervlaktewater wel duidelijke tekenen van verzuring zijn, is dit nog niet terug te zien in de vegetatie. Wel lijkt de verlanding met zuurdere vegetatie vanaf de oevers op te rukken ten koste van het trilveen.

8.5 Conclusies

Uit de vegetatieopnamen in de Haak en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen komt naar voren dat er in de Haak geen goed ontwikkelde trilveenvegetatie meer aanwezig is. De vegetatie in de Haak wordt gekenmerkt door een combinatie van soorten van veenmosrietlanden en soorten welke kenmerkend zijn voor zuurdere vegetatietypen zoals veenheide. Wel zijn er hier en daar nog soorten aangetroffen die een invloed van minerotroof water indiceren en ook veelvuldig in goed ontwikkelde trilvenen dan wel goed ontwikkelde veenmosrietland met invloed van basenrijkwater voorkomen zoals Glanzend veenmos, Trilveenveenmos en Klein blaasjeskruid, zei het allen in lage bedekkingen.

De drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen zijn geselecteerd op basis van de aanwezigheid van Rood schorpioenmos maar verschillen verder sterk in soortensamenstelling. NK01 is de enige locatie waar van oorsprong Rood schorpioenmos voorkomt en bestaat uit een smalle zone met trilveen vegetatie in een smalle greppel waarvan de oevers al worden gekarakteriseerd door een zuurdere door veenmossen gedomineerde vegetatie. NK02 bestaat uit een recent geplagd perceel waar rood schorpioenmos in is aangebracht. Deze locatie blijkt qua vegetatiesamenstelling niet de samenstelling van een trilveen te bevatten maar van een zuurder en droger veenmosrietland en bestaat ook ten dele nog uit kale bodem. NK03 daarentegen bevat wel een goed ontwikkelde trilveenvegetatie ondanks dat ook hier rood schorpioenmos na inrichting is aangebracht.

9 Synthese, conclusies en aanbevelingen

9.1 Probleemanalyse huidige toestand van trilveen in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen

Invloed van basenrijkwater om verzuring tegen te gaan

Voor de instandhouding van goed ontwikkeld trilveen is het van belang de pH en buffering hoog genoeg te houden om verzuring en verdere successie naar overgangsvennen en verder verzuurde vegetaties af te remmen. Hiervoor is het belangrijk de pH rond 6,5-7 te houden door aanvoer van gebufferd water (bicarbonaat- en calciumrijk water). De aanvoer van gebufferd water is van groot belang om de condities voor trilveen goed te houden en de constant verzurende invloed van de nog te hoge atmosferische stikstofdepositie (die tot extra verzuring in trilvenen leidt, en hiermee het bufferend vermogen van de bodem vermindert) tegen te gaan. In De Haak en de Nieuwkoopse Plassen is geen invloed van gebufferd grondwater aanwezig en wel sprake van een stikstofdepositie boven de kritische depositiewaarde voor habitatype trilveen. Er is sprake van (lichte) wegzijging, waardoor de locaties met trilveen geheel afhankelijk zijn van de aanvoer van basenrijk en nutriëntenarm oppervlaktewater. Voor de instandhouding van goed ontwikkeld trilveen zijn grenswaarden opgesteld voor aanvoer van basenrijk water van Ca ($>2000 \mu\text{mol/l}$), HCO_3^- ($>4000 \mu\text{mol/l}$) en een pH van 7, welke een goede indicatie geven voor de condities waarnaar gestreefd moet worden om trilveen in stand te kunnen houden (Cusell et al., 2013, Van Diggelen et al. 2018). Uit het huidige onderzoek komt naar voren dat deze waarden voor zowel de locaties in De Haak als de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen, maar ook in het oppervlaktewater in beide deelgebieden duidelijk niet gehaald worden. In De Haak is het gehele perceel te zuur en te basenarm en op de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen blijkt door de jaren heen ook verzuring op te treden. De condities voor de instandhouding en mogelijke ontwikkeling en herstel van trilveen zijn dus suboptimaal in De Haak en in iets mindere mate ook suboptimaal in de Nieuwkoopse Plassen. De langdurige aanwezigheid van Rood schorpioenmos en andere karakteristieke trilveensoorten in twee van de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen geeft wel aan dat het mogelijk is, maar het betreft een zeer kwetsbare situatie: potentiële verzuring ligt overal op de loer. Het is dan ook essentieel, voor zowel de Nieuwkoopse Plassen, en in nog grotere mate voor De Haak, dat er condities worden gecreëerd met een grote invloed van zo basenrijk mogelijk (maar nutriëntarm) oppervlaktewater. Het is hierbij essentieel dat het aangevoerde gebufferde oppervlaktewater ook daadwerkelijk de bodem infiltreert en mogelijk zelfs periodiek boven maaiveld staat en daarmee de verzuring naar veenmos-gedomineerde vegetatietypen afremt. Los van de aanvoer van basenrijk oppervlaktewater is het ook van belang dat deze locaties goed nat blijven en niet te veel uitdrogen gedurende de zomer (verdroging kan weer verzuring en eutrofiëring veroorzaken). In de praktijk zal de invloed van basenrijk oppervlaktewater door de heterogeniteit van de veenbodem leiden tot gradiënten in invloed van het basenrijke oppervlaktewater wat idealiter ook

zal leiden tot een diverse vegetatie met stukken goed ontwikkeld mesotroof trilveen en overgangen naar basenrijk veenmosrietland.

Eutrofiëring

Naast het hierboven besproken belang van de basenrijkdom is ook de trofiegraad van groot belang voor de instandhouding en ontwikkeling van trilveen. Zowel een hoge beschikbaarheid van stikstof als fosfor kan de instandhouding van trilveen negatief beïnvloeden. Omdat de vegetatie in gebufferde en mesotrofe trilvenen veelal door fosfor wordt gelimiteerd, lijken trilvenen in vergelijking met andere kwetsbare vegetatietype minder gevoelig voor het potentieel vermestende effect van atmosferische stikstofdepositie. De lagere P-beschikbaarheid in de bodem van trilvenen suggereert dan ook dat fosfor een grotere rol speelt dan de beschikbaarheid van stikstof voor de instandhouding van de meest gebufferde, mesotrofe trilveenvegetaties (Kooijman & Paulissen, 2006). Dit wordt ook ondersteund door de N:P ratio's in de vaatplanten welke op P-limitatie wijzen. Het is hierom van groot belang de fosforconcentraties in het oppervlaktewater zo laag mogelijk te houden. De constant hoge atmosferische stikstofdepositie maakt het extra belangrijk om in deze systemen de fosforlimitatie in stand te houden voor het tegengaan van verzuiging en het voorkomen van de vestiging van snelgroeiende veenmossen (welke de verzuring weer actief versnellen).

De huidige atmosferische stikstofdepositie in de Nieuwkoopse Plassen is hoger dan de voor de habitattypen trilveen en veenmosrietland opgestelde kritische depositie waarde. Ook blijkt uit de in 2018 gestarte ammoniakdepositiemetingen van het RIVM dat in 2018 de ammoniakdepositie in de Haak 35% hoger is dan in het centrale gedeelte van de Nieuwkoopse Plassen. Hoge atmosferische stikstofdepositie via verzuring leidt tot een (licht) verhoogde fosforbeschikbaarheid als gevolg van oplossen van onder andere calciumfosfaatverbindingen. In eerder onderzoek werd gevonden dat de landschappelijke positie en lokale hydrologie bepalend zijn voor het type groeilimitatie binnen het hydrologisch systeem (Cusell et al., 2014). Uit vergelijking van de gegevens van het huidige onderzoek met de referentiedataset vanuit recent OBN onderzoek blijkt dat het oppervlaktewater in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen momenteel niet te hoge nutriëntconcentraties bevat, wat gunstig is voor de instandhouding en ontwikkeling van habitattypen trilveen. In vergelijking met eerdere chemische analyses in het trilveen in De Haak is de fosforconcentratie in het bodemporiewater echter wel gestegen (van 0,1 naar 1,8 $\mu\text{mol/l}$, in het oppervlaktewater betrof deze gemiddeld 0,9 $\mu\text{mol/l}$ in de huidige studie). Deze stijging boven de 1 $\mu\text{mol/l}$ is zorgelijk te noemen en komt de instandhouding van trilveen niet ten goede. Deze verhoging van de P-beschikbaarheid kan worden veroorzaakt door een verhoogde afbraak van de bovenste veenlaag als gevolg van droogval en tijdelijk oxidatie. Daarnaast kan ook de door verdroging en atmosferische stikstofdepositie ontstane verzuring de oorzaak zijn van de verhoogde P-beschikbaarheid, doordat de lagere pH leidt tot het oplossen van calciumfosfaten. Deze lichte stijging van de P-beschikbaarheid kan hoe dan ook een mogelijk oorzaak zijn van de waargenomen algengroei in de stukken met open water en greppels in De Haak. Ondanks de waargenomen algenbloei en de verhoogde fosforconcentraties in het bodemporiewater duidt de verhouding aan nutriënten in de vaatplanten in De Haak nog wel op P-limitatie.

9.2 Conclusies

- Uit de vegetatieopnamen in De Haak en de drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen is gebleken dat de trilveen vegetatie in De Haak verdwenen is. De huidige vegetatiesamenstelling in De Haak wordt gekenmerkt door een combinatie van soorten van veenmosrietlanden en soorten welke kenmerkend zijn voor zuurdere vegetatietype als veenheide. Wel zijn er hier en daar nog soorten aangetroffen welke een invloed van minerotroof water indiceren. De drie referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen zijn geselecteerd op basis van de aanwezigheid van rood schorpioenmos maar verschillen verder sterk in soortensamenstelling. NK01 (oorspronkelijke trilveenlocatie) en NK03 (ingericht) bevatten een voor trilveen karakteriserende vegetatiesamenstelling.
- Alle onderzochte (voormalige) trilveenlocaties blijken voor hun basenrijkdom afhankelijk te zijn van oppervlaktewater. Het oppervlaktewater in De Haak in het petgat ten noorden van het voormalige trilveen is echter redelijk zwak gebufferd en basische kationconcentraties zijn aan de lage kant voor de instandhouding van trilveen. Het oppervlaktewater in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen zelf heeft een betere samenstelling voor trilveen dan dat in De Haak. De invloed van de buffercapaciteit neemt sterk af in greppelsystemen. De greppelafstand vanaf het hoofdoppervlaktewatersysteem naar de trilvenen dient dan ook niet te groot te zijn: bij beperkte afstand lijken de trilvenen zich het beste te kunnen ontwikkelen.
- De nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater en in het bodemporiewater lijken niet sterk te verschillen tussen de locaties in De Haak en de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen. De nutriëntenbeschikbaarheid blijkt ook niet beduidend hoger te zijn in vergelijking met een serie referentietrilvenen in Nederland. Wel is er een stijging waargenomen van de poriewater fosforconcentraties in vergelijking met de zomer van 2011, wat wel zorgelijk is aangezien juist fosfor meestal het limiterende nutriënt is in trilvenen.
- De atmosferische stikstofdepositie in de hele Nieuwkoopse Plassen is hoger dan de voor de habitatype trilveen en veenmosrietland opgestelde kritische depositiewaarde. Ook blijkt uit de in 2018 gestarte ammoniakdepositiemetingen van het RIVM dat in 2018 de ammoniakdepositie in de Haak 35% hoger is dan in het centrale gedeelte van de Nieuwkoopse Plassen.
- Het oppervlaktewater bevat momenteel niet te hoge nutriëntconcentraties wat gunstig is voor de instandhouding en ontwikkeling van habitatype trilveen. Wel is de beschikbaarheid van fosfor in vergelijking met de situatie toen er nog trilveen in De Haak aanwezig was verhoogd. Deze stijging boven de 1 $\mu\text{mol/l}$ is zorgelijk te noemen en kan veroorzaakt zijn door verdroging (verhoogde afbraak van de bovenste veenlaag als gevolg van droogval en tijdelijk oxidatie) en/of door verdroging en atmosferische stikstofdepositie ontstane verzuring. Ondanks de waargenomen algenbloei en de verhoogde fosforconcentraties in het bodemporiewater duidt de verhouding aan nutriënten in de vaatplanten in De Haak nog wel op P-limitatie.
- Het voormalige trilveen in De Haak bevat momenteel in de wortelzone een relatief lage pH en lagere concentraties van basische kationen in vergelijking met de goed functionerende referentielocatie in de Nieuwkoopse Plassen (NK03). Ook vergeleken met de situatie in de Haak in 2011 toen er nog trilveen aanwezig was is dit het geval. De drie voor dit project geselecteerde referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (locaties waar rood schorpioenmos voorkomt) verschillen onderling sterk. NK03 blijkt als kwalitatief beste referentiepunt naar voren te

komen. Op de referentie locaties NK01 en NK02 zijn, ondanks het voorkomen van rood schorpioenmos duidelijke tekenen van verzuring en is de invloed van basenrijk oppervlaktewater onder de huidige condities te laag voor duurzame instandhouding van schorpioenmostrilveen. Ook in vergelijking met Nederlandse referentietrilvenen zijn de aangetroffen condities in De Haak, en in iets mindere mate in de Nieuwkoopse Plassen, te zwak gebufferd.

- Voor behoud en herstel van trilveen is het belangrijk de basenrijkdom zo hoog mogelijk te maken. Het is hierom zaak de invloed van basenrijk oppervlaktewater te verhogen zonder de aanvoer van fosfor te veel te verhogen. De invloed van andere verzurende processen zoals verdroging en een te hoge atmosferische stikstofdepositie moeten zo laag mogelijk gehouden worden.
- Uit water- en stoffenbalansen is gebleken dat het vergroten van het wateroppervlak door het graven van nieuwe petgaten, leidt tot een grotere waterstroming het centrale gebied in (plus 10 %) in de zomer. Deze instroming vindt alleen in de zomer plaats, in de winter blijft maar een deel van het inlaatwater achter. Het afkoppelen van de Meijegraslanden en van de Meije zelf, leidt tot een verandering van de kwaliteit van het inlaatwater. Voor de instandhouding en kansen voor ontwikkeling van kwalitatief goede trilveenvegetaties in het centrale petgatengebied is de waargenomen afname van de fosforvrucht gunstig te noemen. Door de genomen hydrologische maatregelen kunnen we uitsluiten dat het water vanuit de Meije, met relatief hoge P-concentraties, in dit gebied terecht komt. De geringe afname van de calciumaanvoer is in principe ongunstig voor de ontwikkeling van trilvenen. Dit is echter geen direct gevolg van de hier beschouwde hydrologische maatregelen, maar hangt samen met een (geringe) afname van de calciumconcentratie in al het aanvoerende water uit de Oude Rijn, oftewel het beetje-bij-beetje geïsoleerder worden van de Nieuwkoopse Plassen als geheel. Er wordt dus minder water ingelaten en het water dat ingelaten wordt bevat lagere basenconcentraties. Het blijkt dat de calciumconcentratie in de Noordeinderplas (en in de oostelijk daarvan gelegen plassen) de laatste 10 jaar lager is dan in de 25 jaar daarvoor. Dit komt niet alleen door de afname van de calciumconcentratie in het inlaatwater uit de Oude Rijn, maar ook doordat steeds minder water wordt ingelaten. De huidige calciumconcentraties van 30 à 40 mg/l in het oppervlaktewater van de Noordeinderplas en de Meije zijn aan de lage kant en bij de huidige atmosferische depositie niet optimaal voor trilvenen. Ook in de Nieuwkoopse Plassen zien we in de laatste ruim tien jaar lagere calciumconcentraties dan eerder (van 40-70 mg Ca/l in de jaren '90 tot 30-40 mg Ca/l onder de huidige condities).
- Met de binnen dit project opgestelde waterbalans kunnen we het hydrologisch functioneren van de Haak voldoende goed nabootsen. Uit de waterbalans blijkt niet dat na de afsluiting van de Meije significant meer of minder water is ingelaten (er is enige natuurlijke variatie in droge en natte zomers, waardoor gemiddeld over 2013 tot en met 2017 iets minder inlaat nodig was (4 % minder) dan in de eerdere jaren 2000 tot en met 2012). Een belangrijker verschil is de samenstelling van het inlaatwater. Voor alle hier beschouwde stoffen bevat het inlaatwater in de recente jaren lagere concentraties dan in de tijd dat nog via de Meije werd ingelaten. Het gevolg is een reductie van 10 à 20 % in de aanvoer van calcium, sulfaat en stikstof en een reductie van 73 % voor de aanvoer van fosfor.
- De mogelijke vermindering van de wegzijging nabij de onderzoeklocatie in de Haak is potentieel te verklaren door de lichte verlaging van de grondwaterstanden, die wijst op een iets verminderde invloed van het oppervlaktewater. Wanneer een wortelmat door voortgaande successie meer

geïsoleerd raakt van het oppervlaktewatersysteem, zal minder oppervlaktewater doordringen in de wortelzone.

Resumerend

De trilveenvegetatie in De Haak is de afgelopen jaren verdwenen. De chemische en hydrologische standplaatsfactoren hebben zich hier verslechterd: de condities zijn het afgelopen decennium zwakker gebufferd, er is minder invloed van oppervlaktewater, de condities zijn wat droger en er is een lichte stijging van de fosforconcentraties in het bodemvocht. Daarnaast is de atmosferische stikstofdepositie in de hele Nieuwkoopse Plassen boven de voor habitatype trilveen opgestelde kritische depositiewaarde en blijkt uit recente metingen van het RIVM dat juist de ammoniakdepositie in De Haak 35% hoger is dan in de rest van het gebied.

Ondanks dat ook het oppervlaktewater in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen zwak gebufferd is, duidt het voorkomen en de ontwikkeling van plekken met een voor trilveen karakteriserende vegetatiesamenstelling er wel op dat er hier onder bepaalde condities nog kansen zijn voor behoud en herstel van trilveen. De dalende fosforconcentraties in het oppervlaktewater de afgelopen jaren zijn een goede ontwikkeling voor instandhouding van trilvenen. Tegelijkertijd hebben juist de maatregelen die genomen zijn om de invloed van fosforrijk water te verlagen een bijdrage geleverd aan de daling van de calciumconcentraties (wat als maat voor de basenrijkdom en buffercapaciteit gebruikt kan worden) in het oppervlaktewater, wat een negatieve ontwikkeling voor de instandhouding van trilvenen is. Daarnaast blijkt ook de calciumconcentratie van het externe inlaatwater een dalende trend te vertonen. Er lijken echter nog kansen te zijn voor behoud en herstel van trilveen door middel van het vergroten van de invloed van basenrijk oppervlaktewater (dat P-arm genoeg moet blijven) om hiermee processen als verzuring, verdroging en eutrofiering tegen te gaan en om de o.a. via atmosferische stikstofdepositie veroorzaakte verzuring te compenseren. Op langere termijn zullen de (nog te herstellen en te ontwikkelen) trilvenen echter wel kwetsbare systemen blijven aangezien de kans op verzuring en eutrofiering aanwezig blijft. In onderstaande aanbevelingen wordt aangegeven aan welke type maatregelen gedacht kan worden om habitatype trilveen onder de huidige condities in stand te houden, te herstellen ofwel te ontwikkelen.

9.3 Aanbevelingen

Om de instandhouding en het herstel van habitatype trilveen in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen mogelijk te maken zal de invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater verhoogd moeten worden om natte, gebufferde en nutriëntarme condities te realiseren. Onder de huidige condities is het oppervlaktewater in De Haak en in iets mindere mate in de Nieuwkoopse Plassen al te zwak gebufferd. Het is dan ook van groot belang te proberen de basenrijkdom van het oppervlaktewater zo hoog mogelijk te houden of te verhogen zonder dat dit leidt tot verhoogde nutriëntenbelasting.

Concreet leidt dit tot de volgende aanbevelingen:

- Op gebiedsschaal
 - o De basenrijkdom van het oppervlaktewater zo hoog mogelijk houden of te verhogen zonder dat dit leidt tot verhoogde nutriëntenbelasting.
 - o Het is van belang om voor de instandhouding van habitatype trilveen de invloed van bronnen van verzuring en eutrofiering zoals atmosferische

- stikstof depositie en verdroging zo laag mogelijk te houden en waar mogelijk te verlagen.
- o Momenteel zijn er geen doorlopende waterkwaliteitsmetingen voor De Haak voor de afgelopen jaren en worden deze ook niet verzameld. De afgenomen P- en Ca- afvoer (zoals berekend) kunnen hierdoor niet worden vergeleken met de werkelijke concentraties in het gebied. Er wordt dan ook aangeraden doorlopende waterkwaliteitsmetingen voor De Haak te gaan verzamelen om de kwaliteit te kunnen monitoren en om toekomstige keuzes in het water- en natuurbeheer op te kunnen baseren.
 - Op perceelschaal
 - o De invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater op de locaties met doelen voor instandhouding en ontwikkeling van trilveen zo hoog mogelijk maken door hier natte, gebufferde en nutriëntarme condities te realiseren.
 - o Het vergroten van de invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater kan gerealiseerd worden door het aanleggen van greppels om invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater vanuit watergangen te vergroten. Het is hierbij van belang de greppelafstand vanaf het hoofdoppervlaktewatersysteem naar de trilvenen niet te groot te maken: bij beperkte afstand lijken de trilvenen zich het beste te kunnen ontwikkelen.
 - o Oppervlakkig kleine stukken afplaggen om de zure nutriëntrijke laag van de bodem te verwijderen en de invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater te verhogen. Hierbij is het wel van belang na inrichting karakteristieke soorten in te brengen. Indien na enkele jaren blijkt dat deze plekken zich goed ontwikkelen zouden mogelijk andere stukken eromheen ook geplagd kunnen worden. Het is hierbij wel lastig te voorspellen of en welke mate delen van het perceel uit kragge bestaan en mogelijk op komen drijven, wat de invloed van het oppervlaktewater weer kan verlagen.
 - o Uiteraard zal na inrichting en/of herstel een op trilveen gericht zomermaai-beheer toegepast moeten worden om potentiële verruiging tegen te houden.
 - Specifiek voor De Haak
 - o Met name in De Haak is het van groot belang de invloed van basenrijk, gebufferd, nutriëntenarm oppervlaktewater sterk te verhogen door het aanleggen van greppels en lokaal oppervlakkig kleine stukken afplaggen. Aanvullend hierop zou bevoeid kunnen worden met oppervlaktewater. Dit is tevens van belang om sterke verdroging (en hieruit voortkomende mineralisatie, verhoogde fosforbeschikbaarheid en verzuring) te voorkomen.
 - o Tevens zou er gedacht kunnen worden om aanvullend op greppels aan te sluiten aan het noordelijk gelegen petgat te bekijken welke mogelijkheden er zijn om direct oppervlaktewater aan te voeren vanaf de Boschwetering aangezien het hierin aanwezig oppervlaktewater net wat minder zwak gebufferd is (i.v.m. met het petgat direct ten noorden van het voormalige trilveen). Het is hierbij wel van belang in de gaten te houden dat dit niet tot te hoge nutriënteninput leidt.
 - o Een ander alternatief zou kunnen zijn om meer gebufferd oppervlaktewater in te laten vanuit de Grecht in combinatie met een defosfatering stap.

- Specifiek voor de Nieuwkoopse Plassen
 - o Voor herstel en ontwikkeling van trilveen in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen biedt locatie NK03 een hoopvol voorbeeld waaruit blijkt dat er in dit gebied nog potentie is voor de ontwikkeling van trilveen indien er condities worden gecreëerd met hoge invloed van oppervlaktewater.
 - o Zowel voor de al bestaande locaties als nog te ontwikkelen/herstellen locaties geldt wel dat verzuring op de loer licht dus dat er periodiek beheer toegepast zal moeten worden om de invloed van oppervlaktewater groot te houden.
- Toekomstperspectief
 - o Uit het huidige onderzoek komt naar voren dat de huidige condities in De Haak en de Nieuwkoopse suboptimaal zijn en het oppervlaktewater net te zwak gebufferd is voor de duurzame instandhouding van habitatype trilveen. Tevens is een trend van dalende calciumconcentraties in het inlaatwater waargenomen. Voor de verdere toekomst zal dit naar alle waarschijnlijkheid leiden tot een verdere daling van de basenrijkdom van het oppervlaktewater in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen. Het kan hierom waardevol zijn te investeren in onderzoek waarin op kleine schaal geëxperimenteerd wordt met een actieve verhoging van de basenrijkdom en buffercapaciteit van het oppervlaktewater (bijvoorbeeld door het toevoegen van aangezuurde kalk aan het water). In een dergelijk onderzoek zou bekeken kunnen worden wat de mogelijkheden en effecten zijn van lokaal actief verhogen van de basenrijkdom en de buffercapaciteit van het lokale oppervlaktewater. In meer laagveengebieden in Nederland doet het probleem van een dalende buffercapaciteit zich voor en gezien de huidige hoge ligging van de Nederlandse laagvenen zal de invloed van grondwater naar alle waarschijnlijkheid enkel verder afnemen en de invloed van regenwater en gebiedsvreemd water toenemen. Indien maatregelen waarin op lokale schaal de basenrijkdom van het oppervlaktewater actief kan worden verhoogd kansen bieden voor behoud en herstel van trilvenen en basenrijke veenmosrietlanden zouden hier beheermaatregelen uit voort kunnen komen. Misschien bieden dergelijke maatregelen een extra mogelijkheid voor de toekomstige instandhouding van habitatype trilveen en overgangen naar habitatype veenmosrietlanden in De Haak, de Nieuwkoopse Plassen en mogelijk andere Nederlandse laagvenen.

10 Referenties

Cusell, C., L.P.M. Lamers, G. van Wirdum & A.M. Kooijman (2013) Impacts of water level fluctuations on mesotrophic rich fens: Acidification vs. eutrophication. *Journal of Applied Ecology* 50: 998-1009

Cusell, C., A.M. Kooijman & L.P.M. Lamers (2014) Nitrogen or phosphorus limitation in rich-fens? Edaphic differences explain contrasting results in vegetation development after fertilization. *Plant and Soil* 384: 153-168.

HDSR/Aqua Vision, 2012. Debietijking HDSR Kunstwerken. 324 - De Haak - Stuw.

KNMI, 2018. KNMI Klimatologie. KNMI, De Bilt. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie>

Kooijman, A.M., Paulissen, M.P.C.P. (2006) Higher acidification rates in fens with phosphorus enrichment. *Applied Vegetation Science*, 9, 205-212.34.

Michielsen B. en M. Desmensen 2010. Uitwerking Maatregel: Compartimenteren Nieuwkoopse Plassen'. Versie 1, juni 2010. Rapport Hoogheemraadschap van Rijnland.

Olde Venterink, M., Wassen, M.J., Verkroost, A.W.M., De Ruiter, P.C. (2003) Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands. *Ecology*, 84(8), 2191-2199.

Stofberg, S.F., van Engelen, J., Witte, J.P.M., van der Zee, S.E.A.T.M., 2016. Effects of root mat buoyancy and heterogeneity on floating fen hydrology. *Ecohydrology*, 9: 1222-1234. DOI:10.1002/eco.1720

TNO, 2019. DINoloket. TNO. www.dinoloket.nl

Van Diggelen, J.M.H., Van Dijk, G., Cusell, C., Van Belle, J., Kooijman, A., Van den Broek, T., Bobbink, R., Mettrop, I.S., Lamers, L.P.M. & Smolders, A.J.P. (2018) Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE). KNNV Publishing, Driebergen, Report nr. 2018/OBN220-LZ.

Von Asmuth, J.R., 2017. Groundwater modeling and Menyanthes, overview and explanation. KWR 2017.107, KWR, Nieuwegein. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/55525742>

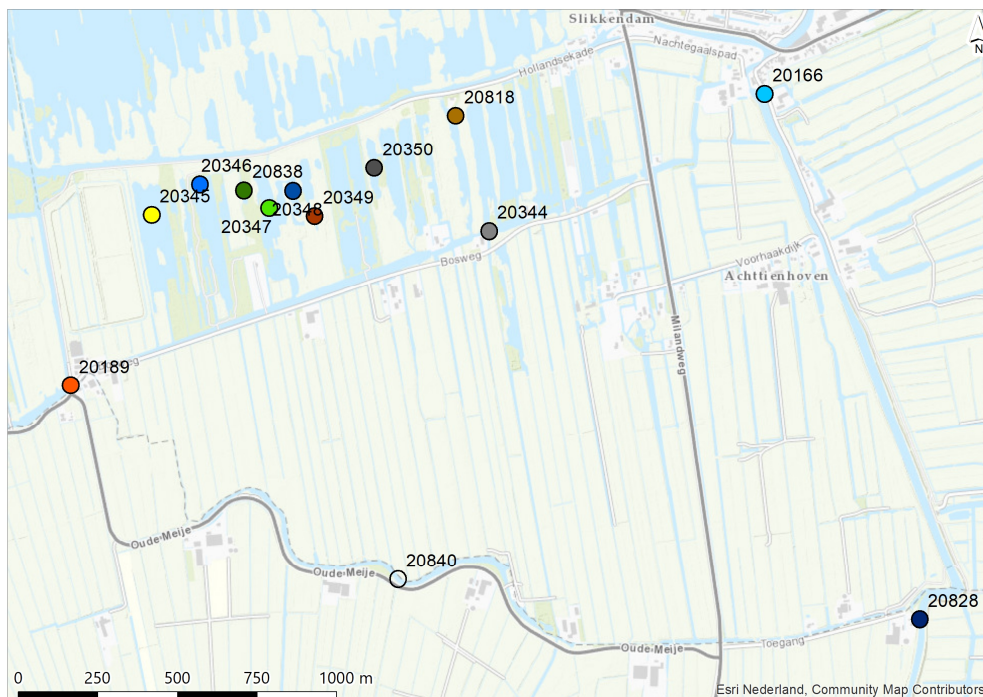
Von Asmuth, J.R. et al., 2012. Software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight. *Environmental Modelling and Software*, 38: 178-190. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84863464373&partnerID=40&md5=07b76ec853df30ce4c26c8a715e04dc1>

Bijlage I

Oppervlaktewatermetingen van nutriënten en basen

In De Haak wordt op verschillende locaties de fysisch-chemische waterkwaliteit gemeten. Vooral tussen mei 2010 en april 2012 zijn veel locaties bemonsterd. In de jaren daarna is niet altijd gemeten, en op veel minder locaties. Ook zijn er metingen beschikbaar van wateren in de nabije omgeving, zoals voor de Grecht. In de actuele situatie is er geen invloed van de Grecht op De Haak. De waterkwaliteit in de Grecht is echter wel relevant als het gaat om mogelijke maatregelen om de basenhuishouding van het gebied te herstellen. Aan de hand van verschillende grafieken wordt hieronder de ontwikkeling van fosfor totaal, stikstof totaal, calcium en sulfaat besproken.

Figuur B1-1 Meetlocaties fysisch-chemische waterkwaliteit in en rondom De Haak. De kleuren corresponderen met die in de grafieken.



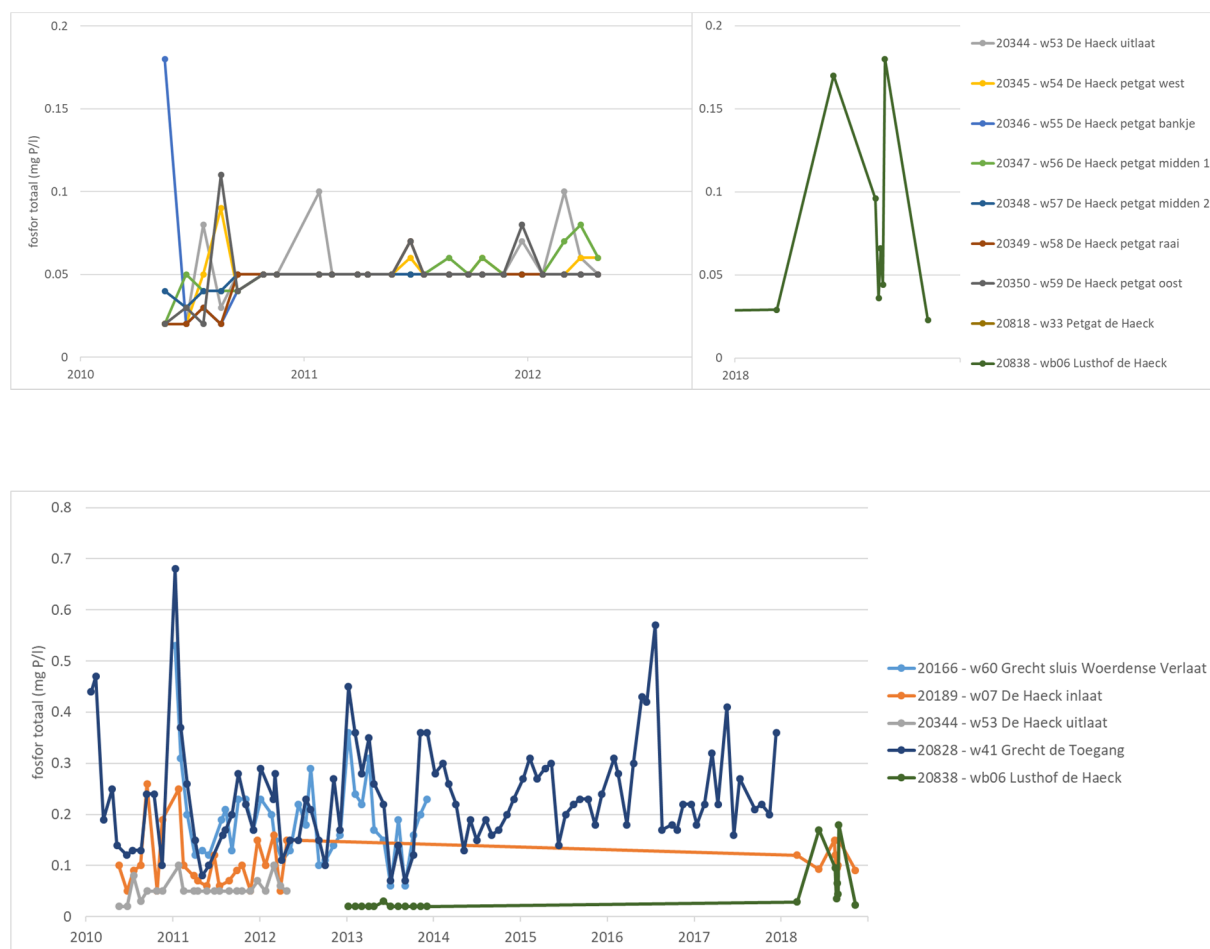
Fosfor

De concentratie fosfortotaal (P_{tot} in mg P/l) binnen het gebied lag in de periode 2010 - 2012 vaak onder de rapportagegrens van 0,05 mg P/l. In die jaren was er alleen op enkele momenten en op enkele locaties een toename tot 0,10 mg P/l en een incidentele piek van ruim 0,15 mg P/l. In 2018 is in juni en eind augustus een hoge concentratie

gemeten van meer dan 0,15 mg P/l. In de tussenliggende metingen (vier metingen tussen 16 augustus en 28 augustus) was de concentratie relatief laag.

Het inlaatwater (20189) bevatte in 2018 0,10 tot 0,15 mg P/l. In de jaren 2010 - 2012 was de concentratie geregeld wat hoger. Het water in de Grecht bevat aanzienlijk meer fosfor: de laatste jaren doorgaans 0,2 à 0,3 mg P/l, maar met geregeld hogere uitschieters.

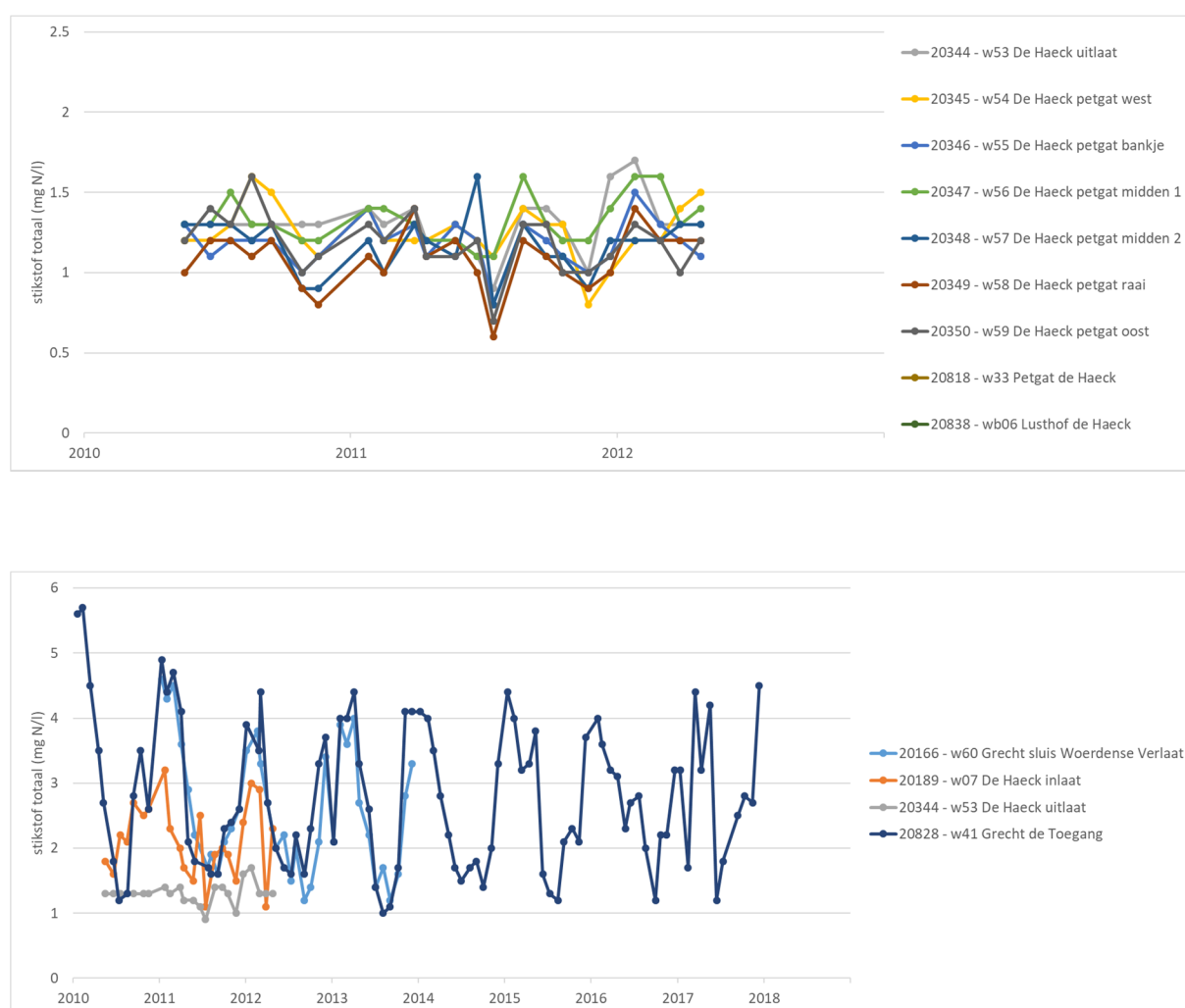
Figuur B1-2. Fosfor totaal in De Haak (2010 - 2012 en 2018; boven) en in de nabije omgeving (2010 - 2018; onder)



Stikstof

De concentratie stikstoftotaal (N_{tot}, mg N/l) ligt vrijwel altijd en overal in het gebied tussen de 0,5 en 1,5 mg N/l. Een typisch seizoenspatroon in poldergebieden met hoge concentraties in de winter en lage concentraties in de zomer, zoals zeer duidelijk het geval is in de Grecht, is in De Haak niet overduidelijk aanwezig. Het inlaatwater vanuit de Meije/Nieuwkoopse plassen bevat doorgaans wat hogere concentraties dan in het gebied zelf worden gemeten. De Grecht bevat in de winter veel hogere concentraties (van 4 mg N/l), maar in de zomer ongeveer gelijke concentraties als in het gebied zelf (ca. 1 mg N/l).

Figuur B1-3. Stikstof totaal in De Haak (2010 - 2012; boven) en in de nabije omgeving (2010 - 2018; onder)



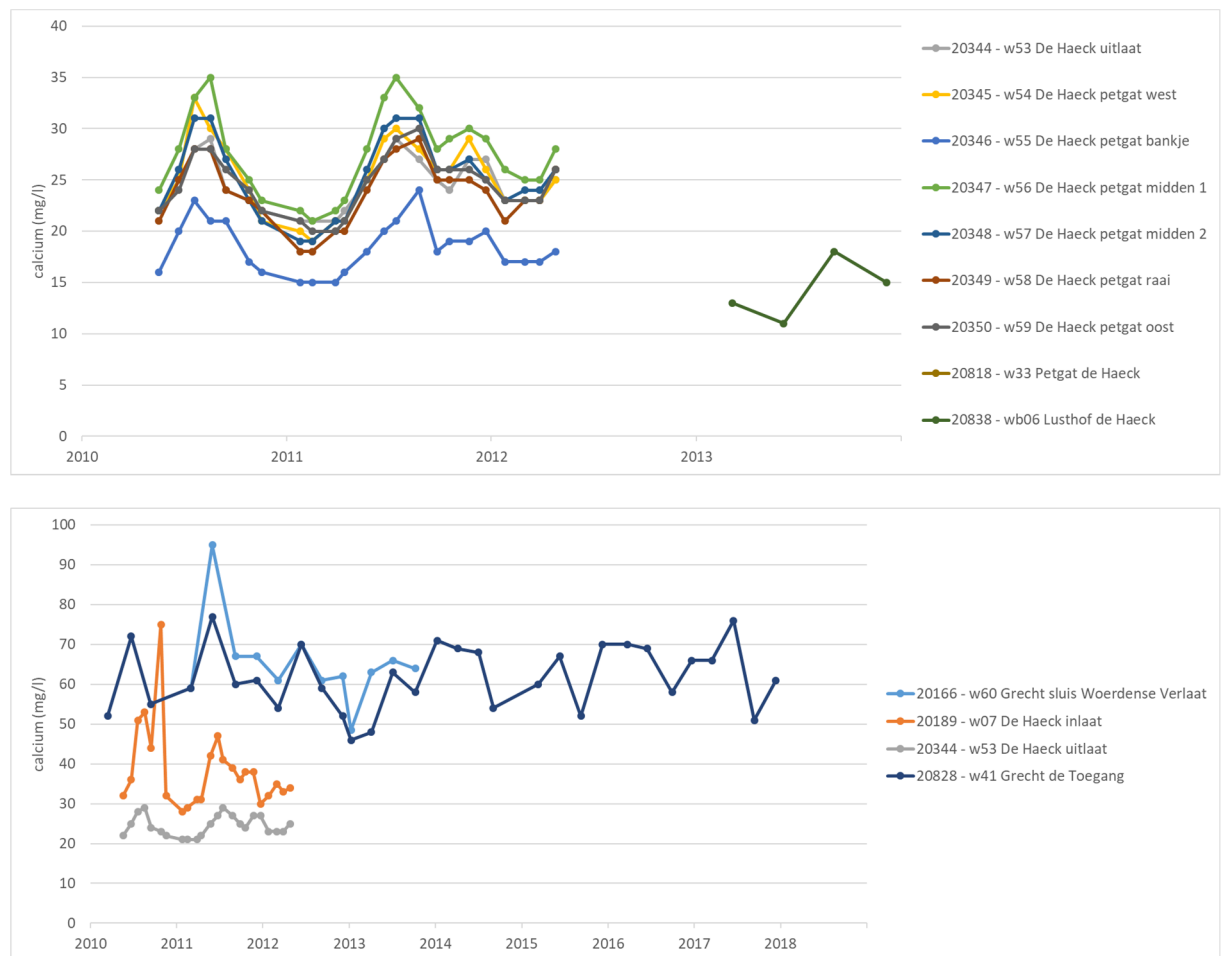
Calcium

De calciumconcentratie in het gebied vertoont een sterk seizoenspatroon. De calciumconcentratie is hoog in inlaatsituaties: het is dan droog en er wordt water ingelaten vanuit de Meije/Nieuwkoopse plassen (meetlocatie 20189) met een calciumconcentratie van ca. 30 à 50 mg/l. Hierdoor steeg de calciumconcentratie in het gebied in de zomer van 2010 en 2011 tot rond de 30 mg/l. Onder invloed van een neerslagoverschot daalt de calciumconcentratie in het najaar weer. Er wordt dan geen basenrijk water meer ingelaten en de neerslag zelf evenals het water dat uitspoelt vanuit de percelen of kraggen bevat (zeer) weinig basen. Hierdoor nam de calciumconcentratie in het najaar van 2010 af tot rond de 20 mg/l. In het najaar van 2011 nam de concentratie minder ver af. Dit was het gevolg de relatief droge maanden oktober en november (de waterbalans berekent zelfs dat er water moet zijn ingelaten in deze maanden om het peil te handhaven).

Meetlocatie 20346 ('petgat bankje') heeft een structureel lagere calciumconcentratie dan de andere meetlocaties. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat deze locatie wat minder makkelijk bereikbaar is voor het inlaatwater. Hetzelfde geldt voor meetlocatie 20838 ('Lusthof de Haeck'), die bemonsterd is in 2013. Ook die locatie wordt mogelijk wat minder snel bereikt door het inlaatwater.

Het inlaatwater uit de Meije/Nieuwkoopse plassen bevatte in 2010 - 2012 circa 30 tot 50 mg calcium/l. Er zijn geen recentere metingen beschikbaar, maar vermoedelijk is de calciumconcentratie van het inlaatwater in de afgelopen jaren nog verder afgenomen. In deze studie is berekend dat de totale calciumvracht het gebied in de laatste jaren is afgenomen. Er zijn geen recente calciummetingen om dit na te gaan. De calciumconcentratie in de Grecht schommelt tussen de 50 en 70 mg/l en vertoont sinds 2010 geen toe- of afnemende trend.

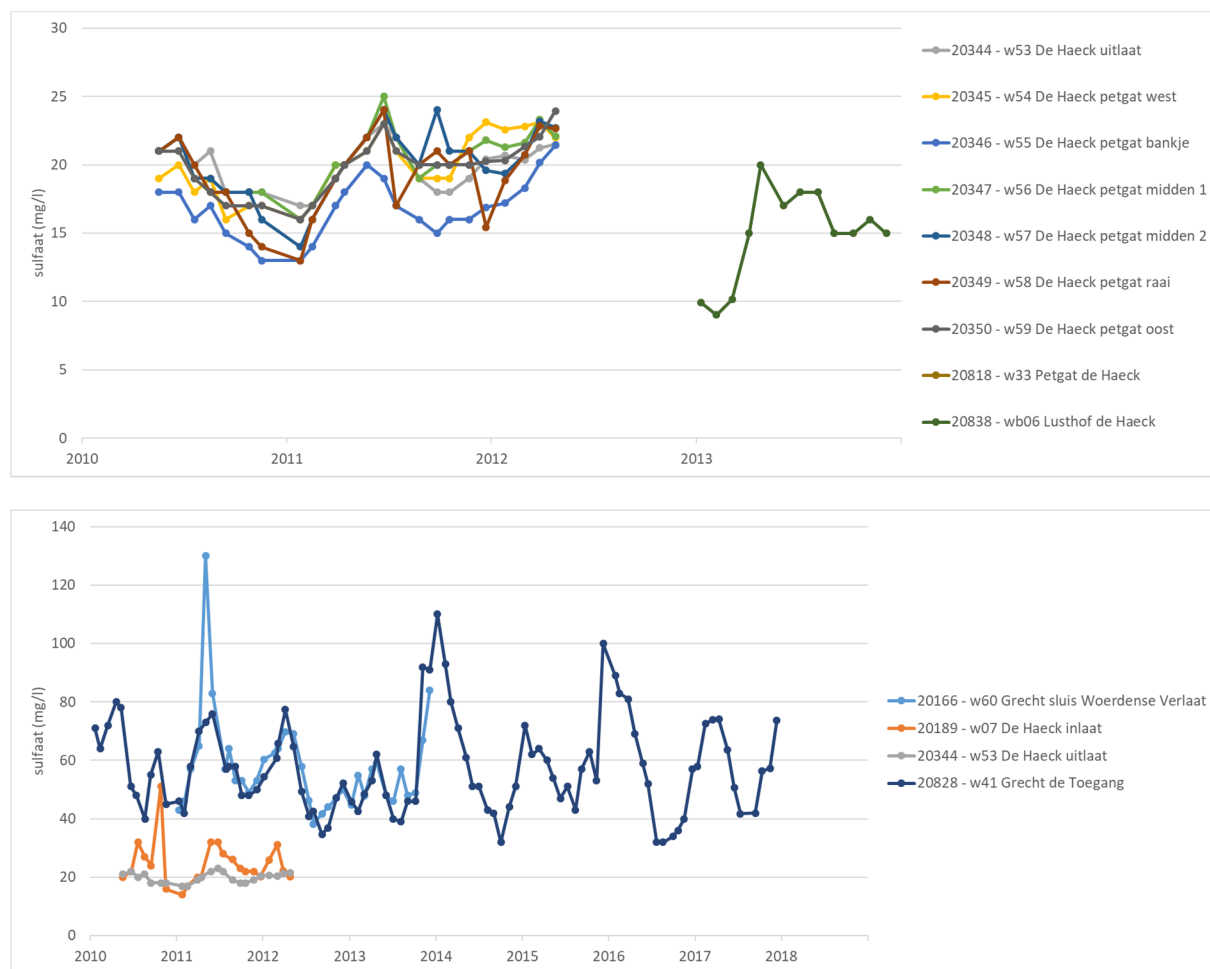
Figuur B1-4. Calcium in De Haak (2010 - 2013; boven) en in de nabije omgeving (2010 - 2018; onder)



Sulfaat

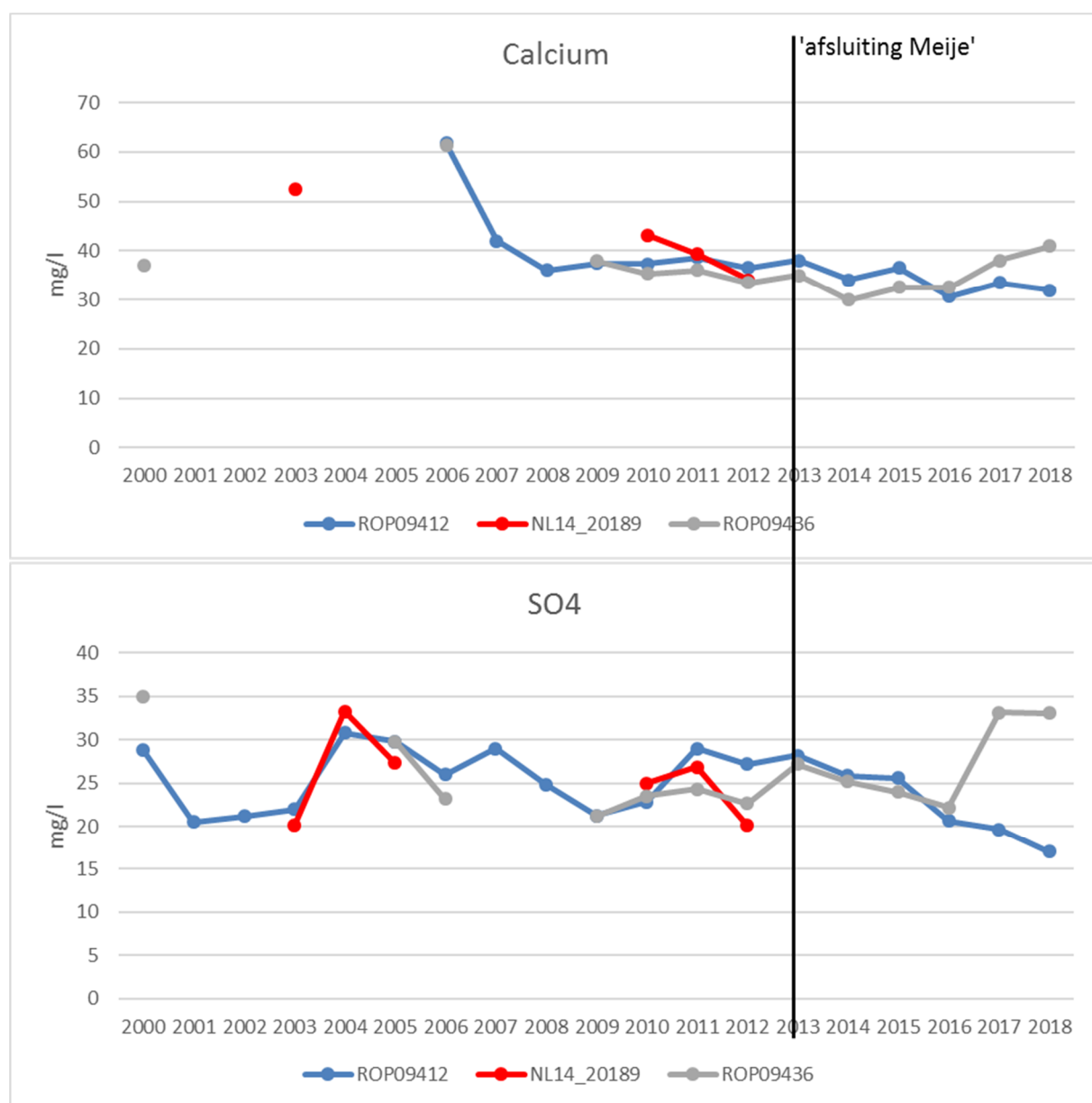
Net als voor calcium lijkt ook de concentratie sulfaat afhankelijk te zijn van de mate van inlaat en neerslag. In perioden met inlaat is de sulfaatconcentratie 20 tot 25 mg/l. In natte perioden neemt de concentratie af tot rond de 15 mg/l. Ook voor sulfaat is te zien dat de meetlocaties 20346 en 20838 wat lagere concentraties hebben dan de andere locaties. De sulfaatconcentratie van het inlaatwater bedroeg in 2010 - 2012 doorgaans 20 à 30 mg/l. De Grecht bevat aanzienlijk meer sulfaat; in de zomer doorgaans 40 à 50 mg/l en in de winter geregeld concentraties tot 80 mg/l of hoger.

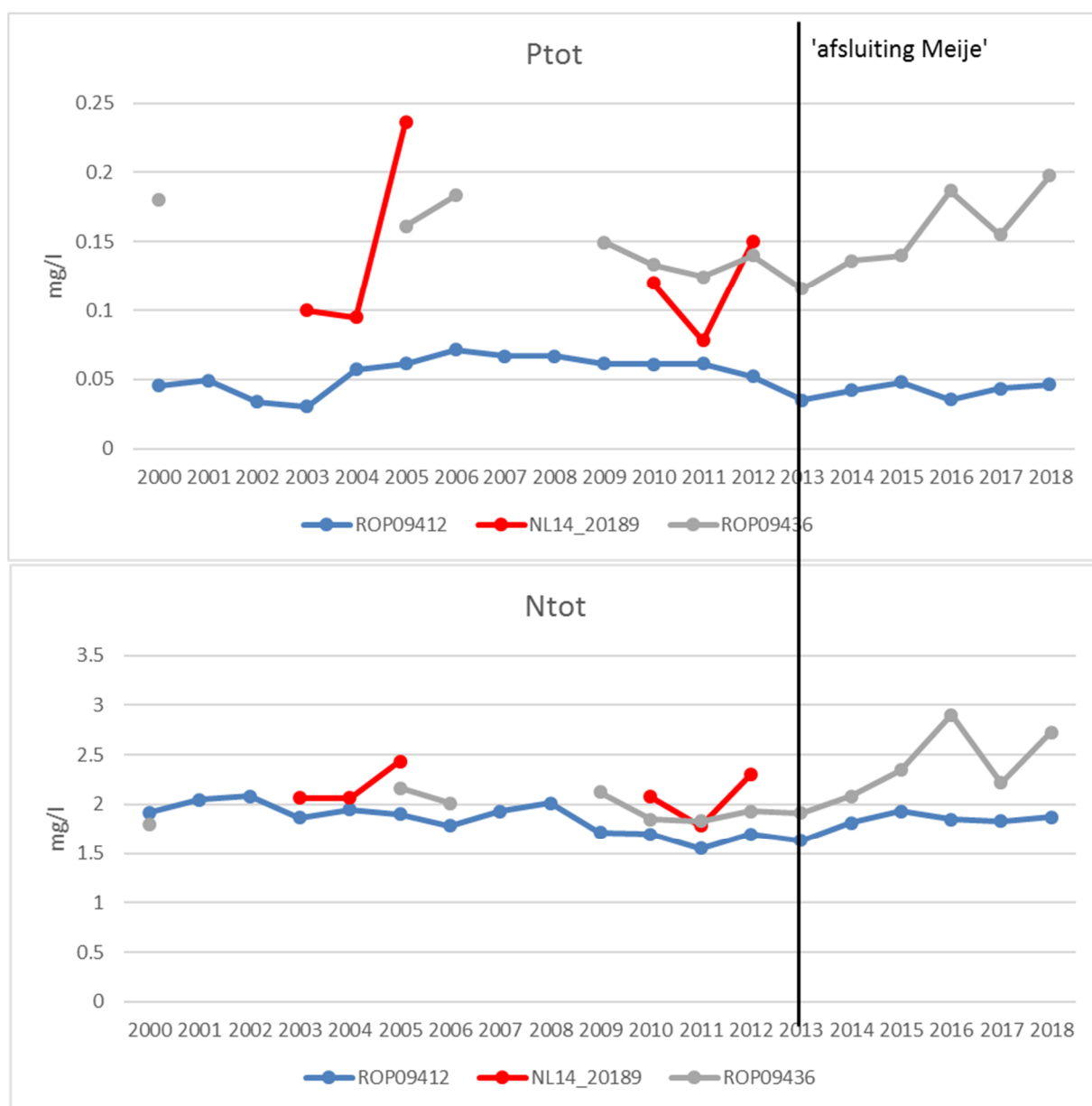
Figuur B1-5. Sulfaat in De Haak (2010 - 2013; boven) en in de nabije omgeving (2010 - 2018; onder)



Bijlage II

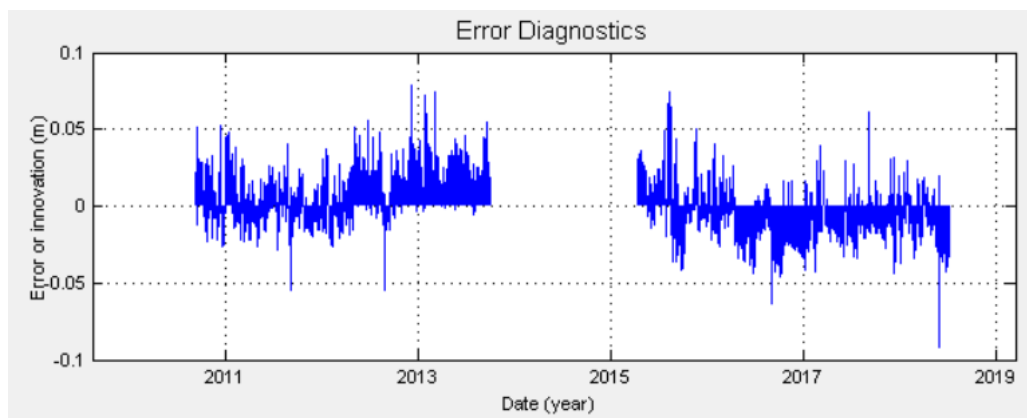
Grafieken fysisch-chemische waterkwaliteit inlaat De Haak



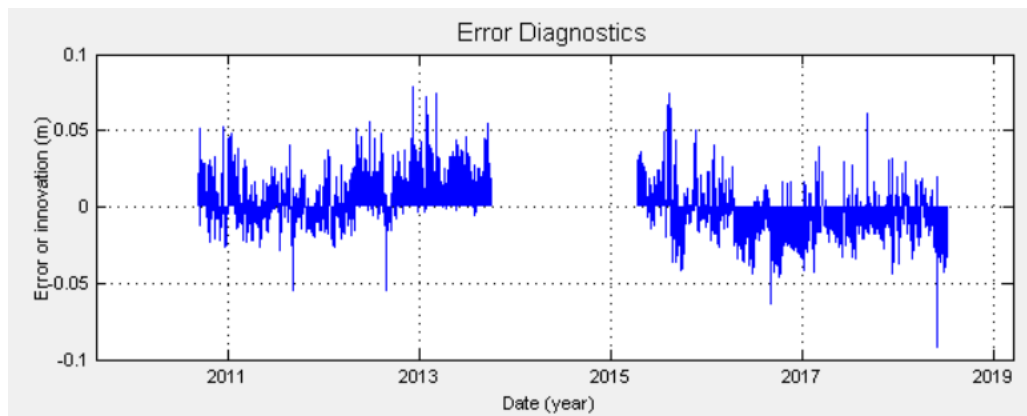


Bijlage III

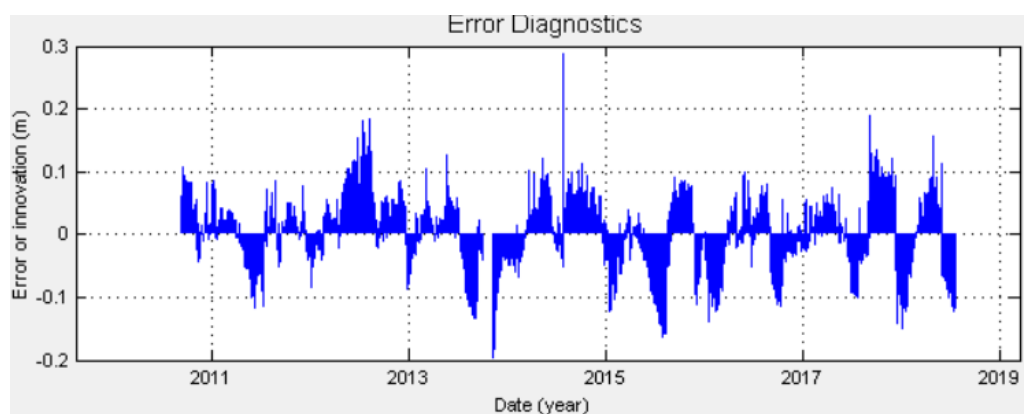
Residuals bij de tijdreeksmodellen



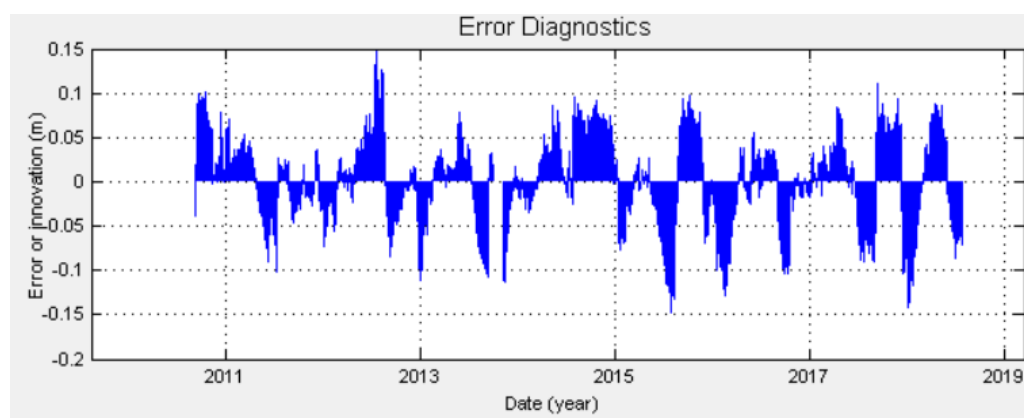
Figuur B3-1. Residuals voor het tijdreeksmodel van peilbuis B31D1554 – filter 1, met neerslag, referentieverdamping en het oppervlaktewaterpeil als verklarende variabelen.



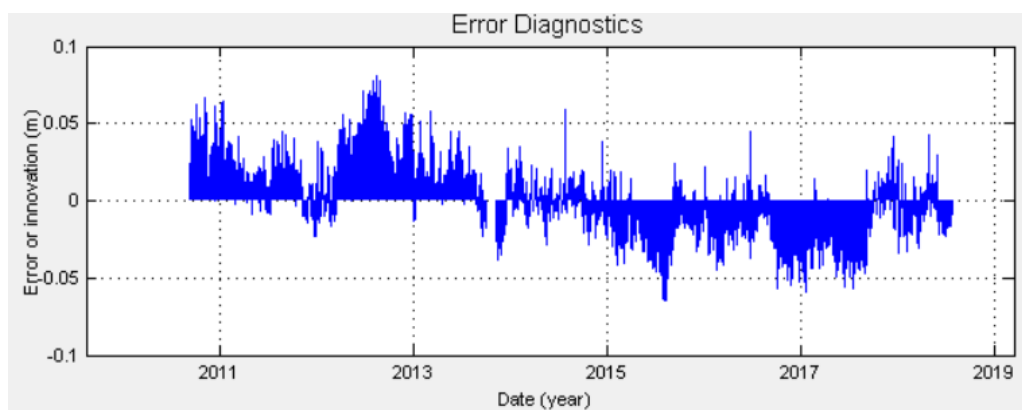
Figuur B3-2. Residuals voor het tijdreeksmodel van peilbuis B31D1554 – filter 2, met neerslag, referentieverdamping en het oppervlaktewaterpeil als verklarende variabelen.



Figuur B3-3. Residuals voor het tijdreeksmodel van peilbuis B31D1555 – filter 2, met neerslag, referentieverdamping en het oppervlaktewaterpeil als verklarende variabelen.



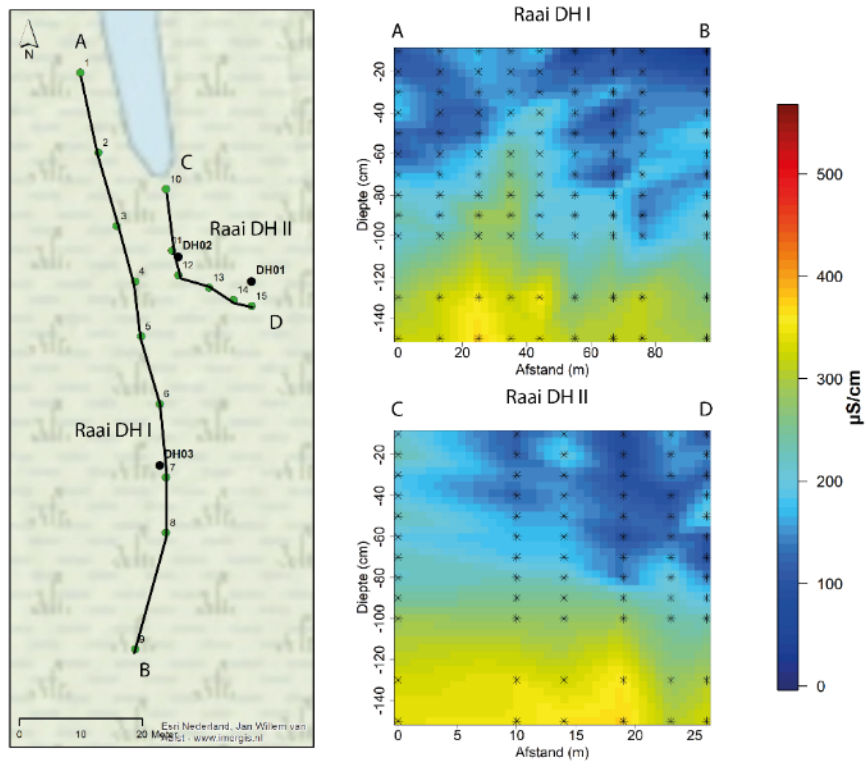
Figuur B3-4. Residuals voor het tijdreeksmodel van peilbuis B31D1555 – filter 3, met neerslag, referentieverdamping en het oppervlaktewaterpeil als verklarende variabelen.

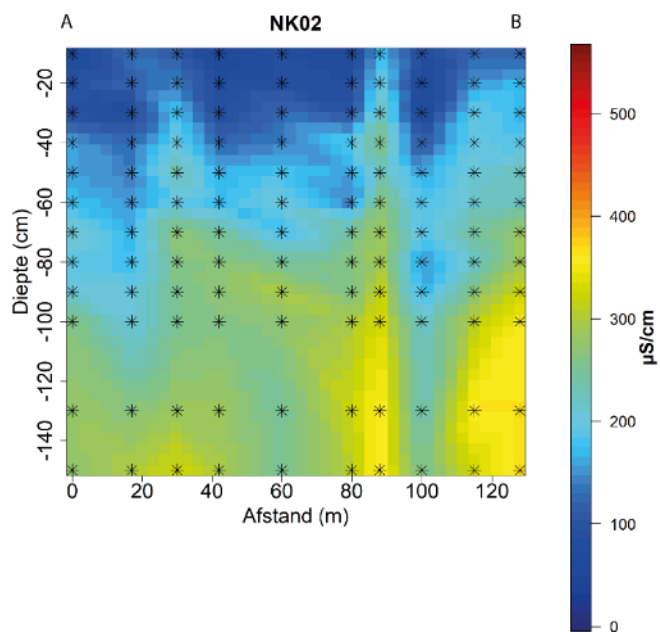
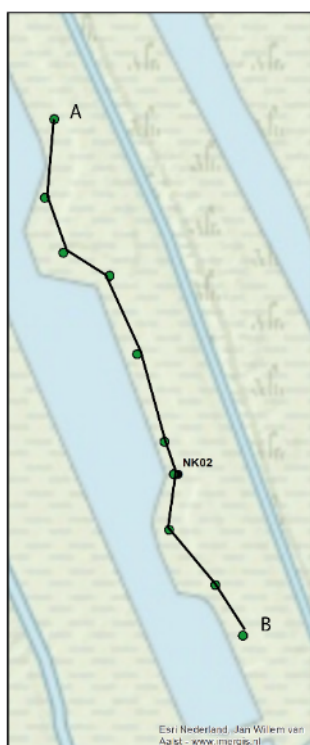


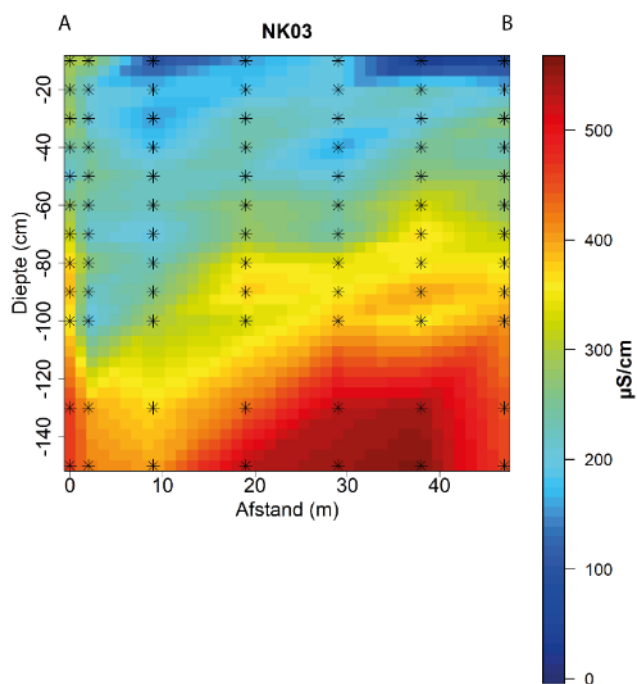
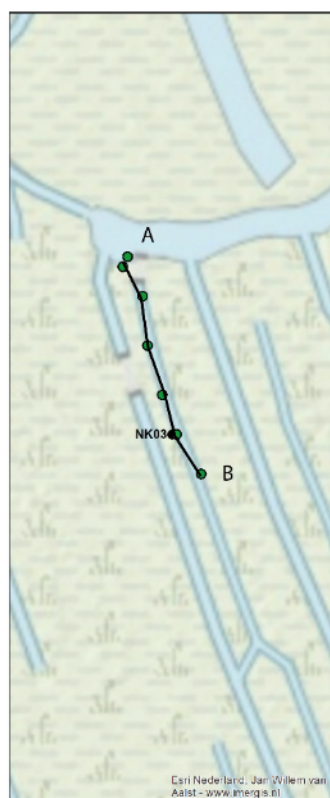
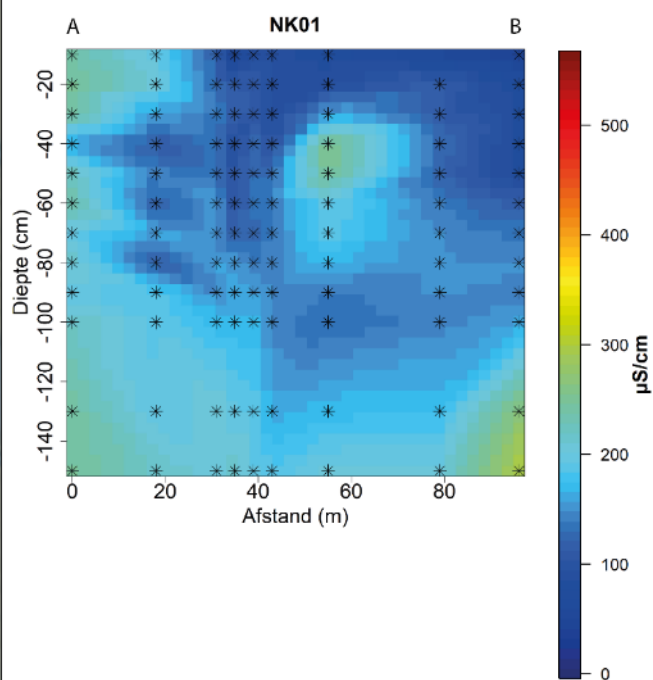
Figuur B3-5. Residuals voor het tijdreeksmodel van peilbuis B31D1555 – filter 4, met neerslag, referentieverdamping en het oppervlaktewaterpeil als verklarende variabelen.

Bijlage IV

EGV diepte profielen in De Haak en de drie referentielocaties

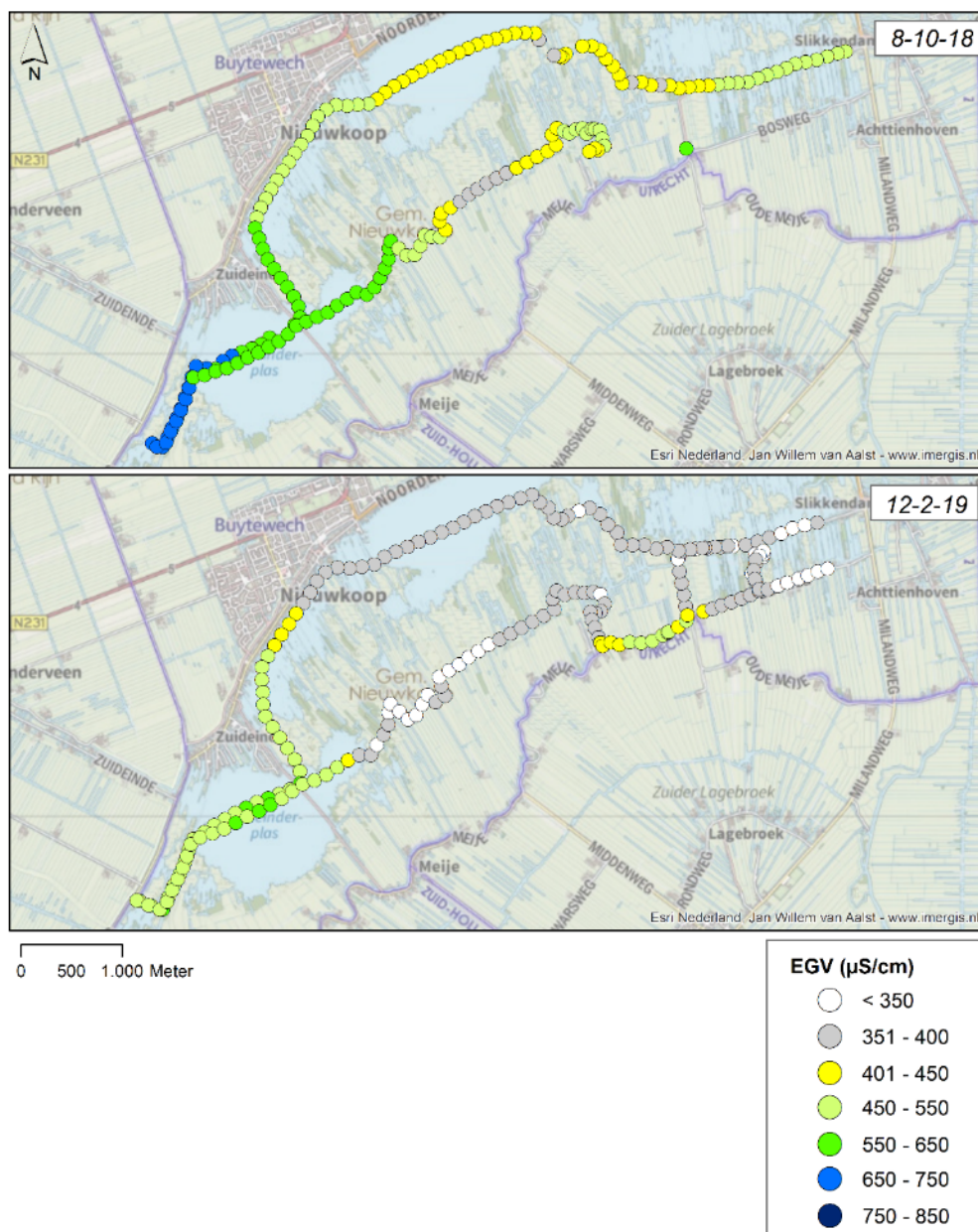


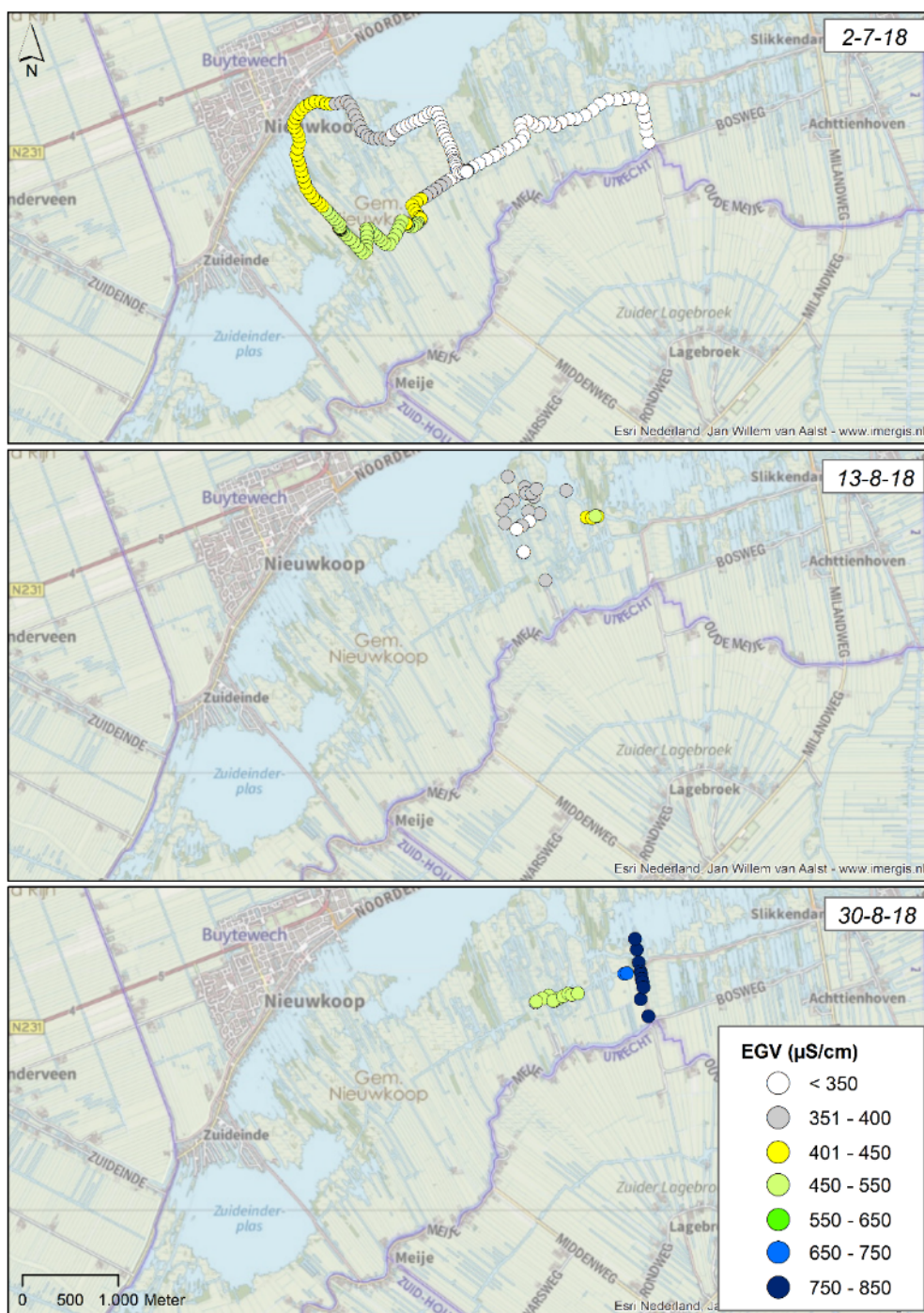




Bijlage V

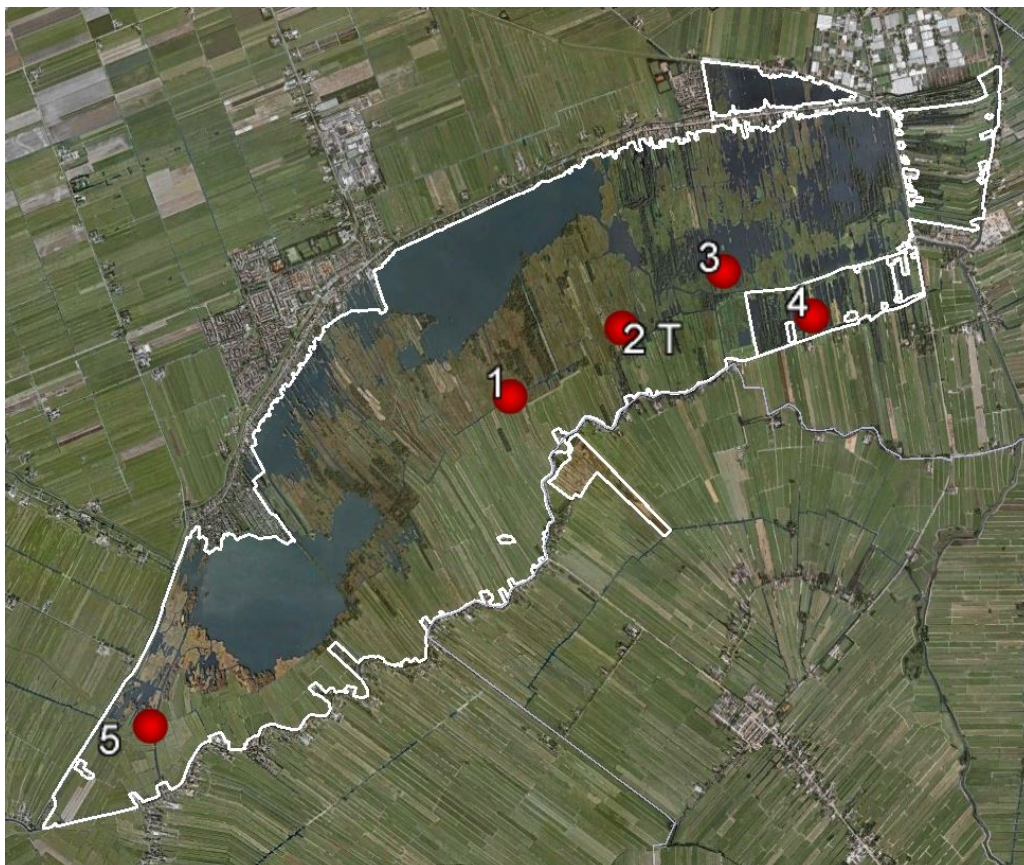
EGV routing door De Haak en de Nieuwkoopse Plassen





Bijlage VI

Locaties MAN meetnet RIVM.



Meetlocatie

1. Meeslo
2. Laatste Petgat
3. Wije van de Vliet
4. Trilveen De Haak
5. Put Kapteijn