



Globale watersysteemanalyse Rhederlaag voor het opstellen van een meetplan ten behoeve van voorspellen effecten kadeverlaging op de waterkwaliteit

5 september 2022

Verantwoording

Titel	Globale watersysteemanalyse Rhederlaag voor het opstellen van een meetplan ten behoeve van voorspellen effecten kadeverlaging op de waterkwaliteit
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat, Programma Projecten en Onderhoud
Projectleider RWS	Peter Jesse
Projectleider TAUW	Michiel Wilhelm
Auteur(s)	Tisja Dagers, Michiel Wilhelm
Tweede lezer	Susan Sollie
Uitvoering meet- en inspectiewerk	Michiel Wilhelm en Sanne Bink
Projectnummer	1284945
Aantal pagina's	1284945
Datum	5 september 2022
Citeren als	5 september 2022
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

1	Samenvatting.....	5
2	Inleiding	7
2.1	Locatiebeschrijving.....	8
2.2	Doelstelling.....	8
2.3	Autonome ontwikkeling	9
2.4	Afbakening	9
3	Literatuuronderzoek.....	9
3.1	Kans op overschrijdingen blauwalgen, <i>E. coli</i> en intestinale enterococci	10
3.1.1	Nutriëntconcentraties in de IJssel (Kampen)	10
3.1.2	Waterkwaliteit en nutriëntbronnen Rhederlaag.....	10
3.1.3	Waterkwaliteit ter plaatse van andere uiterwaardgebieden	12
3.2	Hoe is het landgebruik van de Koppenwaard?.....	13
3.3	Slib in de plassen van het Rhederlaag.....	15
4	Veldmetingen en analyses	15
4.1	Veldwerk.....	15
4.2	Veldwaarnemingen.....	17
4.3	Analyse veldresultaten	19
4.3.1	IR/EGV ratio.....	19
4.3.2	Overige wateranalyses	21
4.3.3	Waterbodemanalyses	21
5	Globale systeembeschrijving.....	23
5.1	Waterbalans	23
5.2	Stofstromen.....	27
5.3	Zwemwaterkwaliteit	31
6	Inschatting effecten	33
7	Conclusies.....	36
7.1	Onzekerheden in de systeemanalyse	36
7.2	Overzicht relevante water- en stofstromen.....	37
7.2.1	Waterstromen	37
7.2.2	Stofstromen.....	38

7.3	Voorgestelde metingen	40
7.3.1	In- en uitstroom IJsselwater	41
7.3.2	Nutriënten en (an)organisch materiaal IJssel	41
7.3.3	Bepaling slibophoping in de plassen.....	41
7.3.4	Rivierkundige berekening	41
7.3.5	Nutriënten en anorganisch materiaal Rhederlaag	42
7.3.6	Stratificatie	42
7.3.7	Hoeveelheid en samenstelling kwel.....	42
8	Meetplan.....	43
8.1	Gedifferentieerde waterstandsmetingen	43
8.2	Nutriënten en (an)organisch materiaal IJssel.....	43
8.3	Bepaling slibophoping in de plassen.....	43
8.4	Rivierkundige berekening.....	44
8.5	Nutriënten en anorganisch materiaal Rhederlaag.....	45
8.6	Stratificatie.....	45
8.7	Hoeveelheid en samenstelling kwel	45
9	Referenties	50

1 Samenvatting

Het recreatiegebied Rhederlaag maakt onderdeel uit van de uiterwaarden van de IJssel. Het bestaat uit vier aan elkaar verbonden plassen: de Valeplas, Gieseplas, Westerplas en Lathumse plas. In deze plassen zijn 3 zwemwaterlocaties aangewezen. In het kader van het project Rivierklimaatpark is een planuitwerking gestart om de zomerkaden bovenstrooms van het gebied te verlagen. Hiermee zouden de plassen van het Rhederlaag gemiddeld één in de twee jaar gaan meestromen met de IJssel, in plaats van gemiddeld één in de 6.4 jaar zoals op dit moment het geval is. Vanwege de recreatiefunctie en natuurwaarden van het gebied is het van belang dat de waterkwaliteit van het Rhederlaag geborgd blijft.

TAUW heeft een globale systeemanalyse van het water gemaakt, waarbij is aangegeven wat de waterkwaliteit is in de huidige situatie en hoe bepaald kan worden wat de waterkwaliteit zal zijn in de toekomstige situatie. In de systeembeschrijving zit een aantal onzekerheden welke met een meetplan moeten worden beantwoord om besluiten te kunnen nemen over de verlaging van de zomerkaden.

- Kwantiteit en kwaliteit van de grootste bron (IJsselwater) via reguliere instroom en overstroming Koppenwaard
- Inzicht in menging van instromend IJsselwater met het al aanwezige water in de Rhederlaag
- Locatie en kwantiteit van bezinking van anorganisch materiaal (na hoog water)
- (Afstand tot) kritische belasting Rhederlaag
- Locaties, kwantiteit en kwaliteit kwel

De hoofdvraag waar het meetplan antwoord op moet geven is deze: (Hoeveel) kan de kade worden verlaagd zonder de waterkwaliteit van het Rhederlaag negatief te beïnvloeden? Of andersom gesteld: Is er een verhoogde kans op blauwalgenbloei of andere eutrofiëringsverschijnselen bij kadeverlaging? En heeft dit dan ook invloed op de waardes voor *E. coli* en intestinale enterococcen?

In- en uitstroom IJsselwater

Om de daadwerkelijke in- en uitstroom van IJsselwater in het Rhederlaag te bepalen wordt geadviseerd om gedifferentieerde waterstandsmetingen uit te voeren in het plassenengebieden en hoe deze variëren tijdens hoogwater op de IJssel. Dit moet gebeuren op relevante locaties, zoals de flessenhalzen in het systeem.

Nutriënten en (an)organisch materiaal IJssel

Nutriëntconcentraties en zwevend stof in de IJssel gedurende een jaar maandelijks monitoren bij een nieuw monsterpunt in de IJssel bij Giesbeek.

Bepaling slibophoping in de plassen

Geadviseerd om tevens te bepalen wat de snelheid van slibaanwas is in de Valeplas, Gieseplas

en Lathumse plas. De hoeveelheid slib van een regulier hoogwater kan vervolgens in perspectief geplaatst worden in relatie tot de gemodelleerde hoeveelheid slibafzetting tijdens een overstroming van de Koppenwaard.

Rivierkundige berekening

Geadviseerd wordt om de waterbalans te modelleren met een rivierkundige berekening. Op deze manier kan inzicht verkregen worden in de verblijftijd van (an)organisch materiaal in de plassen van het Rhederlaag. Onder 'normale' omstandigheden zorgen de verschillende waterbronnen (neerslag, kwel, in- en uitstroom van IJsselwater etcetera) voor een bepaalde evenwichtssituatie. De huidige situatie kan in beeld gebracht worden door een periode van 6 jaar te modelleren, inclusief verstoring (overstroming Koppenwaard) aan de start.

Bovenstaande metingen zijn nodig om de autonome ontwikkeling van het gebied vast te stellen en daarmee de effecten van de kadeverlaging te kunnen modelleren.

Om te bepalen wat de afstand is van het systeem tot het omslagpunt zijn nog een aantal extra metingen nodig.

Nutriënten en anorganisch materiaal Rhederlaag

Door de variatie van nutriënten en zwevend stof in beginsel gedurende een jaar maandelijks te meten kan een PC lake model worden gevoed, waarmee de afstand tot een eventueel kantelpunt (de zogenaamde kritische belasting= de belasting waarbij een helder water gevoelig wordt om te slaan naar een door algen gedomineerde toestand) in beeld kan worden gebracht. Het vaststellen van het tijdstip en de mate van stratificatie in de waterkolom is bijdragend aan de betrouwbaarheid van het model.

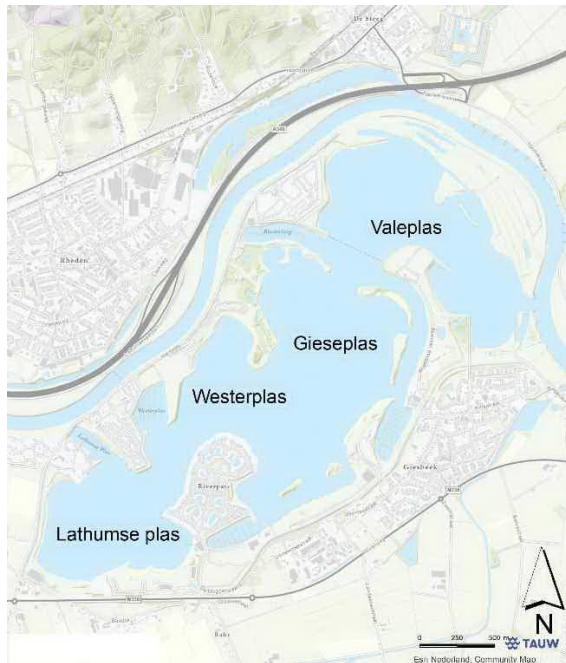
Hoeveelheid en samenstelling kwel

Geadviseerd wordt om de kwel in de plassen te kwantificeren en te kwalificeren bij diverse omstandigheden en in verschillende seizoenen in beeld te brengen.

2 Inleiding

Het recreatiegebied Rhederlaag maakt onderdeel uit van de uiterwaarden van de IJssel/. Het gebied bestaat uit vier aan elkaar verbonden plassen: de Valeplas, Gieseplas, Westerplas en Lathumse plas (zie Figuur 2.1). In deze plassen zijn 3 zwemwaterlocaties aangewezen waarbij eisen worden gesteld aan de zwemwaterkwaliteit. Het Rhederlaag is het grootste watersportgebied van Oost-Nederland en ontvangt jaarlijks 800.000 gasten. Het is daardoor een belangrijke bron van inkomsten voor veel mensen die rond het Rhederlaag wonen en werken. In het kader van het project Rivierklimaatpark is een planuitwerking gestart om de kades van de bovenstrooms van het gebied gelegen Koppenwaard te verlagen. Hiermee zouden de plassen van het Rhederlaag gemiddeld ééns in de twee jaar gaan meestromen met de IJssel, in plaats van gemiddeld ééns in de 6.4 jaar zoals op dit moment het geval is. Vanwege de recreatiefunctie en natuurwaarden van het gebied is het van belang dat de waterkwaliteit van het Rhederlaag ondanks de geplande kadeverlaging geborgd blijft.

In het huidige document wordt een globale systeembeschrijving gegeven, waarin wordt aangegeven wat de waterkwaliteit is in de huidige situatie en hoe bepaald kan worden wat de waterkwaliteit zal zijn in de toekomstige situatie. Dit hangt af van twee typen factoren, namelijk 1) de autonome ontwikkeling van het watersysteem en 2) de kadeverlaging. Er wordt een voorstel gedaan voor een meetplan en rivierkundige berekening, waarmee nog onbekende water- en stofstromen in beeld gebracht worden en de effecten van de kadeverlaging op de autonome ontwikkeling van de waterkwaliteit bepaald worden.



Figuur 2.1 Plassen van het Rhederlaag

2.1 Locatiebeschrijving

Aan de zuidkant van de plas is een hoogwatervrij schiereiland geconstrueerd in 1989, waarop zich de woonwijk Riverparc bevindt. Het gebied is ontstaan door zandwinning. Op twee locaties zal in de komende jaren nog zandwinning worden uitgevoerd, daarna wordt dit afgerond.

Er zijn drie officieel aangewezen zwemwaterlocaties aanwezig in het recreatiegebied Rhederlaag: het Bahrse strand, Rhederlaag Noordoever en Rhederlaag Giese Kop. Daarnaast zijn strandjes aanwezig op het schiereiland. Vanwege de open verbinding met de IJssel bij Giesbeek is het een populair gebied voor watersporters: er zijn vijf jachthavens aanwezig (RPS/Tauw/KWR, 2019).

De plassen in het Rhederlaag worden gekenmerkt door een groot doorzicht. De vier plassen zijn met elkaar verbonden via een aantal plaatselijke vernauwingen, namelijk tussen de IJssel en de Valeplas, de Valeplas en de Gieseplas en de Gieseplas en Lathumse Plas (zie figuur 1.1). In de praktijk is het nu 20 jaar geleden dat het Rhederlaag meestroomde met de IJssel.

2.2 Doelstelling

In het huidige document wordt een meetplan voorgesteld om de volgende vragen te beantwoorden:

- (Hoeveel) kan de kade worden verlaagd zonder de waterkwaliteit van het Rhederlaag negatief te beïnvloeden?

Hierbij wordt waterkwaliteit gedefinieerd als zwemwaterkwaliteit en recreatiekwaliteit, i.e. bacterieconcentraties (*E-coli* en *intestinale enterococcen*), blauwalgconcentraties en nutriënten. Direct gekoppeld aan de algenconcentraties is de parameter doorzicht.

Om inzicht te krijgen in de bovenstaande vraag worden de volgende deelvragen beantwoord over de huidige situatie en een eerste inschatting van de effecten van kadeverlaging op de waterkwaliteit:

- In welke mate worden de plassen gevoed verschillende waterbronnen, waaronder kwel?
- In welke mate zijn de plassen op dit moment opgeladen met nutriënten?
- Hoe groot is op dit moment de kans op het optreden van blauwalgenbloei, *E. coli* en intestinale enterococcen?
- Wat is de mogelijke invloed van een kadeverlaging van 60 – 80 cm op de oplading van het systeem met nutriënten en de kans op blauwalgenbloei, *E. coli* en intestinale enterococcen?

Om deze vragen te beantwoorden is door middel van een literatuurstudie en globale systeemanalyse in kaart gebracht welke water- en stofstromen de plassen van het Rhederlaag in- en uitgaan en wat de waterkwaliteit is in de huidige situatie. Van iedere stroom is aangegeven in hoeverre op dit moment voldoende kennis is over de kwantiteit ervan en wat de verwachte invloed van de kadeverlaging hierop is. Daarnaast is aangegeven in hoeverre bekend is hoe de autonome ontwikkeling van het systeem zal verlopen. Relevante factoren waarover onvoldoende kennis bestaat zijn opgenomen in het meetplan en/of een voorgestelde rivierkundige berekening en PC Lake modellering.

2.3 Autonome ontwikkeling

Los van veranderingen in het Rhederlaag als gevolg een eventuele kadeverlaging, is er ook de autonome ontwikkeling. Enerzijds zit die in de oplading die er mogelijk al jaren optreedt door de aantakking van het plassen gebied aan de IJssel, maar ook de gevolgen van klimaatverandering vallen hieronder. Te denken valt aan vaker optreden hogere en lagere afvoeren van de IJssel en mogelijk op andere momenten. Ook warmere zomers en afstroming door extremere buien kunnen hun weerslag hebben op de waterkwaliteit.

2.4 Afbakening

Het onderzoek richt zich op mogelijke effecten van directe instroom van rivierwater in het Rhederlaag. Overige (toxische) vervuilende stoffen vallen buiten de scope van dit meetplan omdat er geen direct verband is met de concentraties *E.coli*, intestinale enterococci of blauwalgen. De waterbodem is licht verontreinigd maar er is geen puntbron van toxische stoffen blijkt uit het al uitgevoerde waterbodemonderzoek. Omdat uit de Koppenwaard, geen erosie zijn externe factoren zoals grondkwaliteit (bijv. ten gevolge van vervuilingen) ook niet meegenomen in de analyse.

3 Literatuuronderzoek

Door middel van een literatuuronderzoek zijn een aantal zaken in kaart gebracht:

- De nutriëntconcentraties in de IJssel door de tijd heen, om een beeld te krijgen van de mogelijke instroom van nutriënten vanuit de IJssel naar de plassen van het Rhederlaag.
- Informatie over de kwantiteit van overige nutriëntbronnen zoals vogels, zwemmers en recreatieboten uit zwemwaterprofielen
- Beschrijving van het landgebruik en mogelijke nutriëntbronnen in de Koppenwaard
- Informatie over de kwantiteit van het slib in de plassen van het Rhederlaag

Voor de uitvoering van de literatuurstudie zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

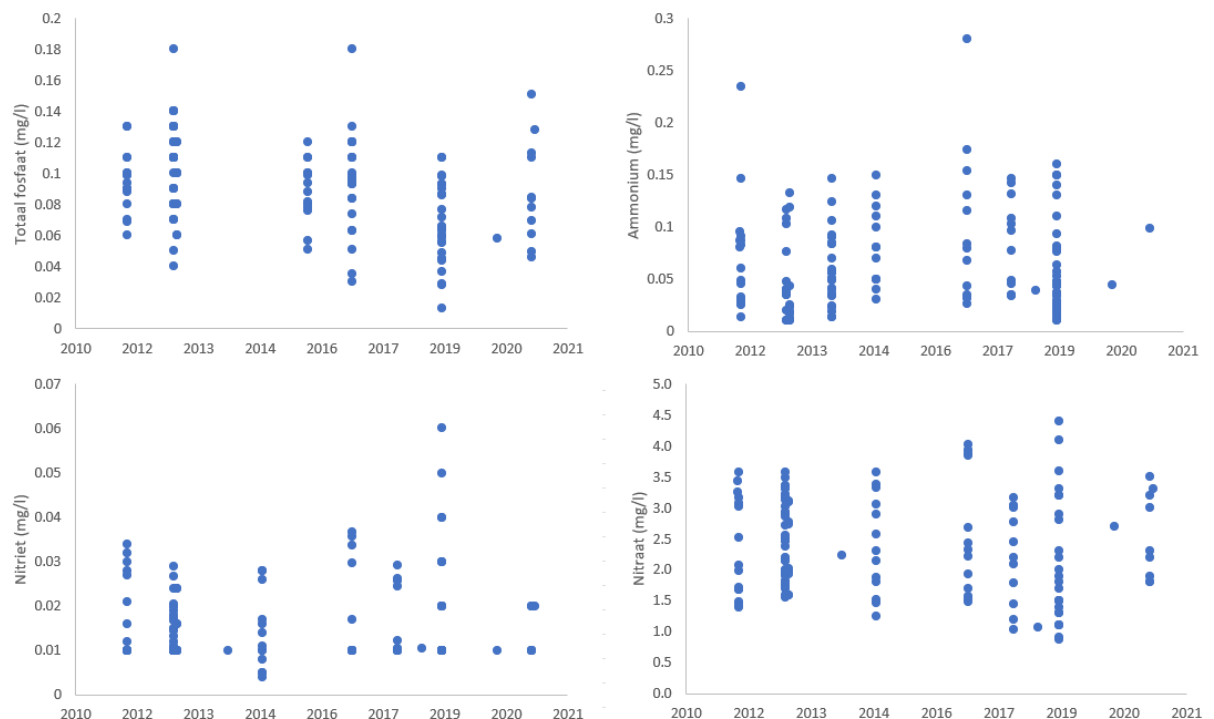
- Effectbeschouwing waterkwaliteit Rhederlaag als gevolg van tweezijdig aangetakte geul in de Koppenwaard (2019), Witteveen+Bos. *Provincie Gelderland*, 107463-40.60/19-005.585
- Kwel in de uiterwaarden: een onderzoek naar de kwelsituaties in vijf uiterwaard wateren. Niels Barts en Bob van Swaay (2019). *Hogeschool Van Hall Larenstein*
- Floodplain development Koppenwaard (2015). Natuurmonumenten
- Verkennend waterbodemonderzoek Havenweg 4 te Giesbeek (2018). Econsultancy
- Zwemwaterprofiel Rhederlaag Bahrsestrand (2017a), RPS / TAUW. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*, Donar-code: RHEDLBSSD
- Zwemwaterprofiel Rhederlaag Giese Kop (2019), RPS/Tauw/KWR. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*, Donar-code: RHEDLGSKP
- Zwemwaterprofiel Rhederlaag Noordoever (2017b), RPS/Tauw. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*, Donar-code: RHEDLNOVR
- Zwemwaterprofiel Campingpark het Groene eiland – strand Maasboulevard (2019). RPS/tauw/KWR. *Rijkswaterstaat Zuid-Nederland*, Donar-code: GOUDHMTP

- Zwemwaterprofiel Zwanewater (2010), Grontmij/DHV. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*

3.1 Kans op overschrijdingen blauwalgen, *E. coli* en intestinale enterococcen

3.1.1 Nutriëntconcentraties in de IJssel (Kampen)

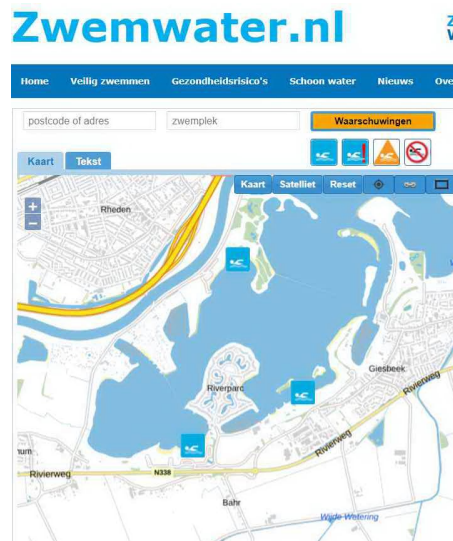
Het meetpunt in Kampen is het meest representatief voor het IJsselwater uit de meetdata van RWS. De nutriëntconcentraties in de IJssel zijn over de periode 2012-2021 redelijk stabiel (zie Figuur 3.1). Er zijn duidelijke variaties in metingen per maand maar er is geen duidelijke toenemende of afnemende trend door de tijd heen waarneembaar. De concentraties totaal fosfaat zijn gemiddeld 0.09 mg/l ($\sigma=0.03$), ammonium 0.07 mg/l ($\sigma=0.05$), nitraat 2.4 mg/l ($\sigma=0.8$) en nitriet 0.015 mg/l ($\sigma=0.01$). De nutriëntconcentraties van de IJssel worden vergeleken met de nutriëntconcentraties in het Rhederlaag in paragraaf 3.2.2.



Figuur 3.1 Maandmetingen nutriëntconcentraties in de IJssel op de locatie Kampen (data RWS)

3.1.2 Waterkwaliteit en nutriëntbronnen Rhederlaag

In het gebied zijn verschillende recreatiestrandjes aanwezig waarvan er drie zijn aangewezen als officiële zwemwaterlocatie: het Bahrse strand, Rhederlaag Noordoever en Rhederlaag Giese Kop (zie Figuur 3.2).



Figuur 3.2 Locaties zwemwaterlocaties in het Rhederlaag

Hieronder volgt een beschrijving van de waterkwaliteit en bekende nutriëntbronnen bij de drie recreatiestranden waarbij gebruik is gemaakt van de in de inleiding van dit hoofdstuk genoemde bronnen. Recentere informatie bleek voor deze studie niet beschikbaar.

Bahrse strand

Er zijn diverse potentiële bronnen van verontreiniging aanwezig op het Bahrse strand. Het strand wordt jaarlijks door circa 130.000 bezoekers bezocht. Ook kunnen op de stranden grote aantallen ganzen aanwezig zijn (honderden). De ganzen zijn vooral in het voorseizoen aanwezig in grote getalen (duizenden) op de plas. Daarnaast komen ook eenden, meerkoeten en meeuwen voor, die uitwerpselen op het strand en in het water achterlaten. Er is geen veeteelt nabij het water. In de periode 2013-2016 is de zwemwaterkwaliteit wat betreft *E. coli* en *I. enterococcon* beoordeeld als Uitstekend. In de periode 2012-2016 zijn geen indicaties aangetroffen van overmatige blauwalgenbloei. Er zijn geen drijfslagen waargenomen (RPS/Tauw, 2017a). De huidige beoordeling van de waterkwaliteit (kwaliteitsklasse) is Goed.

Giese Kop

Ook ter plaatse van het strand Rhederlaag Giese Kop komen veel bezoekers: 1000-2000 bezoekers op gemiddelde zomerdagen. Ook binnen de zwemzone van dit strand zijn regelmatig enkele tientallen watervogels aanwezig; buiten de zwemzone kan dit oplopen tot circa 200 watervogels. Op zonnige dagen varen er gemiddeld circa 1000 recreatieboten op het Rhederlaag. In de periode 2015-2018 is de zwemwaterkwaliteit wat betreft *E. coli* en *I. enterococcon* beoordeeld als Uitstekend. In de periode 2014-2018 zijn geen indicaties aangetroffen van overmatige blauwalgenbloei. In 2016 en 2017 zijn wel drijfslagen van blauwalgen waargenomen (categorie I; RPS/Tauw/KWR, 2019). De huidige beoordeling van de waterkwaliteit (kwaliteitsklasse) is niet beschikbaar wegens onvoldoende data.

Rhederlaag Noordoever

Ter plaatse van het strand Rhederlaag Noordoever komen tevens veel bezoekers: circa 130.000 per jaar. Ook ter plaatse van dit strand zijn grote aantallen ganzen waargenomen (honderden). Ook kunnen op zonnige dagen honderden recreatieboten op de plas aanwezig zijn. In de periode 2013-2016 is de zwemwaterkwaliteit wat betreft *E. coli* en *I. enterococcon* beoordeeld als Uitstekend. In de periode 2014-2016 zijn geen indicaties aangetroffen van overmatige blauwalgenbloei. Er zijn geen drijfslagen waargenomen (RPS/Tauw, 2017b). De huidige beoordeling van de waterkwaliteit (kwaliteitsklasse) is Goed.

3.1.3 Waterkwaliteit ter plaatse van andere uiterwaardgebieden

Om inzicht te krijgen in mogelijke factoren die van invloed zijn op bacterie- en blauwalgengroei in diepe plassen langs rivieren zijn twee locaties bestudeerd die vergelijkbaar zijn met Rhederlaag. Er is gekeken naar één locatie mét blauwalgengroei (Gouden Ham) en één locatie zonder blauwalgengroei (Zwanewater).

Gouden Ham

Ter plaatse van het strand Het Groene Eiland (onderdeel van de plas De Gouden Ham) zijn in de periode 2014-2018 indicaties aangetroffen van overmatige blauwalgenbloei (vooral *Microcystis*). In 2017 en 2018 zijn tevens drijfslagen gesignaleerd (categorie I). Factoren die de aanwezigheid van blauwalgen beïnvloeden zijn de inrichting van de locatie (hydromorfologie), nutriëntenconcentraties in het water en de aanwezigheid van blauwalgen in het stroomgebied. Wat betreft de hydromorfologie, kan de groei van blauwalgen bevorderd worden door de aanvoer van slib in de winterperiode, de aanwezigheid van diepere delen en door beperkte doorstroming. Het relatief hoge waterpeil van de Maas in de winter zorgt ervoor dat water over het uiterwaardgebied stroomt en vers slib aanvoert naar de plas. Dit vormt een bron van nutriënten voor de blauwalgen. De plas is 20-25 meter diep, waarbij de matig diepe delen (circa 5 meter diep) een overwinteringsplaats voor *Microcystis*-cellen kunnen vormen. In het voorjaar stijgen deze blauwalgen weer op en nemen daar in aantal toe. De beperkte doorstroming op de locatie maakt deze migratie mogelijk. Concentraties van *E. coli* en intestinale enterococcon zijn op de locatie doorgaans beneden de norm (kwaliteitsklasse Uitstekend).

De nutriëntconcentraties in het water van de Maas zijn ruim boven de KRW-referentiewaarden voor diep gebufferde meren, wat aangeeft dat voldoende stikstof en fosfaat aanwezig is voor de groei van blauwalgen (0,14 mg P/liter referentiewaarde 0,03 mg/liter ; 3,71 mg N/liter totaal-stikstof referentiewaarde 0,9 mg/liter; 3,05 N/liter anorganisch stikstof referentiewaarde 0,08 mg/liter) (RPS/TAUW/KWR, 2019).

Zwanewater

Het Zwanewater is een plas die grenst aan de Nederrijn en is ontstaan door zandwinning. De plas is omsloten door een zomerdijk; bij normale en lage waterstanden staat de plas niet in verbinding met de Nederrijn. De maximale diepte van de plas is circa 28 meter en de gemiddelde diepte is circa 12 meter. De waterbodem bestaat uit een combinatie van grof en fijn zand en klei. De aanwezigheid van kwel of infiltratie is onbekend. Langs de noord-westrand van de plas loopt een kwelsloot. Aan de zuidwestzijde mondt een sloot uit in de plas vanuit 'de Strang' (watergang) via een duiker. Bij hoge waterstanden stroomt water uit de Nederrijn de zwemplas in.

In de zomerperiode komen er circa 100 tot 200 bezoekers per dag met een maximum van circa 1000 mensen op zonnige dagen. Het aantal bezoekers per jaar is geschat op 7000-10.000.

Op de locatie is eenmalig een melding gemaakt van blauwalgen (2007). In de daarop volgende jaren zijn geen hoge concentraties blauwalgen gemeten (maximaal 2850 cellen/ml in 2009).

Concentraties van E. coli en intestinale enterococci zijn op de locatie doorgaans beneden de norm (kwaliteitsklasse Uitstekend).

De nutriëntconcentraties zijn in de periode 2004-2008 over het algemeen boven de KRW-referentiewaarden (0,04-3,4 mg P/liter referentiewaarde 0,03 mg/liter; 1,8-5,5 t-N mg/liter referentiewaarde 0,9 mg/liter; 1,5-4,5 anorganisch stikstof referentiewaarde 0,08 mg/liter).

Conclusie

Uit het beperkte aantal locatiebeschrijvingen kunnen geen algemene conclusies getrokken worden. Wat echter wel duidelijk is, is dat blauwalgengroei niet één op één samenhangt met verhoogde nutriëntconcentraties, maar dat de mate van doorstroming en nutriëntgehalte in het slib tevens bepalend zijn. Ook vormen matig diepe delen waar een beperkte doorstroming is een overwinteringsplaats voor blauwalgen. Bacterieconcentraties hangen sterk samen met de aanvoer van bacteriën uit feces afkomstig van mens en dier.

3.2 Hoe is het landgebruik van de Koppenwaard?

Wanneer de Koppenwaard vaker geïnundeerd gaat worden, zal (afhankelijk van de stevigheid van de ondergrond) mogelijk materiaal uit de Koppenwaard meegevoerd worden met het water.

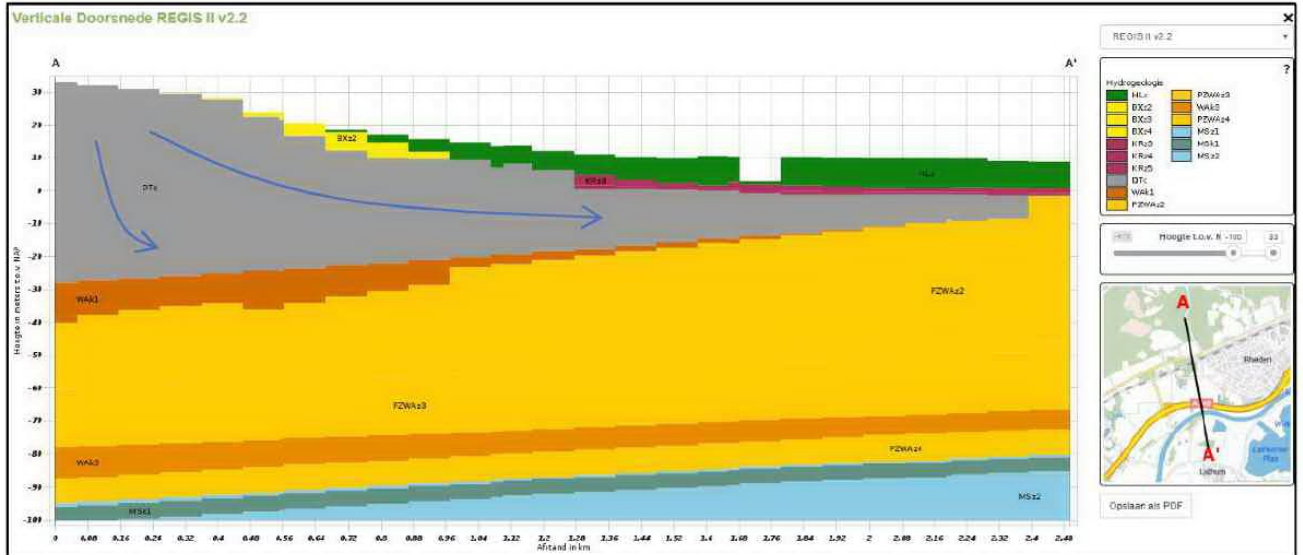
Daarom is het huidige landgebruik van de Koppenwaard in kaart gebracht.

De Koppenwaard wordt gekenmerkt door open weilanden afgewisseld met bosschages en hagen.

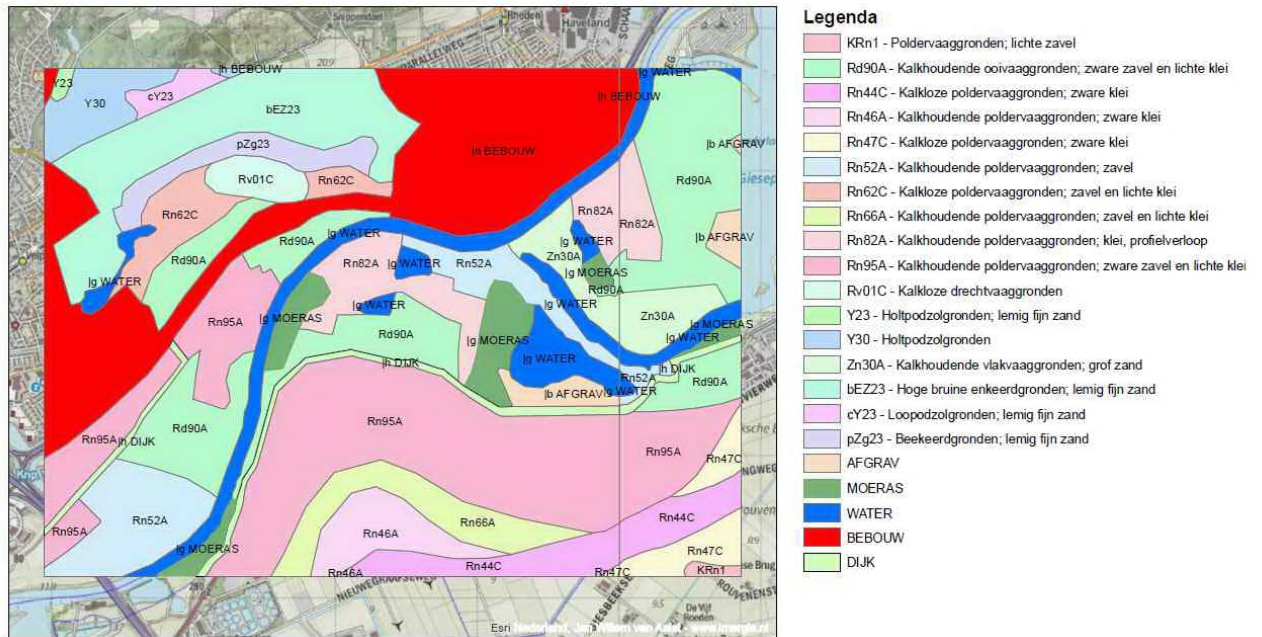
Uit Google Streetview beelden van september 2021 blijkt dat een klein deel van de weilanden begraasd wordt door koeien. Ook zijn drie plassen in het gebied aanwezig, die gevoed worden door kwelwater en door rivierwater.

In een geïsoleerde plas in de Koppenwaard, die zich ten westen van de plassen van Rhederlaag bevindt, is het aandeel van kwelwater onderzocht. De plassen in de Koppenwaard bestaan grotendeels uit kwelwater (80-88%). Uit Mazure-berekeningen blijkt dat het met name om kwelwater vanaf de Veluwe gaat. Ter vergelijking, uit het zelfde onderzoek van Barts en van Swaay (2019) blijkt dat het water in de Lathumse plas sterk overeenkomt met het water in de IJssel (49-55%) en juist onder beperkte invloed van kwel staat (1-21%). Het effect van directe verbinding op de samenstelling van het water is daarin duidelijk.

De bodemopbouw bij de Koppenwaard bestaat uit een stuwwal (grijs) met daaronder een kleilaag (oranje) (zie Figuur 3.3). De toplaag bestaat uit kalkhoudende poldervaaggronden met daarin klei of zware zavel en lichte klei (zie Figuur 3.4).



Figuur 3.3 Geologie Koppenwaard (figuur uit: Barts en Swaay, 2019).



Figuur 3.4 Bodemkaart Koppenwaard (figuur uit: Barts en Swaay, 2019).

De gemeten stoffen in de plassen in de Koppenwaard voldoen grotendeels aan de KRW-richtlijnen. De sulfaatgehalten zijn echter te hoog (110-1233 mg/l). Het hoge sulfaatgehalte kan veroorzaakt zijn door pyrietoxidatie of door inspoeling van regenwater afkomstig uit omliggende voedingsrijke bodems.

3.3 Slib in de plassen van het Rhederlaag

In het kader van voorgenomen baggerwerkzaamheden is een verkennend waterbodemonderzoek uitgevoerd in één van jachthavens in het gebied (Havenweg 4 te Giesbeek). De waterbodem bestaat op deze locatie uit matig fijn, zwak siltig en zwak grondig zand en plaatselijk uit klei. De bovenste waterbodemaag heeft een zwakke tot matige bijmenging met slib. De dikte van deze laag varieert van 0,15 m tot 0,65 m en plaatselijk 0,85 m. De slibhoudende bovenlaag is licht verontreinigd met diverse metalen (o.a. arseen, cadmium, chroom, koper, kwik en nikkel), minerale olie, PCB (som) en PAK. Nutriëntgehalten in de waterbodem zijn niet bepaald (Econsultancy, 2018).

4 Veldmetingen en analyses

Om het aandeel kwel, regenwater en IJsselwater in de plassen van het Rhederlaag te bepalen is een veldcampagne uitgevoerd. Ook zijn monsters genomen om de nutriëntconcentraties in het water en de waterbodem van de plassen vast te stellen.

4.1 Veldwerk

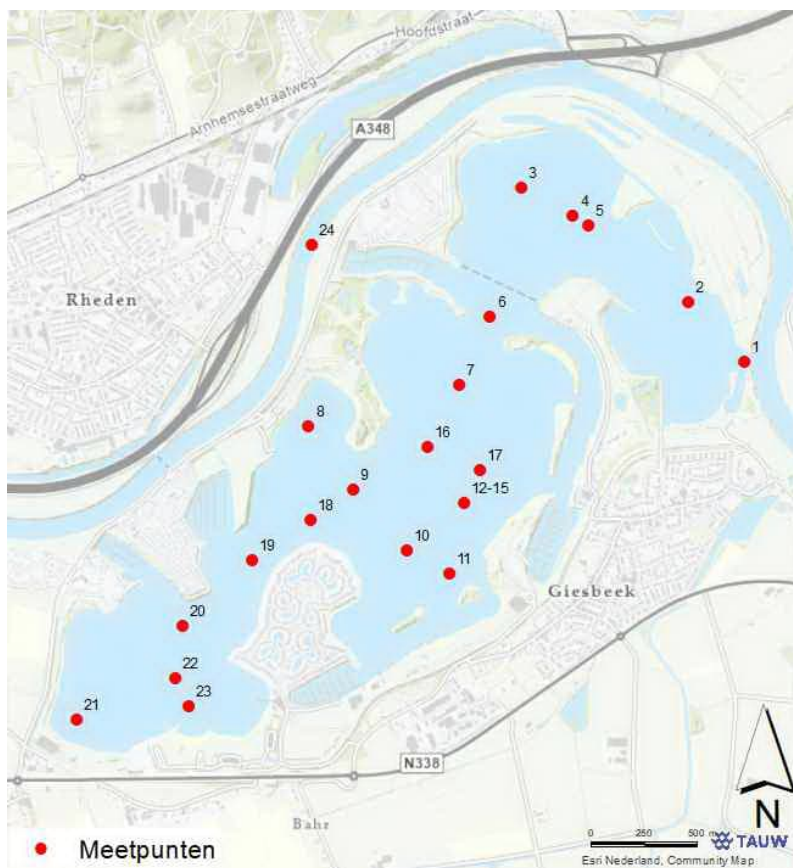
Op 16 maart 2022 is het veldwerk uitgevoerd. In Tabel 4.1 zijn de omgevingsfactoren tijdens de veldwerkdag samengevat. In Figuur 4.2 zijn de meetpunten opgenomen. Op de meetpunten 1 t/m 4, 6 t/m 16, 18 t/m 22 en 24 zijn watermonsters genomen. Op meetpunten 5, 17 en 23 zijn waterbodemonsters genomen. Op de meetpunten 12 t/m 14 zijn op dezelfde locatie watermonsters genomen op verschillende dieptes, om eventuele verticale gradiënten in nutriëntconcentraties vast te stellen. In Tabel 4.2 is in de kolom 'analyses' aangegeven op welke parameters de monsters geanalyseerd zijn.

Tabel 4.1 Omgevingsfactoren veldwerkdag

Datum	16-3-2022
Temperatuur	14 °C
Weersomstandigheden	Zonnig in de ochtend, bewolkt in de middag
Dominante windrichting	ZZO
Windsnelheid	0,9 m/s
Waterpeil	636 cm (normaal) t.o.v. NAP



Figuur 4.1 Valeplas ter hoogte van de instroomopening naar de IJssel



Figuur 4.2 Meetpunten TAUW 16 maart 2022. 12-15 betreft een reeks metingen in de diepte. 5,17 en 23 zijn waterbodemmonsters; 4,16 en 22 zijn monsters waar ook nutriënten zijn bepaald. De overige monsters betreffen metingen van EGV, Cl- en Ca2+.

De waterbodemmonsters zijn genomen met behulp van een Van Veenhapper (zie Figuur 4.3). De watermonsters op diepte zijn genomen met behulp van een Ruttner fles (zie Figuur 4.4) .



Figuur 4.3 Een Van Veenhapper voor het nemen van waterbodemmonsters en gebruik Van Veenhapper vanaf de boot



Figuur 4.4 Gebruik Ruttner fles om water op diepte te bemonsteren

4.2 Veldwaarnemingen

In Tabel 4.2 zijn de veldwaarnemingen per meetpunt opgenomen. In de Valeplas neemt richting de IJssel de temperatuur en EGV toe (monsters 1 t/m 3).

De eerste twee slibmonsters 5 en 17 konden goed genomen worden. Zuidelijker de plassen op is de bodem harder. Een aantal keer kwam alleen water met een beetje zand uit de Van Veenhapper. De bodem leek wat meer grind/ grof zand te bevatten. Het derde monster (23) is wel gelukt.

Monster 15 is niet gelukt. Het lukte niet om dieper dan 15 meter een watermonster te nemen. Het dichtgaan van de steekbuis lijkt niet op het juiste moment te gebeuren. We hebben dus geen monster van 20 meter diepte kunnen nemen.

Op de plas zijn aalscholvers, fuut, ganzen, meeuwen waargenomen. Aan de westelijke oevers in het midden van de plas zijn beversporen waargenomen (knaagsporen aan de bomen).

Het slibmonster op meetpunt 5 bevatte zes muggenlarven (*Chironomus*). De andere slibmonsters bevatten geen macrofauna.

Het doorzicht op de monsternamen dag was erg goed, tot 5 meter op veel plaatsen. Wel is de Valeplas duidelijk minder helder dan de Gieseplas en de Lathumse plas.

Foto's van de veldwerkdag zijn opgenomen in bijlage 1.

Tabel 4.2 overzicht van analyses per monsterpunt en veldwaarnemingen

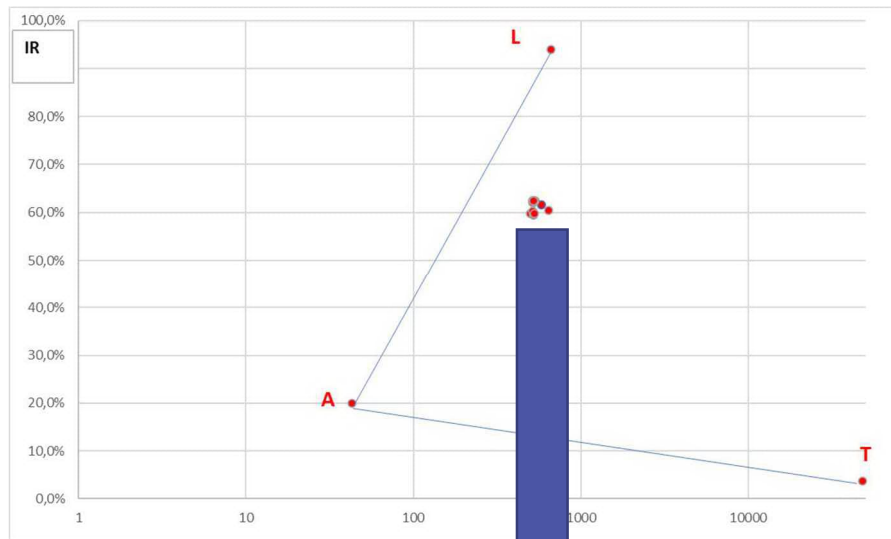
Monsterpunt	locatie	analyse	Monsterdiepte (m)	Doorzicht (cm)	diepte (m)	EGV ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Slibdikte (cm)	opmerking
1	Valeplas IJsselmond	Ca/Cl	0,1	130		579	7,9		
2	Valeplas	Ca/Cl	0,1	220		530	7,5		
3	Valeplas	Ca/Cl	0,1	300		519	7,4		
4 (alles)	Valeplas	Nutriënten pakket		250					
5 (bodem)	Valeplas	P en Fe in bodemmonster	22	250	22	519	7,6	>10cm	
6	Gieseplas NO	Ca/Cl	0,1	440		512	9,0		
7	Gieseplas midden	Ca/Cl	0,1	460		521	7,6		
8	Gieseplas dwars IJsselzijde	Ca/Cl	0,1	200	2	517	8,6		voorbij de ballenlijn, dichtbij het strand
9	Gieseplas dwars	Ca/Cl	0,1	500	16	515	8,4		
10	Gieseplas dwars	Ca/Cl	0,1	500	13	515	7,9		
11	Gieseplas dwars Giesbeekzijde	Ca/Cl	0,1	500	6	512	7,9		
12	Gieseplas diep 5m	Ca/Cl	0,1	460		516	8,3		
13	Gieseplas diep 10m	Ca/Cl	0,1	-		520	7,7		
14	Gieseplas diep 15m	Ca/Cl	0,1	-		525	7,4		

Monster-punt	locatie	analyse	Monster- diepte (m)	Door- zicht (cm)	diepte (m)	EGV ($\mu\text{S/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Slib- dikte (cm)	opmerking
15	Gieseplas diep diepst	Ca/Cl		-					dieper dan 15 m is niet gelukt. Buis kregen we niet goed gesloten op die diepte.
16 (alles)	Gieseplas midden	Nutriënten pakket		460		520	7,8		
17 (bodem)	Gieseplas midden	P en Fe in bodemmonster	19						beetje fijn zand door het slib
18	Westerplas NO	Ca/Cl	0,1	500		499	9,6		grof zand
19	Westerplas W	Ca/Cl	0,1	450		520	8,0		
20	Lathumse plas NO	Ca/Cl	0,1	500	29	523	7,4		
21	Lathumse plas ZW	Ca/Cl	0,1	500	13	515	8,3		
22 (alles)	Lathumse plas midden	Nutriënten pakket	5	500	10	527	7,5		
23 (bodem)	Lathumse plas midden	P en Fe in bodemmonster	19	500	19	517	7,5		
24	IJssel	Ca/Cl	0,1	40		641			

4.3 Analyse veldresultaten

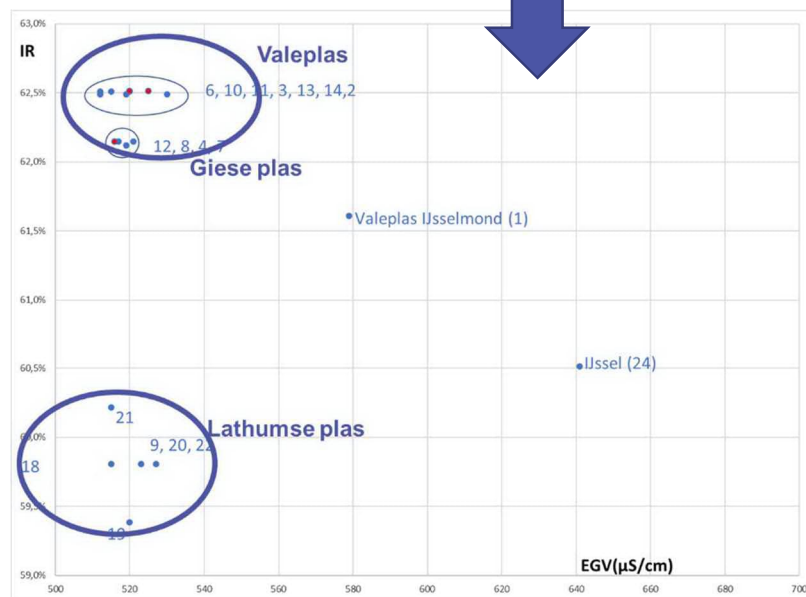
4.3.1 IR/EGV ratio

Het belangrijkste doel voor het doen van uitvoerige analyses met geografische spreiding in het plassengebied was het inzicht verkrijgen in de herkomst van het water. Daartoe zijn de monsterpunten in een IR/EGV diagram geplot. (Figuur 4.5). De uiteinden van de driehoek staan voor de referentiepunten voor L: grondwater, A: regenwater en T: Zeewater. Een vast referentiepunt voor rivierwater is er niet omdat dat erg afhankelijk is van de geografische ligging, ondergrond en de belangrijkste wijze van voeding (gletsjer, regen, bron). De Rijntakken in Oost Nederland zijn wat samenstelling betreft zeer vergelijkbaar met wat in dit onderzoek voor de IJssel is gemeten.



Figuur 4.5 IR EGV diagram in plassen Rhederlaag.

L: grondwater, A: regenwater, T: Zeewater.



Figuur 4.6 IR EGV diagram in plassen Rhederlaag uitsnede in het bereik van de monsterpunten in het gebied.

In Figuur 4.5 zijn de onderzochte locaties in de Rhederlaag zichtbaar als een puntenwolk die op de lijn A-L het dichtst bij grondwater is gelegen. Dat is kenmerkend voor rivierwater, omdat het een mix is van neerslag dat op haar lange weg veel uitwisseling met bodemmateriaal heeft, dat daar deels ook in oplost. Dat de punten zo dicht op elkaar liggen geeft aan dat er weinig onderling verschil is in ionensamenstelling. In Figuur 4.6 is er sterk ingezoomd op deze puntenwolk en dan zijn er enkele clusters zichtbaar: het monsterpunt in de IJssel ligt duidelijk apart, net als het monster in de Valeplas dat het dichtst bij de instroomopening ligt. De overige punten vallen in twee groepjes uiteen. In de onderste groep komen de monsters uit de Lathumse plas en de meest zuidwestelijke punten in de Gieseplas samen. De bovenste groep bevat de overige locaties dus

inclusief de diepe monsters en de dwarsraai in de Wester- en Gieseplas. Op basis hiervan kunnen we stellen dat een lichte trend van toenemende grondwaterinvloed van oost naar west zichtbaar is. De monsters in de diepte en dwarsrichting in de Gieseplas onderscheiden zich niet van de andere monsters die hier aan de oppervlakte genomen zijn.

De instroom van IJsselwater heeft de grootste invloed op de chemische samenstelling van het water in de Rhederlaag en die invloed laat een licht dalende trend zien richting het zuidwesten. In de diepte is dat niet anders dan aan de oppervlakte. Kwelinvloed kan hier niet door bevestigd noch uitgesloten worden.

4.3.2 Overige wateranalyses

Opvallend in de andere wateranalyses is dat de hoeveelheid zwevend stof in de Valeplas kleiner is dan in de andere plassen, terwijl het doorzicht juist hier lager was dan in de andere plassen. De waarden voor stikstof (NO₃-N of stikstof-totaal) ontlopen elkaar niet veel en zijn in alle drie de plassen rond de MTR norm dus aan de hoge kant (MTR norm stikstof-totaal: 2,2 mg/l, fosfortotaal: 0,15 mg/l). Fosfortotaal in de Gieseplas en Valeplas is ruim beneden de MTR norm. In de Lathumse plas is de fosfortotaal concentratie te hoog (i.e. boven de MTR norm). Dit laatste monsterpunt lag wel op 5 meter diepte. Het kan betekenen dat de belasting van het water in de Rhederlaag voor wat betreft fosfortotaal niet primair uit de IJssel afkomstig is, maar dat de monstername dicht bij een wel is geweest. Dit is echter niet vast te stellen.

Tabel 4.3 Analyseresultaten monstername 16 maart 2022 (Eurofins laboratorium)

Analyse	Eenheid	Valeplas (4)	Gieseplas (16)	Lathumseplas (22)	IJssel (Kampen) 2012-2021
Calcium (Ca)	mg/l	63	65	58	
Droogrest onopgel. bestand. (NEN6621)	mg/l	<9,5	22	11	
Totaal Stikstof	mg N/l	2,8	2,8	2,5	
Chloride	mg/l	68	69	69	
Nitraat (NO ₃ -N)	mg N/l	2,3	2,1	1,9	2,4 ± 0,8
Fosfor totaal (P)	mg/l	<0,050	0,054	0,18	0,09 ± 0,03

De gemiddelde concentratie fosfortotaal in de IJssel, gemeten in Kampen over de periode 2012-2021 is 0.09 mg/l ($\sigma=0.03$). Dit is in dezelfde range als de gemeten concentraties fosfortotaal in het Rhederlaag (0.05-0.18 mg/l). De gemiddelde concentratie nitraat in de IJssel, gemeten in Kampen over de periode 2012-2021 is 2.4 mg/l ($\sigma=0.8$). Dit is iets hoger dan de gemeten concentraties nitraat in het Rhederlaag (1,9- 2,3 mg/l).

4.3.3 Waterbodemanalyses

De waterbodems verschilden in de drie plassen behoorlijk in samenstelling. In de Valeplas bevatte de bodemhap zacht slib waarin enkele rode muggenlarven werden gevonden. In de Gieseplas waren enkele pogingen nodig voor een geslaagde bodemhap wat meestal een aanduiding is dat de bodem wat steviger is. Uiteindelijk kwam hier ook een slibbodem naar boven. In de Lathumse plas bevatte de bodemhap na zeker vijf mislukte pogingen voornamelijk grof zand.

De gehalten fosfor-totaal (P) in de bodem laten een positieve correlatie zien in relatie tot de afstand tot de open verbinding met de IJssel. In de Valeplas, direct naast de open verbinding met de IJssel gelegen, waren de gehalten fosfor-totaal in het slib het hoogst (zie Tabel 4.4). In de Lathumse plas waren de gehalten fosfor-totaal in het slib het laagst. Dezelfde gradiënt is zichtbaar in de ijzergehalten (33000-12000 mg/kg).

Eventuele seizoensvariatie in de mate van diffusie van fosfaat vanuit de waterbodem naar de waterlaag is nog onbekend. Fosfaat bindt met name aan ijzer-(hydr)oxides. IJzer komt veel voor in kleibodems en aangevoerd slib. Daarnaast komt opgelost ijzer voor in kwel. Bodems die van nature rijk zijn aan ijzer zijn vaak ook rijk aan fosfor, zonder dat er een externe belasting van het systeem aanwezig is. Zolang het fosfaat goed gebonden blijft aan het ijzer, wat op basis van het beperkte aantal uitgevoerde metingen in het Rhederlaag het geval lijkt te zijn, blijft de fosfaatbeschikbaarheid in de waterbodem laag. Een waterbodem wordt als eutroof beschouwd wanneer het fosfor-totaalgehalte 1,36 g/kg is en de P:Fe ratio 1:10 is of hoger (1:9, 1:8 et cetera). De Gieseplas en de Lathumse plas vallen ruim beneden de grenswaarde van 1,36 g/kg. De Valeplas zit vrijwel op deze grenswaarde (1,3 g/kg). De P:Fe ratio in de drie plassen vrij klein (1:25, 1:38 en 1:52), wat betekent dat het P sterk gebonden wordt en niet in oplossing gaat (Arcadis, 2009).

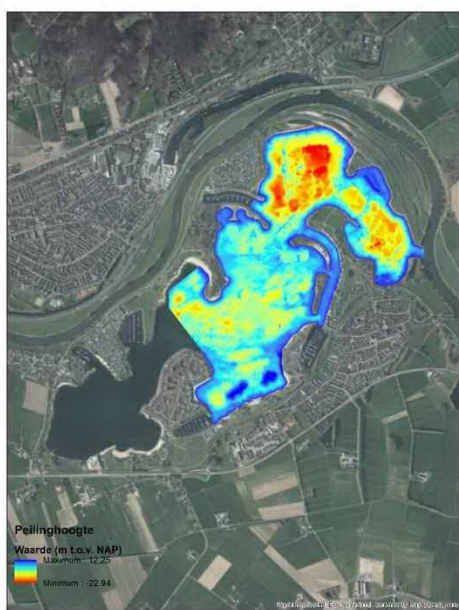
Tabel 4.4 Analyseresultaten slibmonstername 16 maart 2022 (Eurofins laboratorium)

Analyse	Eenheid	Valeplas (5)	Gieseplas (17)	Lathumse plas (23)
Droge stof	% (m/m)	32,3	45,7	76,1
IJzer (fe)	mg/kg ds	33.000	28.000	12.000
Fosfor totaal (P)	g/kg ds	1,3	0,73	0,23
P:Fe ratio		1:25	1:38	1:52

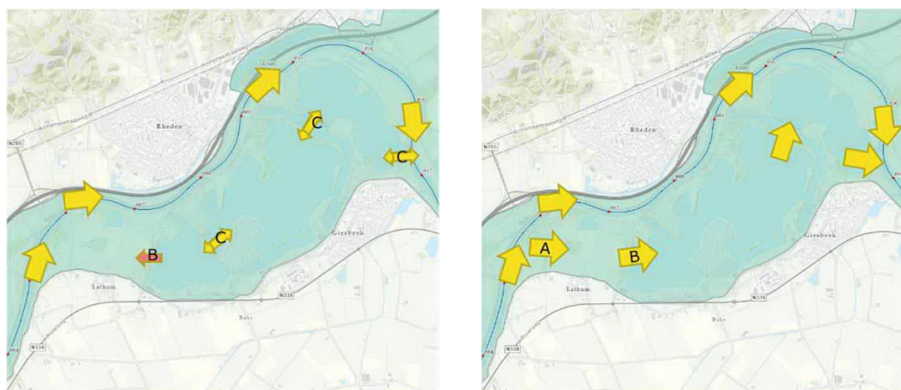
5 Globale systeembeschrijving

5.1 Waterbalans

De gemiddelde waterdiepte van de plassen is 5,5 meter en de maximale diepte bedraagt ongeveer 23 meter (zie Figuur 5.1). Van de Lathumse plas zijn geen gegevens. Het waterpeil in de plas kan gedurende het jaar sterk variëren (maximaal 6 meter; RPS/Tauw/KWR, 2019), vanwege de aanwezigheid van een open verbinding met de IJssel.



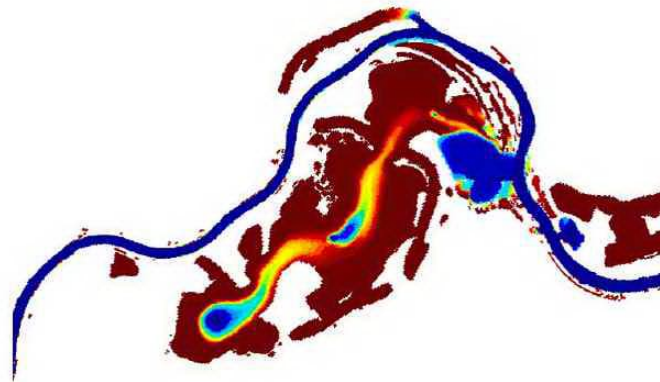
Figuur 5.1 Peilinghoogte (meter t.o.v. NAP).



Figuur 5.2 links Situatie tijdens hoogwater van 15.20m+ bij Lobith waarbij water via de Valeplas (C) het Rhederlaag instroomt en bij B de Koppenwaard in en rechts de situatie bij toenemende waterstand waarbij water aan de westzijde over de Koppenwaardse dam (A) en vervolgens over de kade Marsweg (B) stroomt.

Bij hoogwater op de IJssel stijgt ook het waterpeil in de Rhederlaag. Bij een waterstand vanaf 15.20m+ bij Lobith wordt het water in de Rhederlaag via duikers met kleppen onder de Marsweg gecontroleerd naar de aangrenzende Koppenwaard geleid. Deze sluis bevindt zich aan de westkant van de Lathumse plas. Bij een nog verder toenemende waterstand stroomt het water aan de westzijde over de Koppenwaardse dam (A) en vervolgens in de kade Marsweg (B) (zie Figuur 5.2). Statistisch gebeurt dit eens per 6,4 jaar (bron MER RKP). In de praktijk is de laatste keer dat dit is gebeurd meer dan twintig jaar geleden.

Effecten op de waterkwaliteit zijn met name afhankelijk van de verblijftijd van het water en de nutriëntenbelasting. Men kan aannemen dat wanneer de verblijftijd hoger wordt dan 21 dagen, er een (groter) risico aanwezig is op blauwalgvorming (Witteveen+Bos, 2019). Daarnaast kan het natuurlijk dat de verblijftijd minder dan 21 dagen is, maar dat lokaal in de dode hoeken de verblijftijd flink oploopt met blauwalg tot gevolg. In 2019 is een Waqua-modellering uitgevoerd, waarbij de belangrijkste bronnen van water in- en afvoer in het Rhederlaag in beeld zijn gebracht (Witteveen+Bos, 2019). Het gaat om kwel, verdamping en oppervlakkige afstroming (zie Figuur 5.3).



Figuur 5.3 Berekende verblijftijd voor de huidige situatie (donkerrood: 180 dagen, blauw: 0 dagen; figuur uit: Witteveen+Bos, 2019).

De berekende volumesnelheden van kwel en grondwater, oppervlakkige afstroming en verdamping in Figuur 5.3 zijn afkomstig uit Witteveen+Bos (2019). Daarnaast zijn de gemiddelde volumesnelheden van neerslag overgenomen uit KNMI-gegevens (daggemiddelden; periode 1990-heden). Volumesnelheden van overstromingen van de Koppenwaard bij hoog water zijn berekend aan de hand van het gemiddeld debiet van de IJssel (307 m³/s, 2016-heden) en een gemiddelde overstromingsduur van 3 dagen. Deze volumes betreffen een grove schatting: de overstromingen van de Koppenwaard vinden plaats bij hogere debieten. Ook is onbekend welk deel van het totale debiet in een dergelijke situatie via de Koppenwaard afstroomt. Nu is aangenomen een derde deel. Aangenomen is dat overstromingen ééns in de 6.4 jaar voorkomen, wat is omgerekend naar een gemiddeld totaal volume instroom per jaar.

Aan de hand van het waterpeil van 2019-2021 is een schatting gemaakt van de netto in- danwel uitstroom van IJsselwater in de plassen van het Rhederlaag. Het Rhederlaag beweegt via de open verbinding bij Giesbeek mee met de waterstanden van de IJssel. Het gaat dan ook om een continu in- en uitstromen van IJsselwater in het Rhederlaag. Op basis van de beschikbare gegevens is niet bekend in hoeverre menging plaatsvindt met het al aanwezige water in de plassen van het Rhederlaag, i.e. hoe ver richting de Lathumse plas het instromende water doorgaans reikt en wat daarmee de instroom van IJsselwater is in de Gieseplas, Westerplas en Lathumse plas. De instroom van IJsselwater vanuit de Koppenwaard tijdens hoogwater is bepaald door uit te gaan van het gemiddeld debiet van de IJssel ($307.6 \text{ m}^3/\text{s}$), een gemiddelde overstromingsduur van 0,5 dag per jaar (gelijk aan 3 dagen overstroming ééns in de 6.4 jaar), een geschatte waterhoogte tijdens een overstroming van 13.3 m en een kadehoogte van 12.3 meter. Hierbij is aangenomen dat een derde van het IJsselwater via de Koppenwaard stroomt.

Uit de modellering van Witteveen+Bos (2019) blijkt wel dat de verblijftijd van water in het Rhederlaag doorgaans circa 180 dagen is, behalve in het centrale deel (de dominante route van water) (zie Figuur 5.3). Ook blijkt uit de modellering dat er in de huidige situatie weinig uitwisseling is tussen de IJssel en de westelijke plassen (Lathumse plas, Westerplas en Gieseplas). Voornamelijk in de oostelijk gelegen Valeplas is uitwisseling te zien met de IJssel.

In het overgangsgebied van de hoofdroute van het water naar de oevers zijn delen waar de fractie IJsselwater hoog is en de verblijftijd relatief lang (circa 180 dagen). Met de huidige nutriëntgehalten in de IJssel kan dit tot blauwalgenbloei leiden. Ook vindt bezinking plaats van zwevende stofdeeltjes uit het IJsselwater op luwe plekken, waardoor de kans op blauwalgenbloei toeneemt (Witteveen+Bos, 2019). Uit de zwemwaterprofielen van de recreatiestranden in het Rhederlaag blijkt echter dat, in elk geval in de periode 2012-2018 geen blauwalgengroei is opgetreden. Voor die periode is wel een blauwalgbloei uit 2007 bekend en ook in de voorbije warme zomer van 2022 is er een negatief zwemadvies geweest vanwege blauwalg.

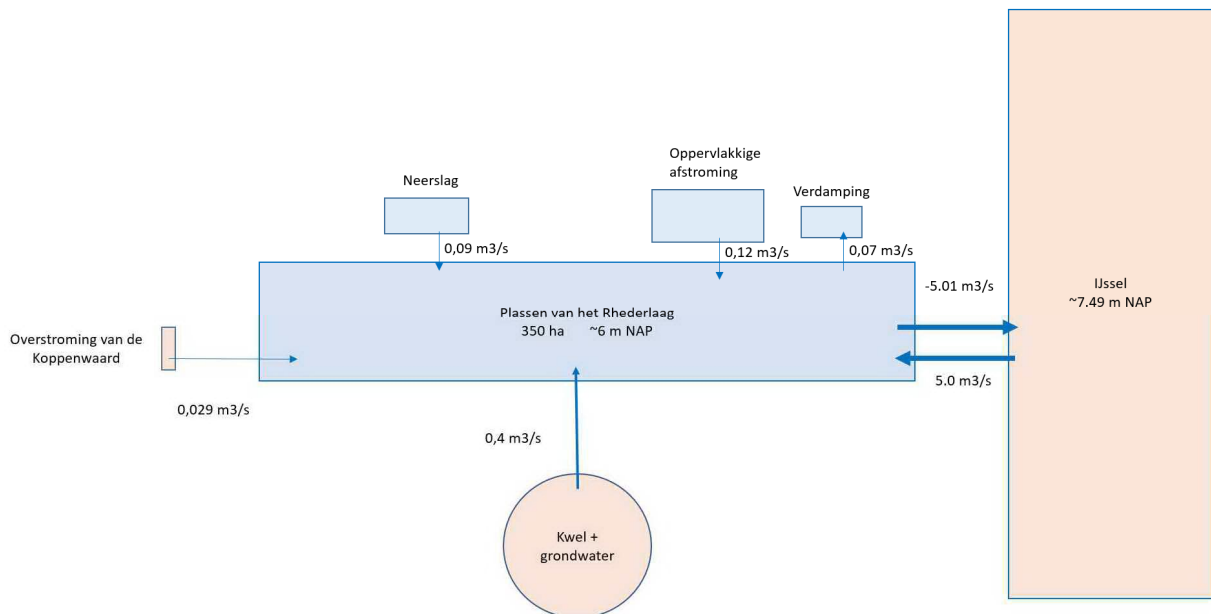
In de huidige situatie komt het statistisch gezien eens in de circa 6.4 jaar voor dat het Rhederlaag meestroomt vanaf de Koppenwaard. Dit kan zorgen voor oplading van de waterbodem en het hypolimnion (de onderste waterlaag bij stratificatie in de zomer). Oplading vindt plaats op twee manieren:

- Hogere nutriëntconcentraties van het IJsselwater zorgen voor een toename in groei van waterplanten en algen, waarvan de resten bezinken naar diepere delen van de plassen
- Vanwege de lagere stroomsnelheid in de plassen ten opzichte van de IJssel bezinkt zwevend materiaal uit het IJsselwater naar diepere delen van de plassen

De plassen kunnen meestal een bepaalde nutriëntenbelasting aan, totdat het systeem omslaat, zuurstofloos wordt en de nutriënten vrijkomen en in de ondiepere delen voor algengroei zorgen (Witteveen+Bos, 2019).

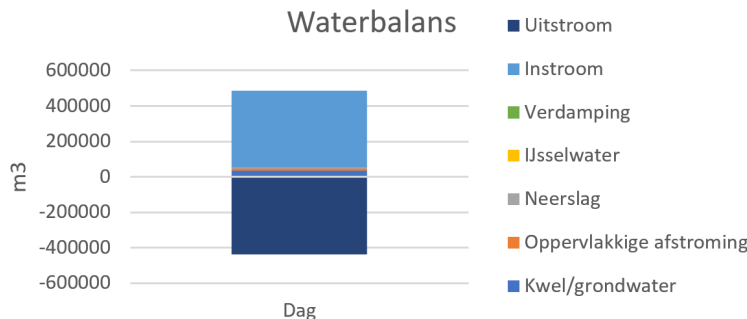
Uit Figuur 5.4 en Figuur 5.5 blijkt dat in de huidige situatie waarin het Rhederlaag eens in de 6,4 jaar meestroomt met de IJssel, wat is omgerekend naar een overstromingsduur van circa 0,5 dag

per jaar, de instroom van IJsselwater bij Giesbeek in de Valeplas verreweg de grootste waterbron vormt (zie Figuur 5.5). Zoals eerder genoemd, kan op basis van de beschikbare informatie niet bepaald worden in welke mate dit IJsselwater onder verschillende omstandigheden (i.e. seizoenen en waterstanden) doorstroomt naar de overige plassen. Neerslag en verdamping vormen een relatief klein aandeel van het totaal aan waterbronnen. Kwel vormt gemiddeld circa 5-10% van de instroom van water in de plassen, waarbij dit aandeel naar verwachting relatief groter is in de Gieseplas, Lathumse plas en Westerplas dan in de Valeplas (waar de grootste instroom van IJsselwater plaatsvindt).



Figuur 5.4 Globale waterstromen. Aangepast en aangevuld naar Witteveen+Bos (2019). Blauwe pijlen: input en outputbronnen van water. De blokken aangegeven in oranje kunnen niet nauwkeurig gekwantificeerd worden op basis van de huidige gegevens.

Een globale waterbalans is opgesteld door aan de hand van de berekende volumesnelheden (Figuur 5.4) de totale volumes in- en uitstroom per dag te bepalen (Figuur 5.5). Hieruit blijkt dat de instroom van de IJssel vanuit de open verbinding bij Giesbeek, in elk geval in de Valeplas, verreweg de grootste waterbron vormt. Het Rhederlaag is als een ruimtelijk homogeen systeem beschouwd, terwijl in werkelijkheid lokale verschillen in het aandeel kwel/grondwater versus het aandeel IJsselwater aanwezig kunnen zijn. Uit de opgestelde IR/EGV-diagrammen blijkt dat het aandeel IJsselwater in de Valeplas relatief hoger is dan in de Gieseplas en Lathumse plas, hoewel de onderlinge verschillen minimaal zijn. De herkomst van het water geeft overigens geen informatie over de verblijftijd: de mate van (continue) menging van het systeem is relevant om te bepalen hoeveel anorganisch materiaal naar verwachting bezinkt.



Figuur 5.5 Globale waterbalans in de huidige situatie. In- en uitstroom per dag.

5.2 Stofstromen

Nutriëntbronnen zijn in kaart gebracht door middel van literatuurgegevens en gemeten nutriëntconcentraties in het Rhederlaag (zie Tabel 5.1). Aan de hand van deze nutriëntbronnen is, gecombineerd met gegevens over de volumesnelheden van kwel/grondwater, neerslag, IJsselwater en uitstroom, de in- en uitstroom van nutriënten op jaarbasis bepaald in een nutriëntenbalans. We benadrukken dat dit een allereerste inschatting is. Er zijn veel aannames gedaan in de gegevens en daarmee kan het beeld anders zijn dan de werkelijkheid. De centrale vraag is of de bron vanuit de Koppenwaard, en de verandering daarin, veel invloed gaat hebben op de waterkwaliteit.

Tabel 5.1 Nutriëntbronnen

Bron	Toelichting
Kwel/grondwater	Debieten o.b.v. Witteveen+Bos 2019, concentraties P en N in kwel niet bekend, daarom op basis van gegevens gemiddelde nutriëntconcentraties 2012-2022 RWS: NO ₃ =2.34 mg/l NH ₄ =0.05mg/l PO ₄ =0.05 mg/l
Neerslag	KNMI-data 1990-2022
Vogels	O.b.v. zwemwaterprofielen en Tool Waterbirds 1.1. Aanname 2000 grauwe ganzen in het voorjaar gedurende twee maanden. Dit is een grove schatting die mogelijk aanscherping behoeft.
Blad	Oppervlakte o.b.v. luchtfoto (schatting). Kengetallen: 150 gram/m ² per jaar, 0,08% P en 1%N in blad.
IJsselwater	Meestromen Koppenwaard ééns in de 6.4 jaar, gemiddelde nutriëntconcentraties 2012-2022 RWS: NO ₃ =2.34 mg/l NH ₄ =0.05mg/l PO ₄ =0.05 mg/l
Afspoeling mest	Meestromen Koppenwaard ééns in de 6.4 jaar, oppervlakte Koppenwaard circa 780.000 m ² , aanname 0.005 gN/m ² /dag NH ₄ per m ² (uit model OXY)
Uitstroom IJsselwater	Netto uitstroom bepaald aan de hand van waterpeil in de IJssel. Gemiddelde nutriëntconcentraties 2012-2022 RWS: NO ₃ =2.34 mg/l NH ₄ =0.05mg/l PO ₄ =0.05 mg/l
Instroom IJsselwater	Netto instroom bepaald aan de hand van waterpeil in de IJssel.. Gemiddelde nutriëntconcentraties 2012-2022 RWS: NO ₃ =2.34 mg/l NH ₄ =0.05mg/l PO ₄ =0.05 mg/l
Verdamping	O.b.v. Witteveen+Bos 2019, geen afname nutriënten

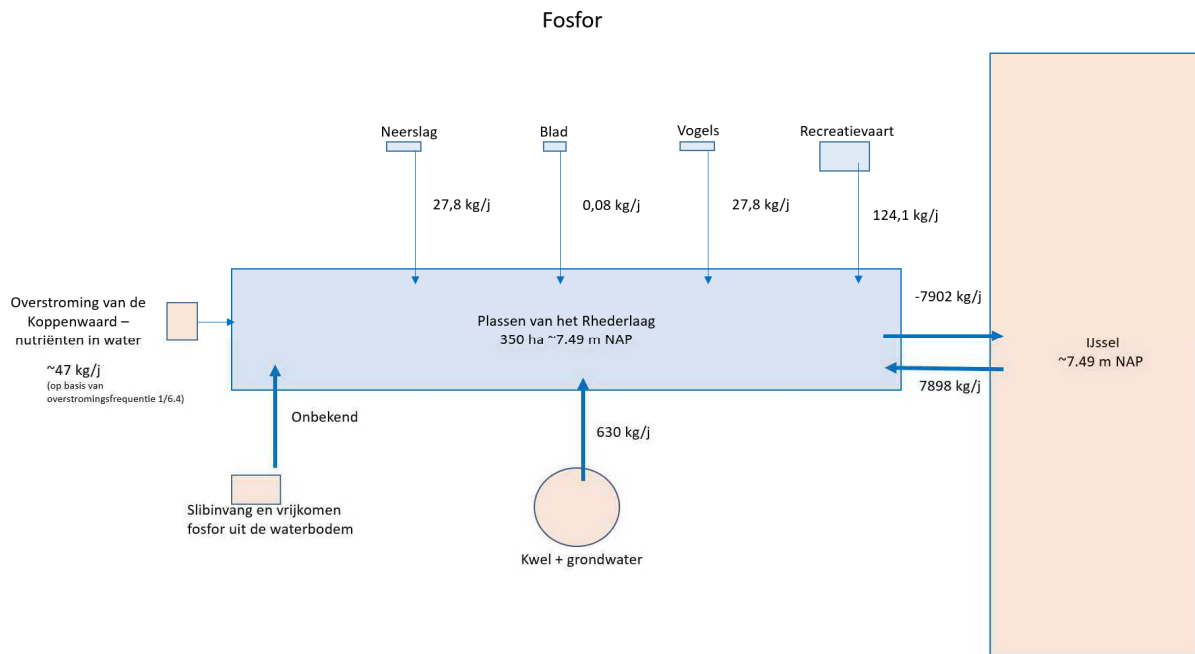
Bron	Toelichting
Recreatievaart	~124,1 kg P/jaar en N kan geschat worden op 170 kg N totaal per jaar (data Reeuwijkse plassen, vergelijkbare omvang) (bron: website Emissieregistratie).

De concentraties N en P in kwel zijn niet bekend en gebaseerd op meetgegevens van nutriënten in de IJssel, waarmee de concentraties mogelijk wat overschat worden. Het kan ook zijn dat het merendeel van de kwel uit de rivier afkomstig is en dan zouden de concentraties in grote lijnen wel kloppen. Voor de hoeveelheid nutriënten in neerslag is een constante waarde gebruikt van 0.01 mg/l P en 2 mg/l N-tot. Dat is voor 'puur' regenwater veel te hoog, maar omvat ook de oppervlakkige afstroming. Op basis van de in de zwemprofielen gerapporteerde aantallen ganzen zijn deze als bron opgenomen in de balans. Mogelijk wordt het aantal vogels iets onderschat, gezien uit de zwemprofielen blijkt dat ook eenden, meeuwen en meerkoeten voorkomen. Wanneer deze aantallen geïnventariseerd worden, kunnen deze als bron meegenomen worden.

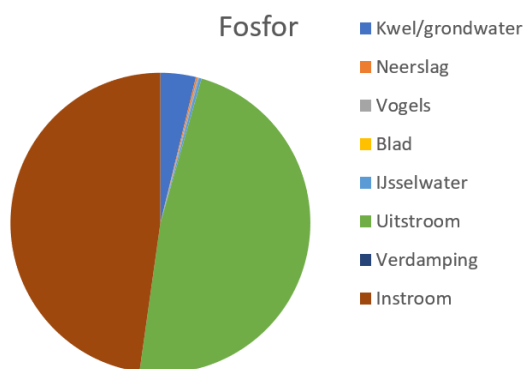
De fosfaatvruchten afkomstig van recreatievaart zijn niet in de stoffenbalans opgenomen, omdat de kentallen hiervoor later in het proces zijn ontvangen. Deze zijn wel in verhouding geplaatst tot de overige bronnen en bediscussieerd.

Nutriëntenbalans

Uit de globale fosforbalans blijkt dat de reguliere instroom van IJsselwater vergeleken met de overige bronnen verreweg de grootste nutriëntbronnen vormt. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat hierbij geen rekening gehouden is met het continue in- en uitstromen van de IJssel, waarbij anorganisch materiaal kan bezinken, maar slechts met netto in- en uitstroom op jaarbasis. Hierdoor kan de oplading van het systeem onderschat worden. Ook is onbekend hoeveel IJsselwater dat bij de open verbinding bij Giesbeek de Valeplas instroomt, doorgaans doorstroomt naar de overige plassen. Uit de IR/EGV-diagrammen blijkt dat het in- en uitstromende IJsselwater vanuit de open verbinding de grootste bron vormt. Wat niet bekend is, is in welke mate verversing van het water plaatsvindt, hoe de uitwisseling over de plassen onderling gebeurt en hoeveel anorganisch materiaal hierbij bezinkt. De input van recreatievaart is geschat op 124,1 kg/jaar (bron: website Emissieregistratie). Dit is wat betreft de fosforbronnen waar eventueel maatregelen tegen genomen kunnen worden (blad, vogels en recreatievaart) de grootste bron van fosfor. In verhouding tot de geschatte input van fosfor vanuit de open verbinding met de IJssel (7.898 kg/j), is de bron echter relatief klein. De instroom van fosfor-totaal vanuit de Koppenwaard vormt een relatief kleine bron (47 kg/j). Onbekend is hoeveel van deze instroom in het systeem aanwezig blijft, gezien tijdens zulke hoogwaters sprake is van een meestromend systeem.

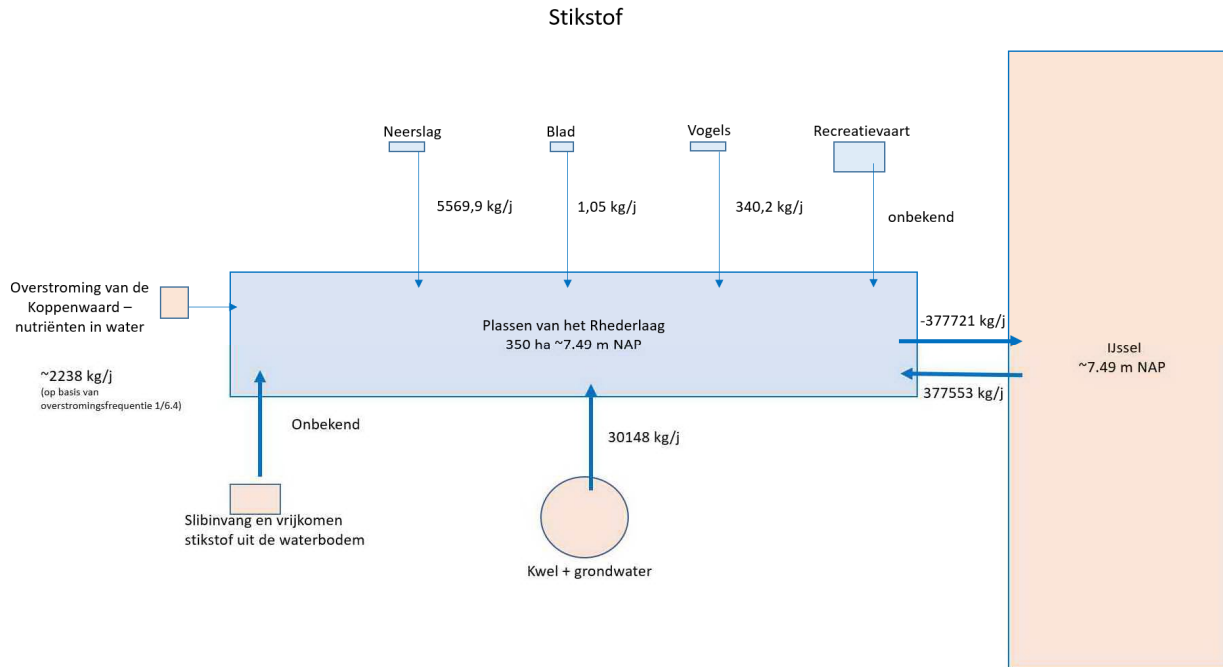


Figuur 5.6 Fosforvrachten Rhederlaag. De blokken aangegeven in oranje kunnen niet nauwkeurig gekwantificeerd worden op basis van de huidige gegevens.



Figuur 5.7 Fosforbalans Rhederlaag

Ook uit de stikstofbalans lijken kwel/grondwater en de reguliere instroom van IJsselwater de grootste bronnen te zijn. Hierbij is geen rekening gehouden met het bezinken van (an)organisch materiaal. Hierdoor kan de oplading van het systeem onderschat worden. De hoeveelheid stikstof in kwel/grondwater wordt naar verwachting overschat, gezien de gebruikte concentraties niet ter plaatse van het grondwater van het Rhederlaag gemeten zijn. Ook kan nauwkeuriger inzicht in de gemiddelde overstromingsduur van de Koppenwaard de stoffenbalansen nauwkeuriger maken.



Figuur 5.8 Stikstofvrachten Rhederlaag. De blokken aangegeven in rood kunnen niet nauwkeurig gekwantificeerd worden op basis van de huidige gegevens.

Bacterieconcentraties

In de plassen van het Rhederlaag zijn diverse bronnen van *E.coli* en intestinale enterococci aanwezig, namelijk:

- **Zwemmers.** Uit de informatie uit de zwemwaterprofielen blijkt dat op het Bahrse strand en Rhederlaag Noordoever elk jaarlijks circa 130.000 bezoekers komen. Bij de zwemwaterlocatie Giese Kop komen 1.000-2.000 bezoekers op zonnige dagen. Uitgaande van 30 zonnige dagen per jaar met temperatuur >25°C is het aantal bezoekers circa 45.000 op jaarbasis. Gesommeerd voor de 3 locaties komt dit op een totaal van 305.000 per jaar. Bezoekers van de andere strandjes (niet officiële zwemlocaties zijn hierbij niet meegeteld). Dit is dus een onderschatting van het werkelijke aantal bezoekers, temeer omdat het aantal zonnige dagen per jaar de laatste vijf jaar veel hoger is dan aangenomen.
- **Recreatievaart.** Uit de zwemwaterprofielen blijkt dat er circa 1.000 recreatieboten op de plassen van het Rhederlaag zijn op zonnige dagen. Uitgaande van 30 zonnige dagen per jaar met temperatuur >25°C, zijn er op jaarbasis circa 30.000 recreatieboten een dag aanwezig op de plassen van het Rhederlaag. Watersport kent echter een langer seizoen dan zwemmen, en ook buiten die zonnige dagen wordt gevaren. Het genoemde aantal boten per seizoen zal dus hoger zijn.
- **Watervogels.** De zwemwaterprofielen laten zien dat er duizenden ganzen met name in het voorjaar aanwezig zijn. Op basis hiervan is ingeschat dat er circa 2000 ganzen in het voorjaar aanwezig zijn.
- **Jachthaven.** Bij de plassen van het Rhederlaag zijn vijf jachthavens aanwezig.

Tabel 5.2 Bacteriebronnen uitgedrukt in kve per dag, jaar en/of per liter (jachthaven). Het kiemgetal of kolonievormende eenheden (kve) is het aantal bacteriekiemen dat zich in of op een product bevindt

Bron	Aantal per jaar	Kental <i>E. coli</i> (zwemprof)	Kental intestinale enterococcen (zwemprof)	Totaal <i>E. coli</i>	Totaal intestinale enterococcen
Zwemmers	305.000	$2 \cdot 10^7$ kve/dag/bezoeker	$1 \cdot 10^7$ kve/dag/bezoeker	$2.03 \cdot 10^{11}$ kve/dag $6.1 \cdot 10^{12}$ kve/jaar	$9.9 \cdot 10^8$ kve/dag $2.97 \cdot 10^{10}$ kve/jaar
Recreatievaart (ongezuiverde lozingen)	30.000	$1 \cdot 10^9$ kve/dag/boot *)	$5 \cdot 10^8$ kve/dag/boot	$3.0 \cdot 10^{13}$ kve/dag $9.0 \cdot 10^{14}$ kve/jaar	$1.5 \cdot 10^{13}$ kve/dag $4.5 \cdot 10^{14}$ kve/jaar
Watervogels	20000	$1 \cdot 10^7$ kve/vogel	$1 \cdot 10^7$ kve/vogel	$4 \cdot 10^{11}$ kve/jaar	$4 \cdot 10^{11}$ kve/jaar
Jachthaven	5 (belasting 0,1 m ³ /s per jachthaven **)	$1.4 \cdot 10^3$ kve/l	$2.0 \cdot 10^2$ kve/l	$2.2 \cdot 10^{13}$ kve/jaar	$3.2 \cdot 10^{12}$ kve/jaar

*) Het kental voor recreatievaart is als gevolg van de instelling van het lozingsverbod in 2009 niet gewijzigd in Zwemprof. Er wordt uitgegaan van ongezuiverde lozingen.

**) In het zwemwaterprofiel Rhederlaag Lathumse Hoek is uitgegaan van 0,1 m³/s per jachthaven qua belasting. Dit is gekoppeld aan de kentallen om het totaal per jaar te berekenen.

De instroom van bacteriën vanuit de open verbinding met de IJssel bij Giesbeek is naar verwachting zeer beperkt, gezien de waarden op andere recreatiestranden langs de rivieren waar bacterieconcentraties doorgaans beneden de norm blijven (zie paragraaf 4.3). Hoogwaters nemen weliswaar meer vuil en uitwerpselen mee van plekken waar het water anders niet komt, maar het verdunningseffect zorgt ervoor dat dit doorgaans niet merkbaar is. Vanuit de Koppenwaard bij hoogwater zou dat een ander verhaal kunnen zijn, maar er is aangegeven dat daar nauwelijks beweiding met groot vee plaatsvindt. Dit kan met het huidige meetplan worden achterhaald.

In hoeverre de bacteriebronnen daadwerkelijk bijdragen aan de aanwezige bacterieconcentraties in de zomer is niet bekend.

5.3 Zwemwaterkwaliteit

Met betrekking op de bacteriologie zijn de huidige kwaliteitsklassen van de plassen Goed. Dit betekent dat de normen soms voor korte perioden overschreden worden.

Er worden in de zomer regelmatig piekconcentraties gemeten van *E. coli* of intestinale enterococcen (op basis van monitoringsgegevens RWS 2019-2021).

Ter plaatse van de zwemwaterlocatie Giese kop is in augustus 2019 en juni 2020 en 2021 een normoverschrijding (400 kve/100ml) voor intestinale enterococcen gemeten (670, 1600 en 810 kve/100ml). De norm voor *E. coli* (1800 kve/100ml) is in juni 2020 overschreden (2200 kve/100ml)

en bleef in 2019 en 2021 beneden de norm.

Ter plaatse van de zwemwaterlocatie Rhederlaag Noordoever is de norm voor intestinale enterococcon overschreden in augustus 2020 (1300 kve/100ml), maar niet in 2019 of 2021. De norm voor *E. coli* werd enkel in juli-augustus 2021 overschreden (740-2400 kve/100ml). Ter plaatse van het Bahrse strand bleven de concentraties intestinale enterococcon beneden de norm in 2019-2021. De concentraties *E. coli* zijn overschreden in augustus 2019 (2200 kve/100ml).

Er zijn bijna geen indicaties van blauwalgengroei aangetroffen. Alleen in 2016 zijn drijfslagen van categorie I waargenomen ter plaatse van het strand Giese Kop.

Inschatting instroom bacteriën en blauwalgen in huidige situatie

Om een inschatting te kunnen maken van de hoeveelheden blauwalgen en bacteriën die met de IJssel het Rhederlaag in zouden kunnen stromen tijdens hoogwater, is gekeken naar gerapporteerde blauwalgconcentraties in zwemwaterprofielen van zwemlocaties aan de IJssel (Dorado Beach en IJsselstrand, beide circa 5 km stroomafwaarts).

Blauwalgen

De kans op blauwalgen is beoordeeld in de rapportage Blauwalgenrapportage voor zwemlocaties in rijkswateren (DHV/Grontmij, 2008). Ter plaatse van beide stranden bestaat een gering risico op bloei van toxische algen. In 2009 zijn op de locaties tellingen van toxische blauwalgen uitgevoerd. Aan het IJsselstrand zijn maximale concentraties van 650 cellen/ml gemeten in juni, wat ruim beneden de kritische grens van 100.000 cellen/ml is. In 2007 is een zwemverbod afgegeven vanwege de aanwezigheid van een drijfslag. Aan Dorado Beach zijn in 2009 maximaal 1.000 cellen/ml gemeten, wat ook ruim beneden de kritische grens is. De hoogste concentraties blauwalgen worden over het algemeen gemeten in de zomermaanden.

Bacteriën

Ook de hoeveelheden *E.coli* en intestinale enterococcon die de IJssel in zouden kunnen stromen zijn afgeleid van gegevens van zwemwaterlocaties aan de IJssel (Dorado Beach en IJsselstrand). Vanuit het zwemwaterprofiel van de locatie IJsselstrand zijn bacterieconcentraties bekend van de periode 2003-2007. In de meeste jaren zijn de normen voor *E.coli* en i. enterococcon niet overschreden, behalve in 2003 (juni, 700 kve/100 ml) en 2006 (juli, 6.600 kve/100 ml). Ter plaatse van Dorado beach zijn gegevens bekend van 2006-2007. Er zijn geen overschrijdingen van de normen voor *E.coli* en intestinale enterococcon gemeten. In augustus 2007 is een piekconcentratie van circa 950 kve/100 ml *E.coli* gemeten (beneden de norm van 1.800 kve/100 ml).

Uit de gegevens kan geconcludeerd worden dat de kans op blauwalgvorming in de IJssel klein is. Bacterieconcentraties zijn doorgaans beneden de normen en lijken gemiddeld ééns in de tien jaar de normen te overschrijden in de zomer. In de winter, wanneer hoogwater het meest frequent plaatsvindt, zijn de bacterie- en blauwalgconcentraties voor zover bekend vrijwel altijd beneden de

norm. Het optreden van een zomerhoogwater kan echter niet worden uitgesloten, in 2021 was dat bijvoorbeeld het geval maar de vraag blijft of de Koppenwaard in dat geval ook meestroomt.

6 Inschatting effecten

Aan de hand van de geplande kadeverlaging is een toekomstige (globale) water- en nutriëntenbalans opgesteld. Hierbij is uitgegaan van de volgende uitgangspunten.

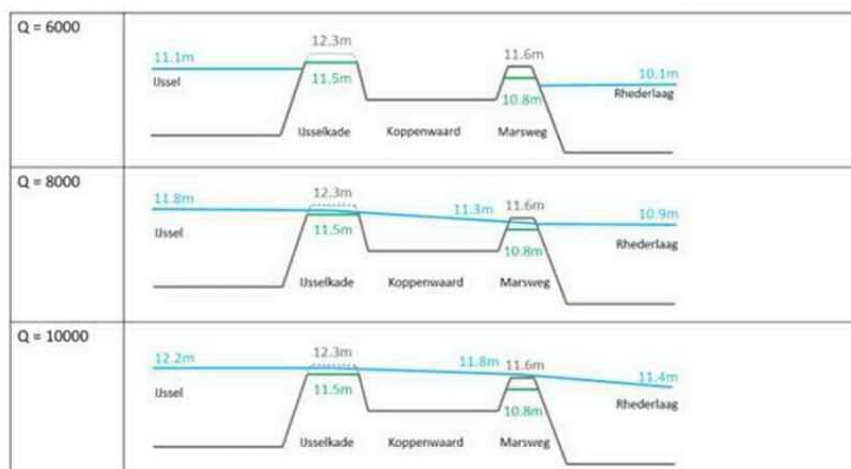
De IJssel heeft een gemiddeld debiet van 307.6 m³/s (2016-heden). De gemiddelde overstromingsduur per hoogwater-event is ingeschat op 3 dagen. De aangenomen inundatie-frequentie is ééns in de twee jaar (zie Tabel 6.1). Aangenomen wordt dat tijdens inundatie het water circa 1m hoger staat dan de hoogte van de kade (11.5 m t.o.v. NAP in de toekomstige situatie). In de waterverdeling tussen IJssel en de Koppenwaard is aangenomen dat een derde deel van het water door de Koppenwaard stroomt. De totale hoeveelheid water die het Rhederlaaggebied instroomt tijdens een hoogwater-event is hiermee geschat op circa 1 miljoen m³ per jaar. De gemiddelde verblijftijd van het instromende water is onbekend en zou ingeschat kunnen worden door middel van een rivierkundige berekening.

Tabel 6.1 Effect kadeverlaging IJsselkade en Marsweg Koppenwaard (2035) (bron: Witteveen+Bos, 2020)

Tabel 5.3 Effect kadeverlaging IJsselkade en Marsweg Koppenwaard (2035)

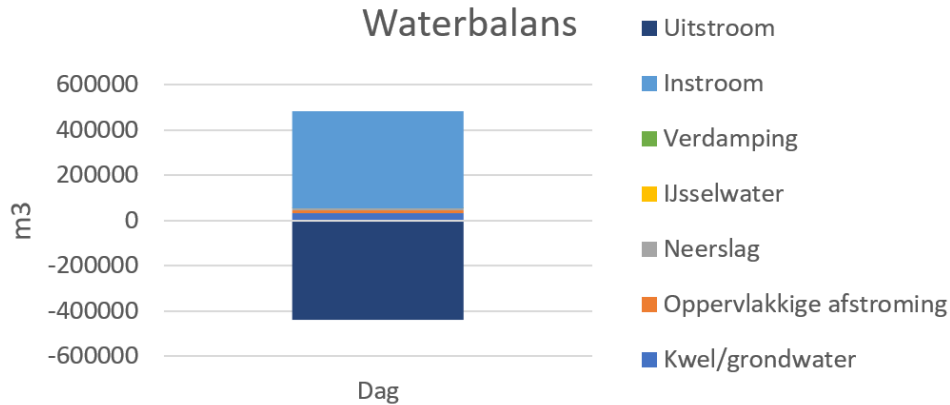
Alternatief	Kadeverlaging IJsselkade Koppenwaard	Kadeverlaging Marsweg	Inundatie-frequentie Koppenwaard
huidig			1/6,4 jaar
VKA	-0,6 - 0,8 m	-0,6 - 0,8 m	circa 1/2 jaar

Afbeelding 5.3 Werking kadeverlaging Koppenwaard (IJsselkade en Marsweg) bij diverse afvoeren

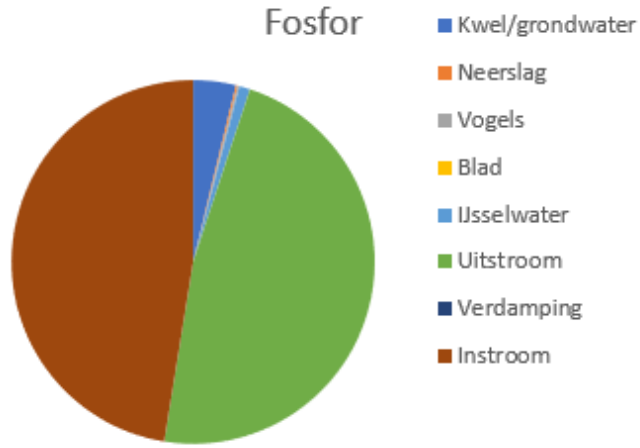


Figuur 6.1 Werking kadeverlaging Koppenwaard (Ijsselkade en Marsweg) bij diverse afvoeren (bron: Witteveen+Bos, 2020)

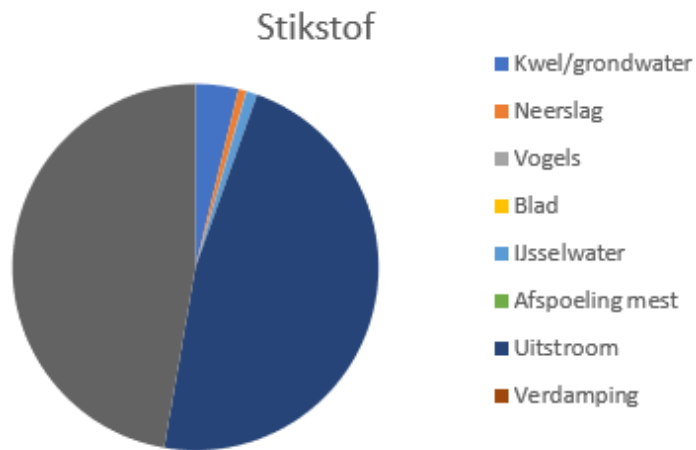
Uit de opgestelde waterbalans blijkt dat op jaarbasis de hoeveelheid instromend IJsselwater vanuit de Koppenwaard bij een hoogwater laag is in verhouding tot de hoeveelheid IJsselwater die dagelijks bij Giesbeek uitwisselt. Bij hoogwater stroomt het water in west-oost richting (Lathum richting Giesbeek). Bij laag en normaal water stroomt het water in vanuit Giesbeek (oost naar west) maar is er mogelijk door rivierkwel en Veluwekwel een netto flux van west naar oost. De grootte van de hoeveelheid kwel is een belangrijke onbekende welke bepalend is voor hoe met name bij reguliere waterstijging in de IJssel het water zich over de plassen verspreidt. Uit de stoffenbalans blijkt dat netto meer input van fosfor totaal is dan output, wat zou kunnen leiden tot oplading van het systeem. De belangrijkste bron van fosfor lijkt de instroom van IJsselwater via de huidige open verbinding. Omdat er geen informatie bekend is over de mate van bezinking van materiaal in zowel de huidige als de toekomstige situatie, kan op basis van de huidige analyse niet bepaald worden hoeveel oplading daadwerkelijk plaatsvindt. Het gaat hierbij om bezinking van met name anorganisch materiaal. Een belangrijke bron van anorganisch materiaal vormt hierbij het slib dat meegevoerd wordt met de IJssel tijdens hoogwater, wat afgezet wordt in de uiterwaarden en de plassen van het Rhederlaag.



Figuur 6.2 Globale waterbalans in de situatie dat het Rhederlaag ééns in de twee jaar meestroomt met de IJssel.



Figuur 6.3 Globale fosforbalans.



Figuur 6.4 Globale stikstofbalans.

7 Conclusies

7.1 Onzekerheden in de systeemanalyse

Om een goede effectinschatting van de kadeverlaging te kunnen maken moeten de water- en stofstromen in het systeem nauwkeuriger in beeld gebracht worden. Op deze manier kan de water- en stofinstroom tijdens een overstroming van de kade in verhouding geplaatst worden tot de reguliere water- en stofstromen:

- **Kwel/grondwater.** Uit de voorlopige waterbalans blijkt dat kwel/grondwater circa 5-10% van de instroom van water in de plassen vormt. Uit het overleg met het IGOR kwamen indicaties van sterkere kwel (opwellend water in aanpalend agrarisch gebied, koudestromen in ondiepere zwemzones). Bij stijgende IJsselstanden zou bovendien de kwel sterk toenemen door de aanwezige grindlagen. Ook is er altijd een potentiaalverschil tussen de IJssel en de meest stroomopwaarts gelegen plassen. Dat kan wel om 0,5 meter gaan dus een continue kwelstroom die het hele jaar doorgaat.
Hierbij wordt verschil verwacht in het relatieve aandeel van kwel op de totale instroom van water, gezien vrije doorstroom van IJsselwater naar verwachting verhinderd wordt door vernauwingen die tussen de plassen aanwezig zijn en mogelijk ook door opstuwning. De IR/EGV ratio laat zien dat het aandeel kwel in de Gieseplas, Lathumse plas en Westerplas iets hoger is dan in de Valeplas. De exacte hoeveelheid, de herkomst van de kwel (rivierkwel of kwel vanaf de Veluwe) en de nutriëntconcentraties in het kwelwater zijn onbekend.
- **Nutriëntconcentraties.** Nutriënten worden niet regulier gemonitord in de plassen van het Rhederlaag. De uitgevoerde metingen door TAUW geven een eerste indruk van nutriëntconcentraties in de plassen en de aanwezige ruimtelijke variatie in nutriëntconcentraties in de waterbodem, maar variatie in de tijd is hiermee nog niet bekend. Ook is er geen monitoringslocatie van nutriënten in de IJssel nabij de plassen van het Rhederlaag aanwezig, waardoor de instroom van nutriënten naar de plassen niet nauwkeurig bepaald kan worden.
- **Instroom IJsselwater bij Giesbeek.** De uitwisseling van IJsselwater bij Giesbeek bij wisselend rivierpeil vormt naar verwachting de grootste water- en nutriëntbron in de plassen van het Rhederlaag. Onbekend is hoeveel anorganisch materiaal bezinkt tijdens het in- en uitstromen van waardoor nog geen nauwkeurig beeld verkregen is van de oplading van het systeem. Ook is niet bekend hoeveel IJsselwater doorgaans doorstroomt vanuit de Valeplas naar de overige plassen, gezien enkele vernauwingen tussen de plassen aanwezig zijn.
- **Slibinvang en vrijkomen nutriënten uit de waterbodem.** De opgestelde water- en stoffenbalans geeft inzicht in de invoer- en uitvoer van stoffen uit het systeem. Waar beperkt inzicht in is verkregen is de eventuele ruimtelijke variatie in deze stromen en de bezinking van materiaal. De mate van bezinking van slib bepaalt mede de oplading van het systeem. Ook is op dit moment nog beperkt inzicht in het potentieel vrijkomen van fosfaat uit de waterbodem aanwezig, gezien slechts één serie metingen is uitgevoerd.
- **Overstroming Koppenwaard.** De inschatting van de kwantiteit van het IJsselwater dat tijdens hoogwater via de Koppenwaard zal gaan stromen is gebaseerd op een grove schatting. Er is een inschatting gemaakt van de waterverdeling tussen IJssel en de Koppenwaard: aangenomen wordt dat een derde van het water door de Koppenwaard

stroomt. Ook is de waterhoogte en duur van de overstroming slechts een schatting. Een rivierkundige berekening zou nauwkeuriger inzicht kunnen geven in deze parameters.

In paragraaf 7.2 is beschreven in hoeverre relevante water- en stromen gekwantificeerd kunnen worden op basis van bestaande gegevens, of dat deze door middel van een meetcampagne in beeld gebracht moeten worden. In paragraaf 8. wordt een overzicht gegeven van te meten parameters, de frequentie en locatie van meten.

7.2 Overzicht relevante water- en stromen

7.2.1 Waterstromen

Kwel/grondwater.

De instroom van kwel en grondwater is gebaseerd op een aanname die gedaan is in een WAQUA-modellering die in 2019 is uitgevoerd (0.4 m³/s, 10.5 mm/dag; Witteveen+Bos, 2019). Dit betreft een inschatting die gebaseerd is op de gemeten stijghoogte van het grondwater (WVP1 NAP +7,75 m) en een inschatting van de weerstand van de plasbodem (100 dagen) in combinatie met een gemeten waterstand in de IJssel. Deze berekening is gecontroleerd aan de hand van een kwelkaart van het Hydrologisch Instrumentarium (NHI). Op basis hiervan is de hoeveelheid kwel geschat op circa 3 mm/dag. De exacte hoeveelheid en herkomst van het kwel (rivierkwel of kwel vanaf de Veluwe) en de nutriëntconcentraties in het kwel zijn onbekend.

Verdamping.

De hoeveelheid verdamping is in de huidige globale systeemanalyse overgenomen uit Witteveen+Bos (2019). In een gedetailleerde systeemanalyse kan de verdamping berekend worden aan de hand van gegevens van een relevant KNMI-station en kan onderscheid gemaakt worden in verdamping per type oppervlak (land of water) (STOWA, 2018). De factor verdamping zal niet veranderen door een eventuele kaderverlaging. Er zijn in ieder geval geen aanvullende metingen nodig.

Neerslag.

In een gedetailleerde watersysteemanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen neerslag die op het wateroppervlak valt en neerslag die op het omliggende landoppervlak valt. De neerslag die op de omliggende percelen valt, komt via de uitspoeling met wat vertraging in het oppervlaktewater terecht. Wanneer het landoppervlak verhard is kan het ook direct naar het oppervlaktewater afstromen (STOWA, 2018). Dit kan berekend worden aan de hand van neerslaggegevens van een relevant KNMI-station en informatie over het landgebruik op de omliggende percelen (topografische kaart). De regenwater-database van STOWA (<https://www.stowa.nl/publicaties/database-regenwater>) kan hier bij van nut zijn. De factor neerslag zal niet veranderen door een eventuele kaderverlaging. Er zijn dus geen aanvullende metingen nodig.

Oppervlakkige afstroming.

De hoeveelheid oppervlakkige afstroming is in de huidige globale systeemanalyse overgenomen uit Witteveen+Bos (2019). Deze is berekend aan de hand van een eenvoudige neerslag-afvoermodellering op basis van KNMI-gegevens. Er zijn geen aanvullende metingen nodig.

In- en uitstroom IJsselwater vanuit de open verbinding.

De in- en uitstroom van IJsselwater vanuit de open verbinding is in de huidige globale systeemanalyse in beeld gebracht aan de hand van veranderingen in het waterpeil in de IJssel. Dit geeft een goede globale schatting van de in- en uitstroom, maar geeft geen inzicht in hoe ver de invloed daarvan is in het systeem en bijbehorende bezinking van (an)organisch materiaal. De vernauwingen (flessenhalzen) in het gebied, de opstuwing en tegendruk van kwel zouden ervoor kunnen zorgen dat de doorstroom van IJsselwater richting het westen (i.e. de Lathumse plas) beperkt is. Het is belangrijk om dit inzichtelijk te maken, omdat op deze manier een goede schatting gemaakt kan worden van de oplading van het systeem. Daarom wordt geadviseerd om debietmetingen uit te voeren tijdens hoogwater op relevante punten en deze door te voeren in een rivierkundige berekening.

Overstroming van de Koppenwaard.

Het werkelijk inkomend volume tijdens een overstroming van de Koppenwaard moet berekend worden aan de hand van de bekende gegevens zoals beschreven in hoofdstuk 5. De berekening van het debiet kan gedetailleerder uitgevoerd worden aan de hand van een rivierkundige berekening. Hiermee kan gemodelleerd worden welk deel van het debiet van de IJssel de Koppenwaard in stroomt.

Om de effecten van de geplande kadeverlaging op de waterkwaliteit in beeld te brengen, komt uit het voorgaande overzicht de noodzaak tot een aantal metingen naar voren.

7.2.2 Stofstromen

Nutriënten in de plassen van het Rhederlaag.

Omdat alleen de metingen van nutriëntconcentraties in het water en in de waterbodem vanuit het huidige onderzoek beschikbaar zijn, wordt geadviseerd seizoensvariaties in nutriëntconcentraties in water en waterbodem nader in beeld te brengen.

Nutriënten in kwel/grondwater.

De concentraties nutriënten (inclusief ijzer) in kwel en grondwater zijn vanuit Dinoloket niet in de nabije omgeving beschikbaar. Uit de huidige analyse volgt dat kwel bijdraagt aan de input van nutriënten, alleen niet hoeveel. Dit aandeel neemt mogelijk relatief toe met de afstand tot de open verbinding met de IJssel bij Giesbeek. Daarom wordt geadviseerd om nutriëntconcentraties (inclusief ijzer) in het kwel bij de Lathumse plas en Gieseplas te monitoren.

Nutriënten in neerslag.

Neerslag vormt een zeer klein aandeel op de totale water- en stoffenbalans. Het is daarom niet noodzakelijk om deze bron nauwkeuriger in beeld te brengen.

Vogels.

Vogels vormen tevens een zeer klein aandeel op de totale water- en stoffenbalans. Het is daarom niet noodzakelijk om deze bron nauwkeuriger in beeld te brengen.

Blad.

Organisch materiaal afkomstig van invallend blad vormt een zeer klein aandeel van het totaal aan fosfor en stikstof wat het Rhederlaag in komt. De bron is op basis van de huidige gegevens voldoende in beeld gebracht.

Afspoeling mest.

De afspoeling van mest vormt een klein onderdeel op het totaal aan stikstof input. Om de mate van oplading van het systeem te bepalen is en de verandering hierin ten gevolge van de kadeverlaging, is dit mogelijk een relevante parameter. De weidegang in de Koppenwaard is daarin een bepalende factor maar deze wordt op basis van het onderzoek als minimaal ingeschat. Uit een rivierkundige berekening volgt wat via deze route in het Rhederlaag komt.

IJsselwater vanuit de open verbinding.

Het IJsselwater dat het Rhederlaag in stroomt vanuit de open verbinding is globaal ingeschat op basis van het historische waterpeil van de IJssel. Door de toe- of afname in hoogte te vermenigvuldigen met de oppervlakte van de plassen van het Rhederlaag, kan ingeschat worden welk maximaal volume aan water de plassen in- of uitstroomt. Op deze manier wordt geen rekening gehouden met de aanwezigheid van andere waterbronnen in de plassen van het Rhederlaag. Evenmin kan hiermee de mate van menging van IJsselwater en het al aanwezige water in het Rhederlaag bepaald worden. Geadviseerd wordt om een rivierkundige berekening uit te voeren om inzicht te krijgen in de doorstroom van IJsselwater door het systeem en de bezinking van anorganisch materiaal. Ook wordt geadviseerd om nutriëntconcentraties (inclusief ijzer) jaarrond te monitoren bij Westervoort (of Giesbeek), gezien de concentraties bij Lobith en/of Kampen beperkt representatief zijn voor nutriënten in de IJssel bij Rhederlaag.

IJsselwater vanuit de Koppenwaard.

De hoeveelheid nutriënten dat het Rhederlaag instroomt is globaal ingeschat op basis van het gemiddelde debiet van de IJssel. In werkelijkheid is het debiet gedurende hoogwater hoger en stroomt een deel daarvan het Rhederlaag in. Wat vervolgens de verblijftijd van het water is, is zeer relevant voor het bepalen van de mate van oplading van het systeem, omdat hiermee ook de bezinking van deeltjes samenhangt. Dit kan in beeld gebracht worden door middel van een rivierkundige berekening.

Recreatievaart

De fosfaat-input van recreatievaart is grofweg 37.6 kg/jaar (Bloemerts et al, 2012). De input is geschat op basis van de fosfaatvrachten die berekend zijn voor het Slotermeer (Friesland) op basis van kentallen uit de Emissieregistratie, waarbij is gecorrigeerd voor de oppervlakte van

de plas. Het betreft een globale schatting. In verhouding tot de geschatte input van fosfor vanuit de open verbinding met de IJssel is de bron relatief klein. De bron is voldoende in beeld gebracht.

Slibvangst en vrijkomen nutriënten.

Er is beperkt inzicht verkregen in de eventuele ruimtelijke variatie in de bezinking van materiaal. De mate van bezinking van slib bepaalt mede de oplading van het systeem. De mate van bezinking wordt in de huidige situatie grotendeels bepaald door de stroomsnelheid en de mate van menging tussen instromend IJsselwater en het al aanwezige water. Geadviseerd wordt om de slibvangst gedurende een periode met een stabiel rivierpeil, een hoogwater en een laagwater te meten.

Oplading wateren Rhederlaag.

De verhouding tussen fosfaatconcentraties en ijzer, wat het fosfaat kan binden, in combinatie met aanwezige zuurstofconcentraties geeft inzicht in de nalevering van fosfaat uit de waterbodem naar het oppervlaktewater. Geadviseerd wordt om deze parameters jaarrond te monitoren en daarnaast ook de aanwezigheid van stratificatie te bepalen. Deze parameters kunnen in combinatie met een PCLake modellering inzicht geven in de oplading van het systeem in de huidige en toekomstige situatie.

7.3 Voorgestelde metingen

Om de effecten van de geplande kadeverlaging op de waterkwaliteit in beeld te brengen, komt uit het voorgaande overzicht de noodzaak tot een aantal metingen naar voren.

De hoofdvraag waar het meetplan antwoord op moet geven is deze: Wat is de mogelijke invloed van een kadeverlaging van 60 – 80 cm op de oplading van het Rhederlaag met nutriënten en de daarmee verhoogde kans op blauwalgenbloei, E. coli en intestinale enterococcen?

Hierboven is geschetst welke leemtes in data het antwoord op die vraag nu schuldig blijft. Los van de effecten die een kadeverlaging heeft, zou ook de autonome ontwikkeling in het Rhederlaag voor negatieve effecten kunnen zorgen.

Er wordt hierna onderscheid gemaakt tussen parameters die inzicht moeten geven in de effecten van een kadeverlaging en effecten die meer inzicht moeten geven in het autonome functioneren van het watersysteem van het Rhederlaag. Op dit moment komen blauwalgenbloei, E. coli en intestinale enterococcen nauwelijks voor, maar de vraag is of dat over bijvoorbeeld vijf jaar ook zo is, los van waterinstroom via de Lathumse plas.

Hieronder volgen de onbekenden die zijn afgeleid uit deze studie.

- Kwantiteit en kwaliteit van de grootste bron (IJsselwater) via reguliere instroom en overstroming Koppenwaard
- Onvoldoende inzicht in menging van instromend IJsselwater met het al aanwezige water
- Locatie en kwantiteit van bezinking en fosforgehalten van anorganisch materiaal (na hoog water)
- Afstand tot kantelpunt Rhederlaag

- Locaties, kwantiteit en kwaliteit kwel

7.3.1 In- en uitstroom IJsselwater

Om de daadwerkelijke in- en uitstroom van IJsselwater in het Rhederlaag te bepalen wordt geadviseerd om gedurende een periode van wisselende waterstranden op de IJssel ook de waterstanden te meten op relevante locaties, zoals de vernauwing bij de Rhedense veerweg (overgang Valeplas – Gieseplas) en de vernauwing bij de Westerplas (westzijde Riverparc).

7.3.2 Nutriënten en (an)organisch materiaal IJssel

Nutriëntconcentraties en zwevend stof in de IJssel worden regulier gemonitord bij Kampen en Lobith. Beide monitoringslocaties zijn echter beperkt representatief voor het IJsselwater bij het Rhederlaag. Lobith bevindt zich bovenstrooms op circa 40km afstand van het Rhederlaag, waarbij in het tussengelegen deel twee riviervertakkingen aanwezig zijn. Kampen bevindt zich benedenstrooms op circa 70km afstand van het Rhederlaag. Geadviseerd wordt om deze waterkwaliteitsparameters (inclusief ijzer) gedurende een jaar maandelijks te monitoren dicht bij de aantakking van het Rhederlaag aan de IJssel.

7.3.3 Bepaling slibophoping in de plassen

Geadviseerd om tevens te bepalen wat de snelheid van slibaanwas is in de Valeplas, Gieseplas en Lathumse plas. Door de open verbinding met de IJssel is de verwachting dat de slibaanwas niet overal gelijk is maar ook dat deze een piek kent na een hoog water.

7.3.4 Rivierkundige berekening

Geadviseerd wordt om de waterbalans te modelleren met een rivierkundige berekening. Op deze manier kan inzicht verkregen worden in de verblijftijd van (an)organisch materiaal in de plassen van het Rhederlaag. Onder 'normale' omstandigheden zorgen de verschillende waterbronnen (neerslag, kwel, in- en uitstroom van IJsselwater etcetera) voor een bepaalde evenwichtssituatie. Door de hydrodynamica in het gebied te modelleren kan inzicht verkregen worden in hoe snel het gebied terugkeert naar een evenwichtssituatie na een verstoring, i.e. de tijdelijke overstroming van de Koppenwaard waarbij extra slib en (on)opgelost organisch en anorganisch materiaal wordt aangevoerd naar de plassen. Daarnaast geeft de rivierkundige berekening inzicht in de mate van de verstoring: hoeveel water stroomt er over de Koppenwaard, met welke stroomsnelheid en hoeveel sediment afkomstig van de Koppenwaard wordt hierbij naar de plassen getransporteerd. Voor het uitvoeren van een rivierkundige berekening is het volgende nodig:

- Een werkend d-HYDRO-model of vergelijkbaar vormt een goede basis
- Waterstanden, debieten en gemeten concentraties nutriënten en organisch materiaal in de IJssel ten tijde van een hoogwatergolf
- Informatie over de Koppenwaard: de gesteldheid van het gras en het type ondergrond in het gebied dat overstroomt, wat de weerstand en mate van erosie bepaalt. Daarnaast vormt de ondergrond een mogelijke bron van overige stoffen die in de plassen terecht komen.

Door middel van de rivierkundige berekening kan de situatie in beeld gebracht worden door een periode van 6 jaar te modelleren, inclusief verstoring (overstroming Koppenwaard) aan de start.

Hiermee kan in beeld gebracht worden hoe snel het gebied terugkeert naar een evenwichts-situatie in termen van nutriëntconcentraties en zwevend (an)organisch materiaal in de waterkolom en oplading van de waterbodem. Daarnaast kan de toekomstige situatie gemodelleerd worden door een periode van 6 jaar te modelleren waarin ééns in de twee jaar een overstroming van de Koppenwaard plaatsvindt.

Bovenstaande metingen zijn nodig om de effecten van de kadeverlaging te kunnen modelleren. Om te bepalen wat de afstand is van het systeem tot het omslagpunt zijn nog een aantal extra metingen nodig.

7.3.5 Nutriënten en anorganisch materiaal Rhederlaag

Er zijn behalve de pilotmeting van voorjaar 2022 geen metingen van nutriëntconcentraties en zwevend stof in het Rhederlaag zelf. Door de variatie van nutriënten en zwevend stof over het jaar maandelijks te meten kan een PC lake model worden gevoed, waarmee de afstand tot een eventueel kantelpunt in beeld kan worden gebracht. De monsternamen vinden idealiter plaats in zowel de Vale, Giese als de Lathumse plas en liefst midden op het water. In diepe plassen wordt meestal niet gesproken van een kritische belasting, maar van een toelaatbare belasting. In de internationale literatuur wordt als vuistregel een fosfaatgehalte van 0,01 mg P/l in het epilimnion als grens aangehouden [Sawyer, 1947].

7.3.6 Stratificatie

Het vaststellen van het tijdstip en de mate van stratificatie in de waterkolom geeft inzicht in de mate van menging van het water in verschillende seizoenen en is daarbij bijdragend aan de betrouwbaarheid van het model.

7.3.7 Hoeveelheid en samenstelling kwel

Geadviseerd wordt om de instroom van kwel in de plassen bij diverse omstandigheden en in verschillende seizoenen in beeld te brengen met stijgbuizen. Ook wordt geadviseerd om nutriëntconcentraties van het kwel op een aantal plaatsen te monitoren.

8 Meetplan

In onderstaande paragrafen zijn de afzonderlijke metingen beschreven, de meetlocaties en de meetfrequentie. Eventuele voordelen door metingen te combineren zijn, behalve waar aangegeven, niet meegenomen. In Tabel 8.1 is een overzicht opgenomen van alle voorgestelde metingen per onderdeel en in Figuur 8.4 zijn de voorgestelde meetpunten weergegeven op kaart.

8.1 Gedifferentieerde waterstandsmetingen

Op basis van de oppervlaktewatermetingen waterstand in de plassen verkrijgen we inzicht op de responsnelheid van veranderingen in de IJssel. Dit geeft een indicatie van de doorstroming / doorstroomsnelheid in het gebied.

Monitoring kwantiteit wordt uitgevoerd door het aanbrengen van drie waterdruksensoren, waarbij gedurende 1 jaar 1 meting per uur plaatsvindt. De waterverplaatsing wordt berekend uit het tijdsverschil van verandering tussen twee sensoren. De waterdruksensoren worden aangebracht op de oppervlaktewatermeetpunten op relevante locatie: De instroomopening, de vernauwing bij de Rhedense veerweg (overgang Valeplas – Gieseplas) en de vernauwing bij de Westerplas (westzijde Riverparc).

De hierboven voorgestelde metingen zijn ook nodig voor 8.7.

Alternatief is gebruik van een ADCP gemonteerd op catamaran. Een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) of akoestische profielstroommeter meet de verticale verdeling van de snelheid van het water in de waterkolom alsook de stroomrichting. Het werkingsprincipe is gebaseerd op het Dopplereffect.

8.2 Nutriënten en (an)organisch materiaal IJssel

Geadviseerd wordt om de waterkwaliteitsparameters (N en P in verschillende verbindingen, SO₄, BZV5, metaalionen (oa K, Na, Mg, Fe), Chloride, zwevend stof, prioritaire stoffen) gedurende een jaar maandelijks te monitoren dicht bovenstrooms van de aantakking van het Rhederlaag aan de IJssel. Dit is wat monsternamen betreft goed te combineren met de metingen beschreven in 8.5 en 8.6. Vanaf de kant of vanuit een boot wordt met een emmer aan een touw water verzameld om verschillende flessen mee te vullen voor een set aan labanalyses die RWS standaard meet op haar MWTL locaties (zie <https://waterinfo-extra.rws.nl/monitoring/chemie/oppervlakte-water/#hb29df1db-24cc-47af-be3b-679b2b03fede>). Met veldmeters wordt ter plekke doorzicht, zuurgraad, Temperatuur, Geleidend vermogen en zuurstofverzadigings-percentages vastgesteld.

8.3 Bepaling slibophoping in de plassen

Geadviseerd om te bepalen wat de snelheid van slibaanwas is in de Valeplas, Gieseplas en Lathumse plas. Door de open verbinding met de IJssel is de verwachting dat de slibaanwas niet overal gelijk is maar ook dat deze een piek kent na een hoog water.

Het bepalen van de kwaliteit en kwantiteit van zwevende stof in oppervlaktewater kan worden uitgevoerd met behulp van sedimentvallen. Over een gewenste periode wordt materiaal

verzameld op basis waarvan de (tijd)gemiddelde kwaliteit en kwantiteit van bezonken sediment kan worden bepaald.

Sedimentvallen bestaan uit een constructie waarin transparante buizen staan. In deze buizen zal na verloop van tijd zwevend stof (sediment) bezinken. De sedimentvallen worden vanuit een vaartuig voorzichtig op de waterbodem geplaatst. Op het moment van plaatsen worden dan tegelijk de coördinaten van de sedimentval opgeslagen. De coördinaten zijn nodig voor het ophalen van de sedimentvallen. Na plaatsing worden vier keer per jaar de sedimentvallen weer opgehaald. Bij het ophalen van de sedimentvallen zal per buis worden genoteerd hoeveel materiaal er verzameld is. Het materiaal uit de buizen op 1 locatie kan worden samengevoegd tot één mengmonster. Na iedere meting worden de buizen weer gereinigd. Met uitzondering van de laatste meting wordt de sedimentval zoveel mogelijk op dezelfde locatie weer terug geplaatst. Om de kans op onvolledige meting of monstername (te weinig sediment voor chemische analyse op met name P en Fe) te verkleinen wordt aanbevolen om per meetlocatie twee sedimentvallen in te zetten. Om het risico op beschadiging en of onbetrouwbare meting door bijvoorbeeld aanvaring, vandalisme of nieuwsgierigheid te verkleinen wordt aanbevolen de vallen op de bodem te plaatsen zonder markeringsboei. De diepte van waarop de sedimentvallen worden geplaatst bedraagt maximaal 20 meter.

Dus:

- Op drie locaties 2 slibvallen plaatsen
- 3 momenten om de slibaanwas te meten
- Na laatste meting analyse van slib van 3 locaties

Het onderzoek betreft samengevat het plaatsen, driemaal tussentijds ophalen, slibdikte meten en plaatsen, en definitief ophalen van sedimentvallen op drie locaties en per sedimentval volume van het sediment per buis bepalen en de analyse van de drie verzamelmonsters uit de slibvallen (bron slibvallen ATKB).



Figuur 8.1 afbeelding slibval (bron ATKB)

8.4 Rivierkundige berekening

Het doel is om inzicht te geven in het verloop van nutriëntconcentraties in de plassen van het Rhederlaag en de bezinking van organisch materiaal en slib naar de bodem van de plassen bij waterinstroom via een kadeverlaging. Dit is ook nodig voor het opstellen van de waterbalans. Hierbij moeten twee scenario's doorgerekend worden: één in de 6.4 jaar een overstroming of één in de twee jaar een overstroming.

Voor het uitvoeren van een rivierkundige berekening is het volgende nodig:

- Een werkend d-HYDRO-model of vergelijkbaar vormt een goede basis
- Waterstanden, debieten en gemeten concentraties nutriënten en organisch materiaal in de IJssel ten tijde van een hoogwatergolf
- Informatie over de Koppenwaard: de gesteldheid van het gras en het type ondergrond in het gebied dat overstroomt, wat de weerstand en mate van erosie bepaalt. Daarnaast vormt de

ondergrond een mogelijke bron van overige stoffen die in de plassen terecht komen.

Een 2D modellering volstaat. Aan de hand van berekende stroomsnelheden en schuifspanning uit het model kan er vervolgens een inschatting/analyse gemaakt worden van erosie en depositie van materiaal in het gebied. Dat is voor deze vraag voldoende is, er zal geen sedimentmodellering uitgevoerd te worden.

- installeren/verkennen/werkend te krijgen van het aangeleverde model/verzamelen data
- twee scenario's klaarmaken/randvoorwaarden opstellen/kadeverlaging in het model opnemen
- Uitvoeren modelberekeningen
- Analyse en interpretatie modelresultaten
- Sedimentanalyse (obv modelresultaten, analytische formules en expert judgement)
- Rapportage
- overleggen/afstemming

8.5 Nutriënten en anorganisch materiaal Rhederlaag

De maandelijkse monsternamen vindt idealiter plaats in zowel de Vale-, Giese- als de Lathumseplas en liefst midden op het water, wat betekent dat er een boot nodig is. Omdat het metingen op het water betreft, is daarbij twee man bemanning nodig. Dit is goed te combineren met de metingen beschreven in 8.2 en 8.6. Vanuit een boot wordt met een emmer aan een touw water verzameld om verschillende flessen mee te vullen voor labanalyse. Met veldmeters wordt ter plekke doorzicht, zuurgraad, temperatuur, geleidend vermogen en zuurstofverzadigingspercentage vastgesteld. Aangesloten wordt op de meetstrategie van RWS op haar MWTL locaties (zie <https://waterinfo-extra.rws.nl/monitoring/chemie/oppervlakte-water/#hb29df1db-24cc-47af-be3b-679b2b03fede>).

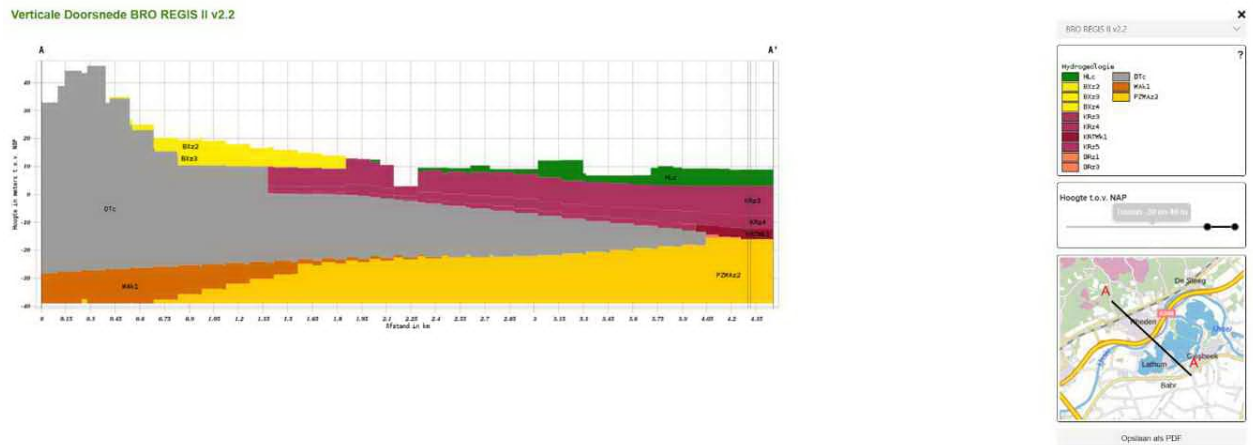
8.6 Stratificatie

Het vaststellen van de mate van stratificatie in de waterkolom hoeft niet bij iedere meting als beschreven in 8.5. In de maanden maart-oktober wordt in ieder geval in het midden van de Gieseplas met een temperatuur sonde aan een lang snoer (meer dan 15 meter) het verloop van de temperatuur in de diepte gemeten om de meter vanuit een boot.

8.7 Hoeveelheid en samenstelling kwel

Wij adviseren om in eerste instantie een geohydrologische analyse uit te voeren van de bestaande informatie. Op basis hiervan kan gericht een monitoringsplan worden opgesteld. Dit vormt tevens de basis voor de latere interpretatie en de inrichting van het meetnet.

In Figuur 8.2 is een overzicht opgenomen van de geohydrologische bodemopbouw conform REGIS.

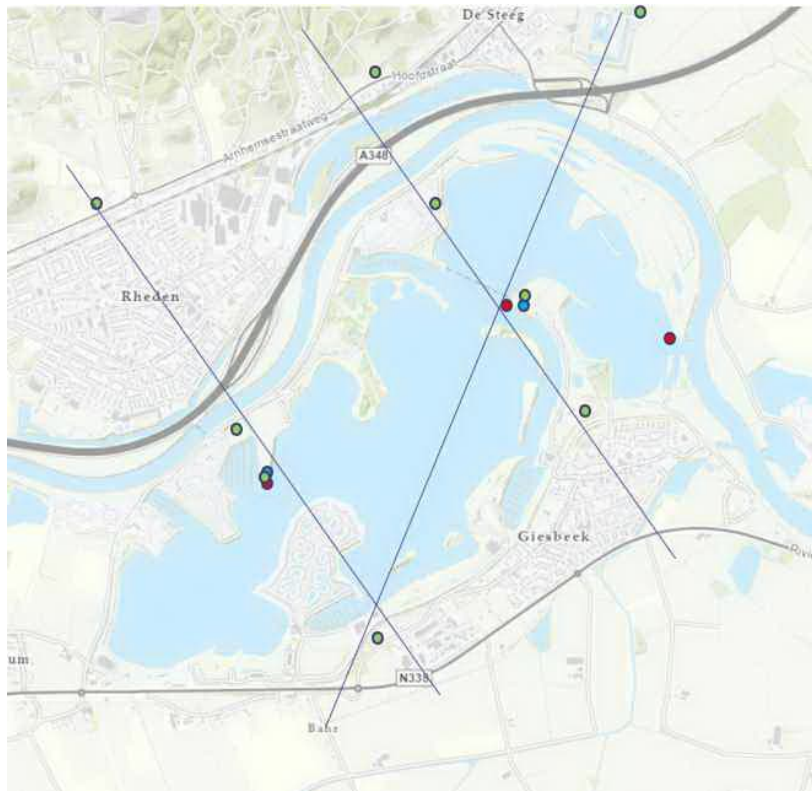


Figuur 8.2 Overzicht van de geohydrologische bodemopbouw van het Rhederlaag conform REGIS.

Hieruit blijkt dat waarschijnlijk sprake is van een afstroming over de gestuwde formaties via de formaties van Boxtel en Kreftenheye. Waarschijnlijk is dit geen kwel, maar natuurlijke afstroming vanuit de Veluwe richting de IJssel en Rhederlaag. Zowel de IJssel (werkt infiltrerend) als grondwater uit Kreftenheye hebben waarschijnlijk een maatgevende invloed op de kwaliteit. Daarnaast zou grondwater uit de formatie van Peize-Waalre ook invloed kunnen hebben indien sprake is van een significant hogere stijghoogte dan het pakket van Kreftenheye (kwel) en/of dat de plas tot op dat niveau is verdiept (20 à 25 m-mv uitgediept). Voor het onderzoek achten wij het daarom wenselijk om meer inzicht te krijgen in de kwaliteit en kwantiteit van deze verschillende pakketten. We stellen daarom de volgende onderzoeksinspanning voor:

- 2 x peilbuizen tot 20 à 25 m-mv met grondwatermonitoring op kwantiteit en kwaliteit
- 3 raaien met elk 3 ondiepe peilbuizen tot 8 m-mv (één voor de IJssel, één tussen IJssel en plas en één achterzijde plas (gezien t.o.v. IJssel) met grondwatermonitoring op kwantiteit en kwaliteit
- 3 x inrichting oppervlaktemonitoringsmeetpunt (instroompunt IJssel op de Valeplas, verbinding met Gieseplas, en verbinding met Latumse plas) op kwantiteit en kwaliteit
- 1 x inrichting regenwatermonitoringspunt op kwaliteit
- Monitoring kwaliteit zal worden uitgevoerd door monsternamen van de peilbuizen / oppervlaktewater en regenwater, waarbij gedurende 1 jaar 2 monsternamen + uitgebreide analyses worden uitgevoerd.
- Deze worden aangevuld met 2 monitoringsronden van grondwater, oppervlaktewater en regenwater waar met behulp van veldmeters een beperkt aantal parameters (pH, Geleidbaarheid, zoutgehalte en temperatuur) gemeten wordt
- Monitoring van kwantiteit kan worden uitgevoerd door in de peilbuizen en de oppervlaktewatermeetpunten automatische dataloggers te plaatsen waarmee elk uur de waterstand wordt gemeten. Ook kan een koppeling worden gelegd met de actuele waterstand van de IJssel (gebruik makend van de bestaande RWS meetpunten in de IJssel en deze te interpoleren naar de locatie)

- Ook de metingen als beschreven in 8.1 zullen betrokken worden in de bespreking van de resultaten. De kwaliteitsmetingen geven inzicht in de herkomst en samenstelling van het water. De kwantiteitsmetingen geven inzicht in de invloed van grondwater op de oppervlaktewaterstand (kwel/infiltratie).

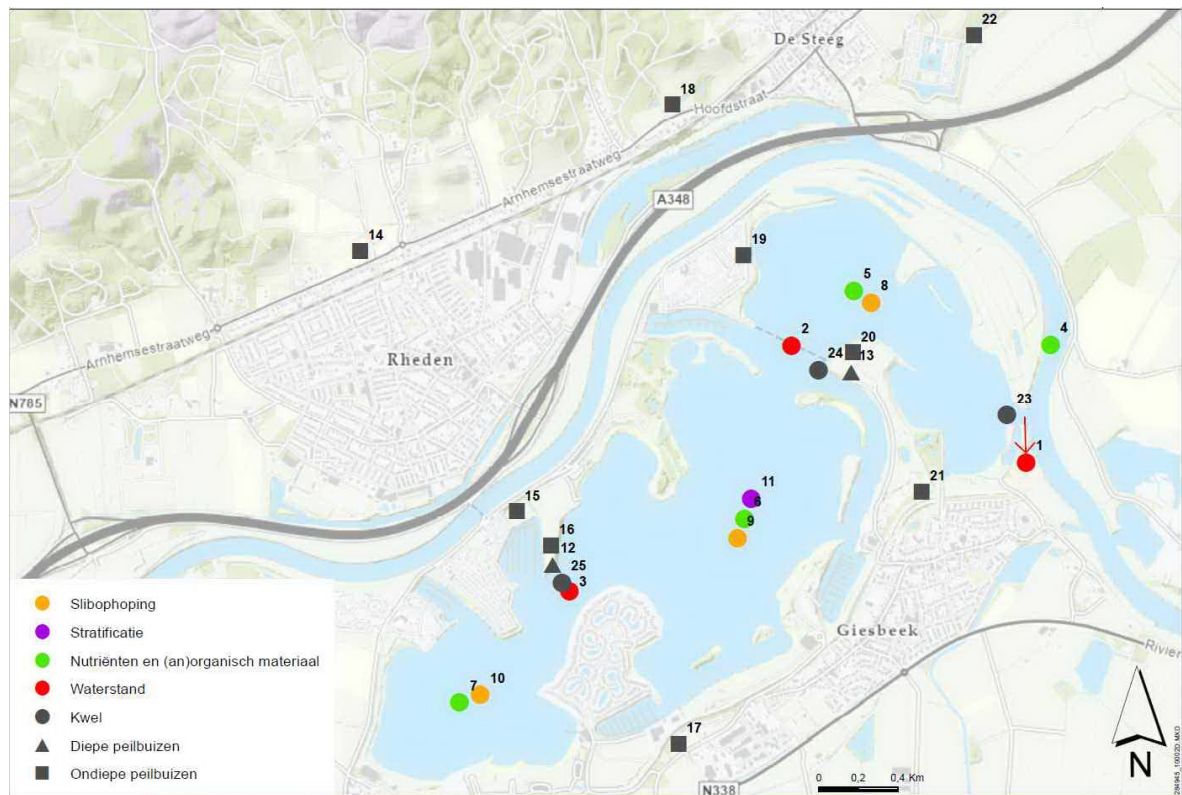


Figuur 8.3 Indicatieve ligging grondwatermeetpunten en oppervlaktemonitoringsmeetpunten (rood). Groene punten: raaien met elk 3 ondiepe peilbuizen Na fase 1 (geohydrologische analyse), is er beter inzicht in eventueel al aanwezige meetpunten die gebruikt kunnen worden voor de hoeveelheid en samenstelling van kwel. Bovenstaande locaties voor grondwater zijn daarom nog veranderlijk.

In Tabel 8.1 is een overzicht opgenomen van alle voorgestelde metingen per onderdeel en in Figuur 8.4 zijn de voorgestelde meetpunten weergegeven op kaart.

Tabel 8.1 Overzicht metingen per onderdeel

Onderdeel monitoring	Locatie	Aantal	Frequentie	Kleur op kaart
8.1 Waterstand (en kwel)	De instroomopening, de vernauwing bij de Rhedense veerweg (overgang Valeplas – Gieseplas) en de vernauwing bij de Westerplas (westzijde Riverparc)	3 waterdruksensoren	1 jaar 1 meting per uur	Rood (nr. 1 t/m 3))
8.2 Nutriënten en (an)organisch materiaal (incl. ijzer) IJssel	Dicht bij de aantakking van het Rhederlaag aan de IJssel. (RWS meetpunt Westervoort, gelegen op circa 10 km bovenstrooms Giesbeek of beter nog op een nieuw monsterpunt bij Giesbeek zelf.)	1	1x per maand voor 1 jaar	Groen (Nieuw meetpunt bij Giesbeek, nr. 4)
8.3 Slibophoping	Valeplas, Gieseplas en Lathumse plas 3 locaties	2 sedimentvallen met 6 buizen per val op 3 locaties waterbodemanalyses	3x per jaar 1 keer in meetperiode	Oranje (nr. 8 t/m 10)
8.4 Rivierkundige berekening	Met behulp van input uit andere metingen onder andere 8.1			
8.5 Nutriënten en (an)organisch materiaal (incl. IJzer) in water Rhederlaag	Zowel de Vale-, Giese- als de Lathumse plas en het liefst midden op het water	3	1x per maand voor 1 jaar	Groen (nr. 5 t/m 7)
8.6 Stratificatie	In het midden van de Gieseplas	8	Maart t/m oktober 1x per maand gedurende 1 jaar	Paars (nr. 11)
8.7 Hoeveelheid en samenstelling kwel	2 peilbuizen tot 20 à 25 m -mv met grondwatermonitoring op kwantiteit en kwaliteit 3 raaien met elk 3 ondiepe peilbuizen tot 8 m -mv (één voor de IJssel, één tussen IJssel en plas en één achterzijde plas (gezien t.o.v. IJssel) met grondwatermonitoring op kwantiteit en kwaliteit 3 inrichting oppervlakte-monitoringsmeetpunten (instroompunt IJssel op de plas, middelste plas, en achterste plas) op kwantiteit en kwaliteit 1 regenwatermeetpunt op kwaliteit	11 peilbuizen en 3 monitorings-meetpunten 1 regenwatermeetpunt	2x in 1 jaar Dus 22 grondwateranalyses 6 oppervlaktewateranalyses 2 regenwateranalyses continue grondwaterstandmetingen	Zwart (diepe peilbuis: nr. 12 & 13, ondiepe peilbuis: nr. 14 t/m 22, oppervlakte: 23 t/m 25)



Figuur 8.4 Voorgestelde meetpunten. Betekenis kleuren en nummers zie Tabel 8.1.

9 Referenties

- Barts, N. & B.van Swaay (2019) Kwel in de uiterwaarden: een onderzoek naar de kwelsituaties in vijf uiterwaard wateren.. *Hogeschool Van Hall Larenstein*
- Bloemerts, M., E. Tietema & H. van de Weerd (2012) BAGGERNUT Watersysteemanalyse Sloterplas. In Opdracht van Wetterskip Fryslân. ARCADIS rapport 076300524:B
- Effectbeschouwing waterkwaliteit Rhederlaag als gevolg van tweezijdig aangetakte geul in de Koppenwaard (2019), Witteveen+Bos. *Provincie Gelderland*, 107463-40.60/19-005.585
- Floodplain development Koppenwaard (2015). Natuurmonumenten
- Rivierklimaatpark IJsselpoort, Hoofdrapport Milieueffectrapportage (2020). Witteveen+Bos.
- Oste, A., N. Jaarsma & F. van Oosterhout. (2010). Een heldere kijk op diepe plassen. STOWA-rapportnummer 2010-38. Link: https://www.bodemplus.nl/publish/pages/92571/een_heldere_kijk_op_diepe_plassen_24_346_429.pdf
- Overzicht indicatoren fosfaat nalevering vanuit de waterbodem (2009). Arcadis, Deltares. Link: https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130938/overzicht_indicatoren_fosfaat_nalevering_vanuit_de_waterbodem.pdf
- Sawyer, C.N. (1947): Fertilization of lakes by agricultural and urban drainage. *J. New England Water Works Assoc.* 61:109-127
- Verkennend waterbodemonderzoek Havenweg 4 te Giesbeek (2018). Econsultancy
- Waterstromen in beeld. Handleiding bij de Excelrekentool waterbalans (2018). STOWA. Link: <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-74%20handleiding%20rekentool.pdf>
- Website Emissieregistratie (geraadpleegd 25-4-2022). Link: <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/bumper.nl.aspx>
- Zwemwaterprofiel Rhederlaag Bahrsestrand (2017a), RPS / TAUW. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*, Donar-code: RHEDLBSSD
- Zwemwaterprofiel Rhederlaag Giese Kop (2019), RPS/Tauw/KWR. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*, Donar-code: RHEDLGSKP
- Zwemwaterprofiel Rhederlaag Noordoever (2017b), RPS/Tauw. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*, Donar-code: RHEDLNOVR
- Zwemwaterprofiel Campingpark het Groene eiland – strand Maasboulevard (2019) RPS/tauw/KWR. *Rijkswaterstaat Zuid-Nederland*, Donar-code: GOUDHMTTP
- Zwemwaterprofiel Zwanewater (2010), Grontmij/DHV. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*
- Zwemwaterprofiel Dorado Beach (2009). Grontmij/DHV. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*
- Zwemwaterprofiel IJsselstrand (2009). Grontmij/DHV. *Rijkswaterstaat Oost-Nederland*

Blauwalgmeldingen online:

- [Blauwalg aangetroffen in Rhederlaag \(Update\) - Studio Rheden](#)
- [Zwemverbod bij strand De Giese kop | Blik op nieuws](#)
- <https://register.zwemwater.nl/zwr/api/files/6026707>