

2016

Blauwalg in de Groenlose Gracht *Afstudeerrapport*



Jasper Knippen
Hogeschool Van Hall Larenstein
4-1-2016

Blauwalg in de Groenlose Gracht

Afstudeeronderzoek naar het ontstaan van de blauwalgproblematiek

Afstudeerrapport

Jasper Knippen

Afstudeeronderzoek in opdracht van Waterschap Rijn en IJssel en Hogeschool Van Hall Larenstein

Status uitgave:	Definitief
Datum uitgave:	4 januari 2016
Titel:	Blauwalg in de Groenlose gracht, Afstudeerrapport
Subtitel:	Afstudeeronderzoek naar het ontstaan van de blauwalgproblematiek
Opdrachtgever:	Waterschap Rijn en IJssel (WRIJ)
Opleidingsinstantie:	Hogeschool Van Hall Larenstein (VHL)
Adres:	Larensteinselaan 26a Postbus 9001 6880 GB Velp
Opleidingsrichting:	Bachelor Land- en Watermanagement, Major Grond-, Weg- en Waterbouw
Student:	Jasper Knippen
Begeleider WRIJ:	Annemarie Kramer-Hoenderboom
Begeleider VHL:	Hans van den Dool
Datum van uitgifte:	4 januari 2016

VOORWOORD

Voor u ligt mijn afstudeerrapport Blauwalg Groenlose gracht. Ik heb met veel plezier aan dit afstudeeronderzoek gewerkt tijdens mijn periode bij het Waterschap Rijn en IJssel. Het is een zeer leerzame periode geweest zowel op educatief als persoonlijk vlak. Ik heb veel geleerd over blauwalg en het opzetten van een watersysteemanalyse en dit verwerken in een rapportage. Het structureel werken is me niet altijd even goed afgegaan, maar ben hier wel beter in geworden. Ook persoonlijk vlak heb ik geleerd om te gaan met het combineren van werk, studie en herstel van een burn-out. Dit heeft veel frustraties opgeleverd die ik heb kunnen overwinnen. Al met al ben ik sterker uit mijn afstudeerperiode gekomen.

Het is een boeiend onderzoek geweest en ik ben er van overtuigd dat ik een bijdrage heb kunnen leveren aan de vervolgstappen die het Waterschap gaat doen.

De sfeer bij het Waterschap is zeer prettig en de collega's zijn allemaal zeer behulpzaam geweest.

Mijn dank gaat uit naar mijn begeleiders bij het Waterschap, Annemarie Kramer-Hoenderboom en Karel Hesselink. Zij hebben mij van nuttige feedback voorzien en hebben altijd de tijd genomen om dit te doen. Ook Hans van den Dool als mijn begeleider vanuit Van Hall-Larenstein wil ik graag bedanken voor zijn tijd en sturend commentaar.

Vanuit mijn vriendkring wil graag Maartje Bos bedanken voor de mentale ondersteuning en opbeurende woorden als ik het even niet meer zag zitten.

Ik kijk met een positief gevoel terug op mijn deeltijd studie Land- en Watermanagement.

Velp, 4 januari 2016

Jasper Knippen

SAMENVATTING

Op het moment dat de temperaturen stijgen tot zomerse waarden komt er in de Groenlose gracht een bekend probleem bovendrijven: blauwalg. De gracht verandert in een groene soep die er onaantrekkelijk uitziet en gezondheidsrisico's veroorzaakt voor men en dier.

Groenlo is een oude vestingstad die in 2027 750 jaar bestaat en 400 jaar Slag om Grolle viert. De gracht is belangrijk voor Groenlo. Het geeft de stad karakter en status. Toewerkend naar 2027 is het programma Stad Groenlo opgesteld die de stad een esthetische en economische boost moet geven. De gracht is hierin het centrale element. De gracht moet Groenlo gaan uitstralen en de blauwalg draagt daar niet aan bij.

De overlast door blauwalg moet worden voorkomen. Het is echter niet duidelijk wat de blauwalg in de Groenlose gracht doet veroorzaken. Een probleem kan pas worden opgelost als de oorzaak bekend is. De factoren die bijdragen aan het ontstaan van de blauwalgproblematiek moeten inzichtelijk worden. Hiervoor is kennis van blauwalg in algemene zin benodigd, het huidige functioneren van het watersysteem en het gewenst functioneren van het watersysteem.

Kennis van het organisme blauwalg is opgedaan door middel van literatuurstudie. Deze literatuurstudie heeft naar voren gebracht op welke wijze blauwalg zich gedraagt in de waterkolom en welke voorwaarden het stelt om te groeien. Blauwalg gaat groeien op het moment dat:

- Er voldoende nutriënten aanwezig zijn, met name fosfaat;
- De temperatuur hoog genoeg is;
- De waterkolom niet te turbulent is.

Deze voorwaarden zijn voor de Groenlose gracht onderzocht. Hiermee is gestart met het opzetten van een veldwerkdag. Tijdens deze dag zijn deskundigen op het gebied van blauwalg en het functioneren van watersystemen zijn geraadpleegd. Deze deskundigen hebben aangestuurd tot het verrichten van een watersysteemanalyse op basis van Ecologische Sleutelfactoren (ESF). De onderzoeksmethodiek volgens de ESF legt sterk de nadruk op de nutriëntenbelasting van het watersysteem en dan met name fosfaat.

De watersysteemanalyse is gestart met het in beeld brengen van de huidige kwaliteits- en kwantiteitssituatie van de gracht. Hieruit is opgemaakt dat de gracht wordt gevoed door fosfaatrijke kwel en de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater een matige kwaliteit heeft op het gebied van fosfaat.

Een watersysteem kan een bepaalde fosfaatbelasting aan: de kritische belasting. Voor de gracht is de kritische belasting bepaald met gebruik van PCDitch. De vastgestelde kritische belasting is vergeleken met de fosfaatbelasting op de gracht. De fosfaatbelasting op de gracht is bepaald met het opstellen van een water- en stoffenbalans. Hierin zijn de bronnen opgenomen die de gracht met fosfaat bealsten en de mate waarin ze de gracht belasten. De fosfaatbelasting op de gracht is veel hoger dan de kritische belasting.

De hoofdbronnen van de hoge fosfaatconcentratie zijn de kwel, het afgekoppeld hemelwater en nalevering van de waterbodem. De vastgesteld hoofdbronnen bevatten onzekerheden als gevolg van onvoldoende meetgegevens. De aanbeveling is om meer en langer te meten om betrouwbare gegevens te krijgen en ontbrekend gegevens aan te vullen. De oplossing van de blauwalgproblematiek ligt wel in het beheersen van de genoemde hoofdbronnen.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	8
1.1	PROBLEEMBESCHRIJVING	8
1.2	DOEL	8
1.3	ONDERZOEKSVRAGEN	9
1.4	METHODIEK	9
1.5	AFBAKENING	9
1.6	LEESWIJZER	9
2	ONDERZOEKSMETHODIEK	10
2.1	ALGEMEEN	10
2.2	LITERATUURSTUDIE BLAUWALG	10
2.3	VELDWERKDAG	10
2.4	WATERSYSTEEMANALYSE	11
2.4.1	ESF 1 Productiviteit water	11
2.4.2	ESF 3 Productiviteit waterbodem	11
3	BLAUWALG	12
3.1	INLEIDING	12
3.1.1	Blauwalg	12
3.1.2	Het gedrag van blauwalg	12
3.1.3	De risico's van blauwalg	13
3.1.4	Hoe komt het zo ver?	14
4	FUNCTIONEREN WATERSYSTEEM STADSGRACHT GROENLO	15
4.1	ALGEMEEN	15
4.2	KENMERKEN VAN DE GRACHT	15
4.2.1	Watertype	15
4.2.2	Hydrologie	15
4.3	GRONDWATER / KWEL	15
4.4	KWALITEIT (GROND)WATER	16
4.4.1	Grondwater	16
4.4.2	Oppervlaktewater	17
4.5	VELDWERKDAG	19
4.6	ONDERHOUD	19
4.7	RECREATIEF MEDEGEBRUIK	19
5	PRODUCTIVITEIT WATER	20
5.1	WATERBALANS	20
5.1.1	Algemeen	20
5.1.2	Neerslag	20
5.1.3	Kwel	20
5.1.4	In- en uitlaten	20
5.1.5	Waterbalans	20
5.1.6	Verblijftijd	20
5.2	STOFFENBALANS	21
5.2.1	Kentallen	21
5.2.2	Stoffenbalans	22
5.2.3	Kritische belasting	22
6	PRODUCTIVITEIT WATERBODEM	23
6.1	ALGEMEEN	23
6.2	FOSFAATBELASTING WATERBODEM	23
6.2.1	Sliblaag	23
6.2.2	Wijze van nalevering	23
6.2.3	Fosfaatbelasting	25
7	SYNTHESE PRODUCTIVITEIT WATER(BODEM)	26

7.1	OPBOUW SYNTHESE.....	26
7.2	UITWERKING SYNTHESE	26
7.2.1	<i>Productiviteit water (ESF 1).....</i>	26
7.2.2	<i>Productiviteit waterbodem (ESF 3).....</i>	27
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	30
8.1	FACTOREN VAN FOSFAATBELASTING	30
8.1.1	<i>Kwel.....</i>	30
8.1.2	<i>Hemelwater.....</i>	30
8.1.3	<i>Nalevering waterbodem.....</i>	30
8.1.4	<i>Temperatuur en zuurstof</i>	30
8.1.5	<i>Aanbevelingen.....</i>	31
8.2	MOGELIJKE MAATREGELEN	32
9	REFERENTIES	33

Bijlage A: Kwaliteitsnormen fosfaat

Bijlage B: Neerslagreeks

Bijlage C: Rioolgegevens

Bijlage D: Kentallen en berekeningen fosfaatbelasting

Bijlage E: Kritische fosfaatbelasting

1 INLEIDING

In dit onderzoeksrapport staat de stadsgracht, de Grolle, van Groenlo centraal. Groenlo is een oude vestingstad gelegen in de gemeente Oost-Gelre (afbeelding 1.1^{1,2}). De stadsgracht heeft een prominente, centrale plek in Groenlo. Dit zowel door de centrale ligging rondom het centrum als door de maatschappelijke functie. De herbeleving van de Slag om Grolle uit 1627, waarbij de stad heroverd werd op de Spanjaarden, is een jaarlijks terugkerend evenement. De Slag om Grolle neemt een belangrijke plek in binnen de Groenlose gemeenschap.

Op dit moment is Groenlo sterk in ontwikkeling om de bedrijvigheid en levendigheid van de stad te versterken. Hierbij wordt toegewerkt naar 2027 waarin Groenlo 750 jaar bestaat en de Slag om Grolle 400 jaar geleden is. De gracht maakt hier vanzelfsprekend een zeer belangrijk onderdeel van uit³.



Afbeelding 1.1: Ligging Groenlose gracht

1.1 Probleembeschrijving

In de Groenlose gracht komt in droge warme zomers blauwalg voor. Juist in de zomer heeft de gracht het hoogste recreatief gebruik. De op dat moment aanwezige blauwalg verandert de gracht in een onaantrekkelijke watergang die potentieel gevaarlijk is voor de gebruikers. Hierdoor worden de gebruiksmogelijkheden van de gracht beperkt.

Waterschap Rijn en IJssel heeft per 30 december 2009 het eigendom, beheer en onderhoud van het stedelijk water van de gemeente overgenomen. Het is het Waterschap echter onduidelijk wat nu de precieze oorzaak is van deze blauwalgproblematiek. Deze problematiek is voor het Waterschap aanleiding geweest om de waterkwaliteit in algemene zin nader te onderzoeken met als doel voor de Groenlose gracht tot een duurzame oplossing voor het probleem te komen.

Het is het Waterschap er aan gelegen om de factoren inzichtelijk te krijgen die oorzaak vormen van de blauwalgproblematiek zodat een maatregelenpakket gevormd kan worden ter bestrijding en preventie van dit type alg.

Het Waterschap heeft een voorbereidend onderzoek gedaan naar de oorzaken van de verslechtering van de waterkwaliteit in de Groenlose gracht. Mogelijke oorzaken van de slechte waterkwaliteit in de Groenlose gracht zijn:

- Onvoldoende doorstroming in de gracht;
- Ongunstige omstandigheden voor de groei van waterplanten door steile beschoeide oevers;
- Intensieve bevissing van de gracht door de hengelsportvereniging;
- Voeren van de watervogels in de gracht door bewoners;
- Afspoeling van de uitwerpselen dieren van de dierenweide naar de gracht;
- Bladval van de bomen langs de oevers van de gracht.

1.2 Doel

Het doel van dit afstudeerrapport is het bieden van inzicht in de bronnen die bijdragen aan de vorming van blauwalg in de Groenlose gracht, in welke mate draagt een bron bij aan de blauwalgproblematiek en op welke wijze kan de invloed van de bron geminimaliseerd worden.

¹ <http://www.oozo.nl/cijfers/oost-gelre>

² Luchtfoto, Waterschap Rijn en IJssel

³ <http://www.stadgroenlo.nl/>

De resultaten van dit onderzoek leveren een bijdrage aan de stappen die het Waterschap onderneemt om de blauwalgproblematiek binnen de Groenlose gracht structureel aan te pakken. Tevens vormen de resultaten van dit onderzoek een leidraad om elders, binnen het beheersgebied van het Waterschap Rijn en IJssel, optredende blauwalgproblematiek aan te pakken.

1.3 Onderzoeksvragen

De blauwalgproblematiek is onderzocht door middel van het uitwerken en beantwoorden van de volgende onderzoeksvraag:

Welke factoren hebben invloed (gehad) op het ontstaan van blauwalg in de Groenlose gracht?

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn enkele deelvragen opgesteld:

- Op welke wijze veroorzaakt blauwalg problemen?
- Hoe functioneert het huidige grachtstelsel ten aanzien van de blauwalgproblematiek?
- Hoe zou het grachtstelsel moeten functioneren om de blauwalgproblematiek te voorkomen?
- Welke maatregelen kunnen leiden tot de bestrijding en preventie van de blauwalgproblematiek?

De laatste deelvraag is geen ondersteunende vraag meer om de hoofdvraag te beantwoorden. Dit als gevolg van een noodzakelijk wijziging in de onderzoeksopzet (paragraaf 2.1). De deelvraag is een ondersteunende vraag geworden om tot aanbevelingen te komen voor vervolgonderzoek.

1.4 Methodiek

Om tot de beantwoording van de hoofdvraag te komen is er literatuurstudie en deskresearch gedaan naar blauwalg in het algemeen en de bronnen die van invloed zijn op het watersysteem van de Groenlose gracht. De literatuurstudie en deskresearch zijn ondersteund met een veldwerkdag waarbij deskundigen aanbevelingen hebben gedaan voor de verdere opzet en uitwerking van het onderzoek. Om tot een diagnose van de problematiek van de gracht te komen is het uitvoeren van een watersysteemanalyse noodzakelijk gebleken. Deze watersysteemanalyse is uitgevoerd op basis van de Ecologische Sleutelfactoren. Op basis van de resultaten uit de watersysteemanalyse zijn aanbevelingen gedaan voor vervolgstappen en worden potentiële maatregelen aangedragen.

1.5 Afbakening

Bij de aanvang van het onderzoek zijn er beperkte gegevens beschikbaar over de Groenlose gracht. Deze gegevens zijn gaandeweg het onderzoek verzameld en daar waar mogelijk geactualiseerd. Ontbrekende gegevens betreffende de waterkwantiteit en kwaliteit zijn tijdens het onderzoek middels aanvullende metingen in beeld gebracht. De betrouwbaarheid van de metingen is beperkt gezien de korte meettijd. De waarden van de metingen zijn in deze rapportage gebruikt als eerste een indicatie.

De problematiek van de gracht heeft naast een kwaliteitsaspect ook een sterk maatschappelijk aspect. De doelen voor de waterkwaliteit gaan samen met de wensen voor het gebruik van de gracht. In deze rapportage zal hier sporadisch naar worden verwezen, maar het sociaal-economische aspect maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

1.6 Leeswijzer

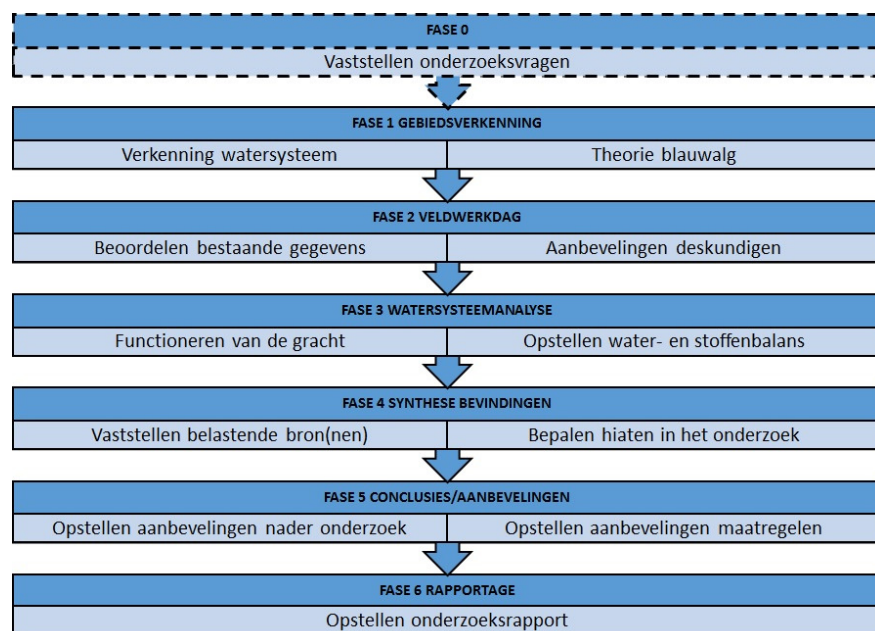
Het rapport is op de onderstaande wijze uitgewerkt:

- In hoofdstuk 2 wordt de methodiek van het onderzoek besproken. Hierin wordt uitgelegd welke stappen er zijn ondernomen om tot de beantwoording van de onderzoeksvraag te komen;
- In hoofdstuk 3 is de literatuurstudie naar blauwalg in het algemeen opgenomen. Hierin wordt uiteengezet wat blauwalg is en welke eisen blauwalg aan zijn omgeving stelt;
- In hoofdstuk 4 zijn de kenmerken en het functioneren van de Groenlose gracht beschreven;
- In hoofdstuk 5 is de water- en stoffenbalans van de Groenlose gracht uitgewerkt als onderdeel van de Ecologische Sleutelfactor productiviteit water;
- In hoofdstuk 6 is de waterbodem van de Groenlose gracht uitgewerkt als onderdeel van de Ecologische Sleutelfactor productiviteit waterbodem;
- In hoofdstuk 7 wordt de synthese van de onderzochte sleutelfactoren behandeld. Bepaald wordt of de sleutelfactoren voldoen of niet;
- In hoofdstuk 8 zijn de onzekerheden en onvolledigheden van het onderzoek opgesteld en zijn er aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

2 ONDERZOEKSMETHODIEK

2.1 Algemeen

Het is noodzakelijk gebleken om het opgestelde onderzoeksplan te herzien. Het voorop gestelde doel om tot toepasbare maatregelen te komen om de blauwalgproblematiek op te lossen kon niet gerealiseerd worden. Een tekortkoming in bruikbare en voldoende gegevens betreffende het watersysteem is hiervoor de reden. De prioriteit van het onderzoek is komen te liggen op het achterhalen van de noodzakelijke gegevens in de vorm van een watersysteemanalyse om tot de kern van de blauwalgproblematiek te komen. Hierop volgend zullen aanbevelingen gedaan worden om tot een goed maatregelenpakket te komen ter oplossing van de blauwalgproblematiek. De nieuwe onderzoeksopzet is weergegeven in figuur 2.1 en nader beschreven in dit hoofdstuk.



Figuur 2.1: Onderzoeksopzet

2.2 Literatuurstudie blauwalg

Om inzicht te krijgen op welke wijze de blauwalg een probleem kan veroorzaken is er een literatuurstudie gedaan. In de literatuurstudie wordt een antwoord gegeven op de volgende vragen:

- Wat is het organisme blauwalg;
- Hoe gedraagt blauwalg zich in het water;
- Wat zijn de risico's van blauwalg;
- Wanneer wordt blauwalg een probleem.

Met het inzichtelijk hebben welke voorwaarden de blauwalg aan de omgeving stelt kan een gedegen advies gegeven worden om de overlast van blauwalg tegen te gaan.

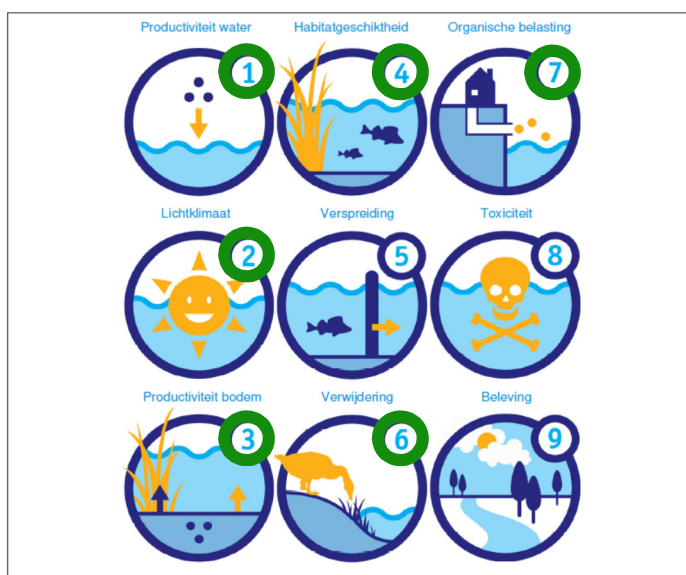
2.3 Veldwerkdag

Om te komen tot een diagnose van het watersysteem is er een veldwerkdag georganiseerd. Tijdens deze dag is getracht inzicht te verkrijgen in de knelpunten van de blauwalgproblematiek en oplossingsmaatregelen op te stellen. Hierbij zijn deskundigen op het gebied van blauwalg het watersysteem van de Groenlose gracht (?) geraadpleegd. Het bleek niet mogelijk om op deze dag de knelpunten vast te stellen en maatregelen te bepalen. Op basis van de aanbevelingen van de deskundigen is een watersysteemanalyse voor de Groenlose gracht uitgevoerd. De veldwerkdag is basis geworden voor het onderzoek.

2.4 Watersysteemanalyse

De watersysteemanalyse is uitgevoerd middels de diagnostiek van de watersystemen volgens Ecologische Sleutelfactoren (ESF)⁴. Hierbij wordt bepaald of een watersysteem voldoet aan de voorwaarden voor herstel van ondergedoken waterplanten. De ESF methodiek richt zich onder andere op de nutriëntenbelasting van het watersysteem. Voor blauwalg is fosfaat een belangrijke voedingsstof (zie hoofdstuk 3). Hierdoor is de methodiek geschikt voor het onderzoek naar de oorzaken van de blauwalgproblematiek.

Er zijn negen Ecologische Sleutelfactoren gedefinieerd (figuur 2.2). Het functioneren van een watersysteem binnen het stedelijk gebied wordt volgens de ESF-methodiek voornamelijk gestuurd door de ESF 1, 2, 4, 6 en 7. Voor Groenlose gracht is er het vermoeden dat de waterbodem mogelijk een rol kan spelen. ESF 3 wordt op basis van dit vermoeden ook meegenomen als sturende ESF.



Figuur 2.2: Ecologische Sleutelfactoren (ESF) voor de Groenlose gracht

Binnen deze rapportage ligt de nadruk op de ESF 1 (productiviteit water) en ESF 3 (productiviteit waterbodem). De voor het onderzoek beschikbare tijd is niet toereikend om alle ESF te behandelen.

2.4.1 ESF 1 Productiviteit water

De productiviteit van het water wordt bepaald door de mate van beschikbaarheid van nutriënten met in dit geval specifiek fosfaat. Een watersysteem kan een beperkte hoeveelheid van fosfaat bevatten: de kritische belasting. De kritische belasting is de maat voor de draagkracht van het watersysteem zonder dat er een omslag van helder naar troebel plaatsvindt. In welke mate nutriënten beschikbaar zijn is afhankelijk van de externe toevoer. ESF 1 brengt de hoeveelheid van de externe fosfaataanvoer in beeld door middel van het opstellen van een water- en stoffenbalans.

Waterbalans

De waterbalans verschaft inzicht in de wateraan- en afvoerhoeveelheden en de verblijftijd van het water binnen het watersysteem. Voor de Groenlose gracht zijn de verschillende aan- en afvoerbronnen vastgesteld en is daarmee het debiet bepaald.

Stoffenbalans

De stoffenbalans verschaft inzicht in de aanwezige externe aanvoerbronnen van fosfaat binnen het watersysteem. Voor de Groenlose gracht zijn de verschillende fosfaat belastende bronnen vastgesteld en is de mate van fosfaatbelasting bepaald.

2.4.2 ESF 3 Productiviteit waterbodem

De waterbodem kan door een jarenlange externe toevoer van fosfaat volledig verzadigd raken. Een met fosfaat verzadigde waterbodem kan dit fosfaat ook weer afgeven aan het watersysteem: de nalevering. ESF 3 richt zich op de beschikbare hoeveelheid fosfaat in de waterbodem en de wijze waarop het vrijkomen van het aanwezige fosfaat bijdraagt aan de belasting op het watersysteem.

⁴ STOWA 2014-19 Ecologische Sleutelfactoren

3 BLAUWALG^{5,6}

3.1 Inleiding

Helder water met ondergedoken waterplanten kent geen blauwalg. Als het water omslaat van helder naar troebel kan er een groei van blauwalg ontstaan. Vooral in stedelijke wateren en zwembaden is het vervelend als blauwalgen massaal tot ontwikkeling komen. Het ziet er onaantrekkelijk uit, het kan gaan stinken en er kunnen gezondheidsrisico's optreden voor mens en dier. Zwempartijen vinden geen doorgang. In zachte winters moeten zelfs nieuwjaarsduikers wijken voor deze organismen met blijkbaar grote overlevingsdrang. Klimaatverandering bevordert het ontstaan van blauwalgenbloei. Daarom is het belangrijk meer te weten over het ontstaan en voorkomen van ongewenste blauwalgengroei.

3.1.1 Blauwalg

Blauwalgen zijn organismen uit het begin van het ontstaan van de aarde en horen van nature in het water thuis. Deze organismen hebben er voor gezorgd dat onze atmosfeer is veranderd van een zuurstofloze naar een zuurstofrijke.

De naam blauwalg is echter niet correct. Lagere organismen die in staat waren tot fotosynthese werden zeer lange tijd gezien als algen. Een herindeling van deze organismen maakt dat blauwalg onder de (cyano)bacteriën valt.

Alle cyanobacteriën bevatten chlorofyl-a (bladgroen) en het pigment fycocyanine (fycocyaan) waaraan de groep haar naam dankt. De kleur van cyanobacteriën varieert van blauwgroen (cyaan) tot roodbruin.

Cyanobacteriën zijn fotoautotroof: ze zetten kooldioxide (CO₂) en anorganische voedingsstoffen onder invloed van licht om in biomassa. Bij dit proces (fotosynthese) komt zuurstof vrij. Cyanobacteriën vangen licht met behulp van pigmenten.

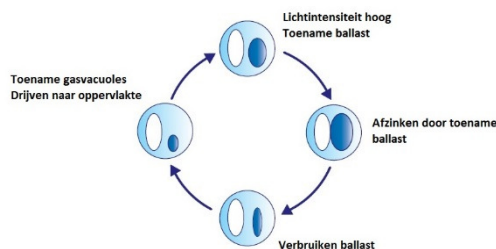
Al met al levert de blauwalg een zeer nuttige bijdrage aan het leven op aarde. Wat zorgt er dan voor dat de blauwalg als ongewenst wordt ervaren?

3.1.2 Het gedrag van blauwalg

Blauwalg zweeft als organisme door de waterkolom. Dit zweven door de waterkolom, of eigenlijk het juist niet meer zweven door de waterkolom maakt de blauwalg tot ongewenst.

Blauwalgen zijn gevuld met kleine luchtzakjes en "zweven" door het water. Met behulp van deze intercellulaire gasvacuole (kleine holtes gevuld met lucht) en het accumuleren en verbruiken van koolhydraten (ballast) kan een ideale positie in de waterkolom gevonden worden waar omgevingsfactoren ideaal zijn voor de groei (Kromkamp & Mur, 1984).

Een lage lichtintensiteit doet de blauwalg gasvacuoles aanmaken en zorgen voor een positief drijfvermogen. Eenmaal aan het wateroppervlak is de lichtintensiteit hoog, waardoor de fotosynthesesnelheid hoog is en koolhydraten worden opgeslagen. Hierdoor worden de cyanobacteriën zwaarder. Tevens neemt de celdruk toe, waardoor er gasvacuoles bezwijken. De cyanobacteriën zakken nu naar dieper water, consumeren de opgeslagen koolhydraten en maken eventueel nieuwe gasblaasjes aan. Gedurende de nacht verkrijgen de cyanobacteriën daardoor weer een positief drijfvermogen (afbeelding 3.1).



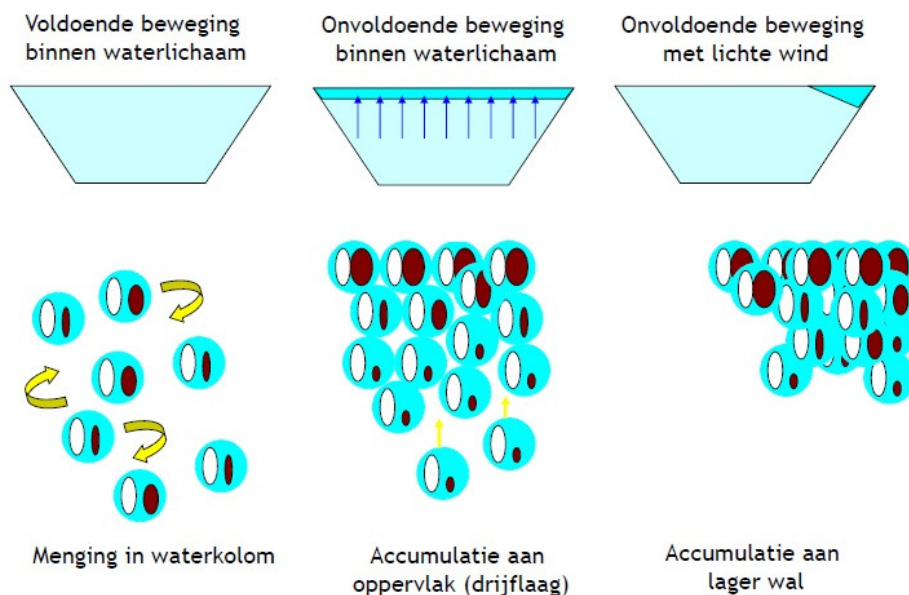
Afbeelding 3.1: Beweging blauwalg door de waterkolom

Bij voldoende beweging binnen het waterlichaam zullen verschillende fasen van blauwalgen netjes verdeeld binnen de waterkolom bewegen. Zodra het water tot rust komt zijn blauwalgen in staat om te accumuleren aan de oppervlakte en vormen ze de welbekende drijfslaag (afbeelding 3.2). Een drijfslaag is een verhoogde concentratie van cellen aan de wateroppervlakte. De cellen aan het wateroppervlak zijn gevuld met ballast, maar kunnen niet meer afzinken door het opdrukken van stijgende cellen die naar het wateroppervlak willen.

⁵ STOWA-rapport 2009-43: De biologie en risico's van cyanobacteriën

⁶ RIZA, Blauwalgen: cyanobacteriën

Deze accumulatie is wat de blauwalg zo ongewenst maakt en voor de overlast zorgt.

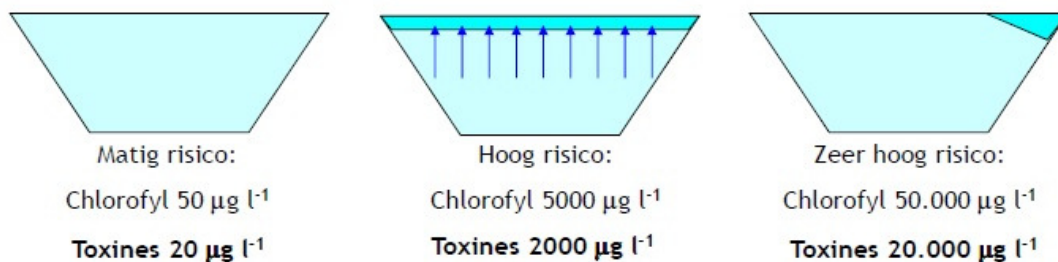


Afbeelding 3.2: Accumulatie van blauwalg (M. Lurling)

3.1.3 De risico's van blauwalg

Naast het vormen van drijflagen zijn blauwalgen ook potentieel toxine producerende organismen. Gelukkig is niet elke blauwalg hiertoe in staat. Alleen de blauwalgsoorten *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* en *Planktothrix* zijn in staat stoffen te produceren die toxisch zijn voor mens en dier. Het is echter niet mogelijk om op voorhand vast te stellen of dit ook daadwerkelijk gebeurt.

De gifstoffen die de blauwalg bevat zijn endotoxinen. Endotoxinen zijn toxinen die zich binnen de cel bevinden. Zodra er een drijflaag gevormd is, is er een verhoogde kans op het vrijkomen van deze toxinen. De toenemende druk zorgt er voor dat de cellen knappen en de gifstoffen laat vrijkomen. Het laat zich raden dat met een toenemende accumulatie er een toename van vrijkomende gifstoffen ontstaat. De toxineconcentratie groeit echter drastisch bij accumulatie (afbeelding 3.3).



Afbeelding 3.3: Toxinegehalte bij accumulatie van blauwalg (M.Lurling)

De vrijkomende gifstoffen vormen een gevaar voor de gezondheid van mens en dier. De gifstoffen kunnen dodelijk zijn.

Naast de productie van gifstoffen heeft blauwalg in de vorm van drijflagen ook invloed op waterkwaliteit. Drijflagen blokkeren het licht dat nodig is voor de groei van andere (waterzuiverende) waterplanten. Doordat er minder licht beschikbaar is verdwijnen (concurrerende) waterplanten en de algensoortensamenstelling wordt gedomineerd door cyanobacteriën. Het gebrek aan waterplanten zorgt ervoor dat bodemwoelende vissen, als de karper en de brasem, de bodem makkelijk kunnen omwoelen waardoor extra voedingsstoffen uit het slib in het water terecht komen en de blauwalgen meer voedingsstoffen krijgen.

Verder kan de afbraak van de algenpopulatie leiden tot zuurstofloosheid. Afstervende blauwalgen verbruiken zuurstof welke ze onttrekken aan het water. De verlaging van de zuurstofconcentratie in het water kan leiden tot vissterfte en dat van ander waterleven.

3.1.4 Hoe komt het zo ver?

De eutrofiëring van de Nederlandse wateren heeft geleid tot een toename van blauwalg. Dat komt omdat er veel nutriënten, met name stikstof en fosfaat, in het water terecht zijn gekomen die door de algen worden opgenomen. Met name de hoeveelheid fosfaat in het water is bepalend voor de ontwikkeling van blauwalgen. De benodigde stikstof kunnen blauwalgen uit de lucht halen.

Blauwalgen kennen ieder hun specifieke optimale omstandigheden. Abiotische milieufactoren die hierin een rol spelen zijn:

- (water)Temperatuur;
- Fosfaat- en nitraatgehalte;
- Opgelost zuurstof;
- Gehalte aan koolstofdioxide;
- Stroming van het water;
- Zuurgraad;
- Invallend licht;
- Zoutgehalte.

Blauwalgen komen het hele jaar voor in het water, met doorgaans een piek in de (na)zomer. Sommige soorten overwinteren in een vegetatieve staat door de vorming van sporen en vormen zo een soort 'zaadbank'. In het voorjaar zorgt de kieming van de sporen vanaf het sediment voor de ontwikkeling van een nieuwe populatie. Een juiste combinatie van temperatuur, licht en nutriënten kan leiden tot massale groei. Veel cyanobacteriën vertonen een optimale groei bij temperaturen boven de 25°C, stabiele waterkolom en lage lichtintensiteit. Daarom vindt de ontwikkeling van cyanobacteriën of de vorming van drijflagen vaak plaats vanaf juli.

- Het oplossen van de blauwalgproblematiek zit 'm in het kunnen beheersen van de voor de blauwalg noodzakelijke abiotische milieufactoren-.

4 FUNCTIONEREN WATERSYSTEEM STADSGRACHT GROENLO

4.1 Algemeen

De Groenlose gracht maakt deel uit van het stroomgebied van de Heuzelsgoot. Het stroomgebied van de Heuzelsgoot is een subsub-stroomgebied van het stroomgebied van de Berkel. Het stroomgebied van de Berkel wordt gekenmerkt door een vrij afwaterend oppervlaktewatersysteem. Dit betekent dat het waterpeil niet gedurende het gehele jaar beheersbaar is. Van veel watergangen binnen dit systeem stopt in de loop van het groeiseizoen de aanvoer en veel watergangen kunnen daarbij droog vallen.

Het gebied bestaat voornamelijk uit (dek)zandafzettingen. De deklaag bestaat uit circa 9 meter overwegend fijn zand (Formatie van Twente). Hieronder bevindt zich het 1^{ste} watervoerend pakket bestaande uit grindhoudend grof zand tot een diepte van 22 meter minus maaiveld (Formaties van Kreftenheye en Urk)⁷.

4.2 Kenmerken van de gracht

4.2.1 Watertype

De Groenlose gracht valt voor het onderzoek het beste te typeren als een kleine ondiepe gebufferde plas⁸. Binnen de Kaderrichtlijn Water is deze gecodeerd als het watertype M11⁹.

De gracht stamt uit de periode 1200-1300 en is in de bedding van de Groenlose Slinge aangelegd. Door vernietiging en verstedelijking is de gracht een nagenoeg geïsoleerde waterpartij geworden, gevoed door kwel.

4.2.2 Hydrologie

De Groenlose gracht heeft een oppervlak van ongeveer 4,8 ha en heeft een lengte van ongeveer 2300 m¹. De gracht heeft een diepte variërend van 0,80 m tot meer dan 3,00 m met een gemiddelde diepte van ongeveer 2,00 m. Het waterpeil van de gracht is 21,80 m +N.A.P en vrij constant jaarrond.

In het zuidoosten mondt de Heuzelsgoot uit in de gracht. De Heuzelsgoot is een regenwatervoerende waterloop die periodiek droogvalt. De uitmonding van de gracht zit in het noordwesten en heeft een continue uitstroom van water.

Op de gracht lozen overstorten van het gemengd riool en het (verbeterd) gescheiden stelsel.

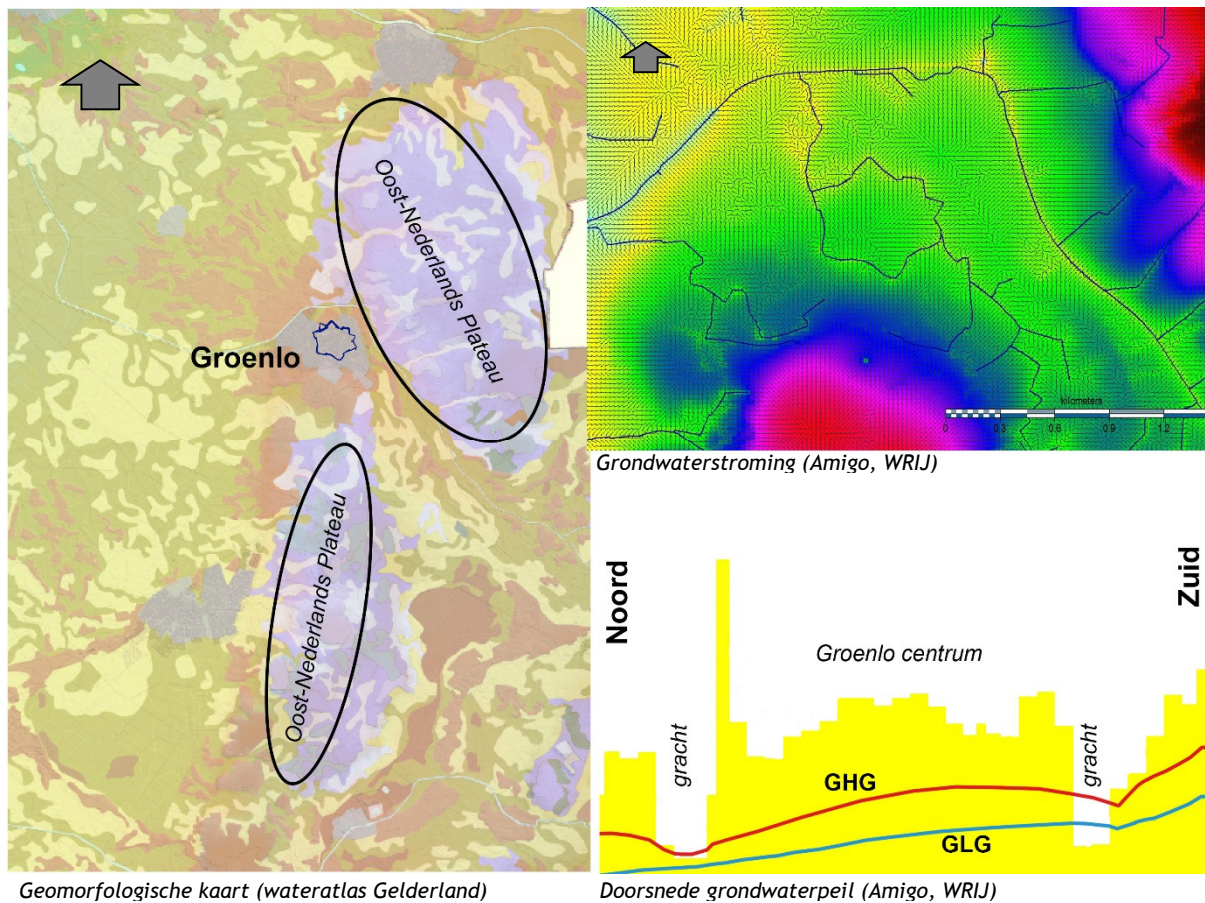
4.3 Grondwater / Kwel

De Groenlose gracht is aangelegd op de rand van het Oost-Nederlands Plateau. Hiervoor is een deel van het plateau vergraven wat heeft geleid tot een kwelstroom naar de gracht vanuit het zuidelijk gelegen plateau. De kwel zorgt voor de watervoeding van de gracht. Het zuidelijk deel van de gracht heeft een permanente kweldruk. Het noordelijk deel van de gracht kan periodiek de kweldruk verliezen. De ligging van de gracht in relatie tot de kwelstroming is weergegeven in afbeelding 4.1. Het aanvoerdebiet van de kwel is nader beschreven in paragraaf 5.1.3.

⁷ Baggerbestek Groenlo 2005

⁸ Presentatie Miquel Lurling

⁹ STOWA rapport 2007-32B: Referentie en Maatlatten Aanvulling



Afbeelding 4.1: Grondwaterstroming naar de Groenlose gracht

4.4 Kwaliteit (grond)water

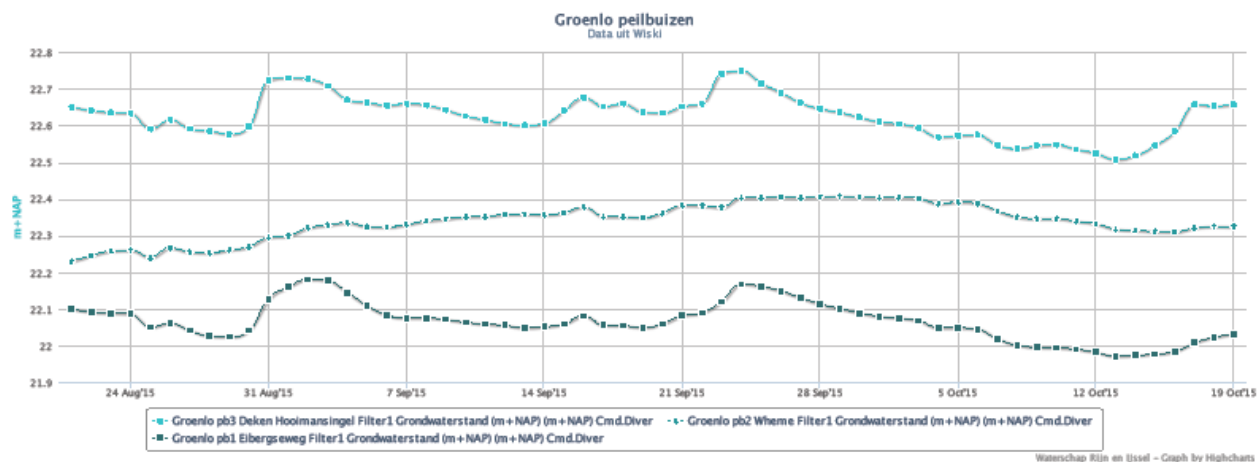
4.4.1 Grondwater

Voor de bepaling van de kwaliteit en kwantiteit van het grondwater zijn op drie locaties (afbeelding 4.2) peilbuizen geplaatst met een diepte van circa 3 m-mv. Bij deze peilbuizen wordt de stijghoogte van het grondwater gemeten en kwaliteitsparameters waaronder fosfaat.



Afbeelding 4.2: Locaties peilbuizen grondwatermonitoring

Uit de metingen (figuur 4.3) over de periode half augustus - half oktober komt een gemiddelde grondwaterstand van 22,35 m+N.A.P. Dit resulteert in een stijghoogte van 0,55 m boven het grachtpeil van 21,80 m+N.A.P.



Figuur 4.3: Stijghoogte grondwater

Een eenmalige meting van de kwaliteit van het grondwater op de drie locaties geeft de volgende fosfaatconcentraties in het grondwater:

- Stadswater peilbuis Deken Hooimansingel: 0,81 mg/l;
- Stadswater peilbuis Wheme: 7 mg/l;
- Stadswater peilbuis Eibergseweg: 0,14 mg/l.

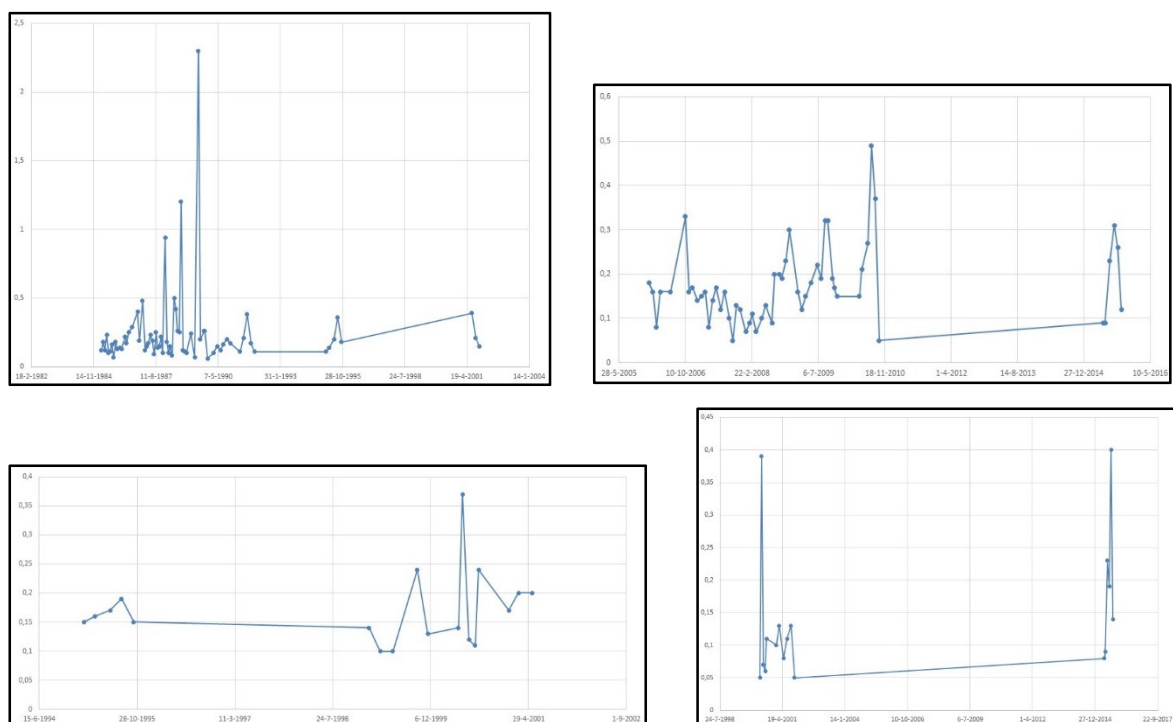
De betrouwbaarheid van een eenmalige meting, waarbij de waarden zeer ver uiteen liggen kan niet als hoog beoordeeld worden. Het gegeven dat er duidelijk hogere waarden worden gemeten dan de uitgangswaarde geeft wel de indicatie dat er een betrouwbaardere meetreeks moet worden opgesteld.

Als uitgangswaarde voor de fosfaatconcentratie is in de stoffenbalans een waarde van 0,15 mg/l aangehouden. Deze waarde komt ook overeen met de gemiddelde fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater (paragraaf 4.4.2).

4.4.2 Oppervlaktewater

Voor de bepaling van de oppervlaktewaterkwaliteit is gebruik gemaakt van de bij het Waterschap Rijn en IJssel beschikbare meetgegevens. Deze gegevens variëren in locatie, tijd en frequentie, maar geven wel een globaal beeld van de kwaliteitssituatie.

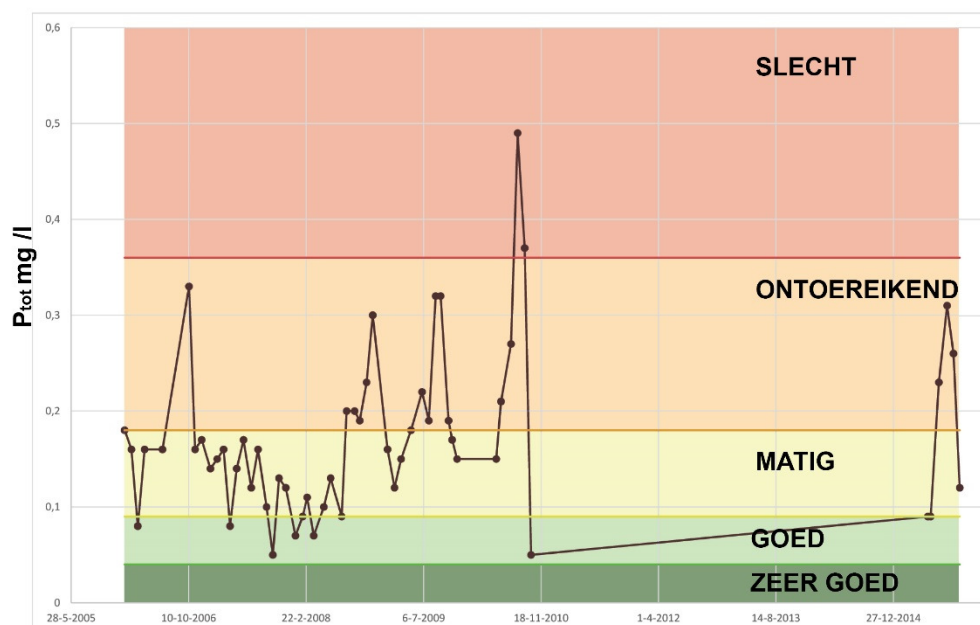
Er is een duidelijk verloop te zien in de concentraties fosfaat in het water van de Groenlose gracht. Dit is weergegeven in de grafieken binnen figuur 4.4. Als de pieken buiten beschouwing worden gelaten dan ligt de gemiddelde fosfaatconcentratie in het water rond de 0,15 mg/l.



Figuur 4.4: Fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater van de Groenlose gracht

Aangetoond is dat kwel de grootste belastingsbron is (paragraaf 5.1.5). De gracht is jaarrond drainerend ten opzichte van de kwel. Een constante kwelstroom die de fosfaatbelasting veroorzaakt resulteert in een constante, hoge fosfaatconcentratie in het water. De pieken duiden op wijzigingen in het watersysteem.

Voor het KRW watertype M11 zijn grenswaarden opgesteld ten aanzien van de algemene fysisch-chemische kwaliteitselementen (bijlage A). In grafiek 4.5 is de fosfaatconcentratie in het water van de gracht uitgezet tegenover de grenswaarden. Op basis van deze gegevens blijkt de Groenlose gracht een overwegend matige kwaliteit te hebben op het gebied van de fosfaatconcentratie met duidelijke pieken naar een slechtere toestand.



Grafiek 4.5: Kwaliteit oppervlaktewater Groenlose gracht

4.5 Veldwerkdag

Op 13 april 2015 is er in het kader van het onderzoek een veldwerkdag georganiseerd. Het beoogde doel van de veldwerkdag, de diagnosestelling en opstellen maatregelen, is niet behaald. De aanwezige informatie en kennis van het watersysteem van de Groenlose gracht bleek ontoereikend om de oorzaak van de blauwalgproblematiek vast te stellen. Het uiteindelijke resultaat van de veldwerkdag is geworden dat de deskundigen hun aanbevelingen hebben gedaan voor de verdere aanpak en voortgang van het onderzoek. Dit heeft de watersysteemanalyse opgeleverd met water- en stoffenbalans zoals uitgewerkt in onderhavig onderzoek.

4.6 Onderhoud

In 2006 is na een periode van 70 jaar de gracht voor het laatst gebaggerd. Tijdens deze baggerwerkzaamheden is de gracht gesaneerd van vervuild slib. Na deze baggerwerkzaamheden zijn er nagenoeg geen baggerwerkzaamheden meer uitgevoerd. In de gracht is hierdoor een dikke sliblaag aanwezig van 0,50 - 1,00 m. De sliblaag is ontstaan als gevolg van riooloverstort, invallend blad en maaisel.

De gracht heeft tot 2009 fontein gehad. Deze zijn verwijderd omdat deze verouderd waren en niet in het historisch beeld van de gracht zouden passen.

Een deel van de gracht is in 2014-2015 heringericht. Hierbij is het zuidoostelijke deel van de gracht verbreedt en verdiept.

4.7 Recreatief medegebruik

De Groenlose gracht heeft een zeer uiteenlopend recreatief gebruik en daarmee een maatschappelijke functie. De meest voorkomende gebruiksvormen van de gracht zijn:

- Vissen: De gracht wordt het meest intensief gebruikt door de Groenlose Hengelsport vereniging (GHV). De GHV heeft sinds haar oprichting in 1938 onafgebroken het visrecht in de Groenlose gracht¹⁰.
- Varen: De Groenlose gracht wordt sinds medio 2012 periodiek bevaren door een fluisterboot. Toeristen kunnen op deze wijze kennis maken met Groenlo en haar historie.
- Zwemmen: Met de opening van het heringerichte deel van de Groenlose gracht is een zwemwedstrijd georganiseerd. Deze zwemwedstrijd zal een jaarlijks terugkerend evenement in juni moeten worden.
- Waterspelen / Kermis: Tijdens deze evenementen wordt de gracht fysiek gebruikt in de vorm van varen, zwemmen en gebruik van water uit de gracht.
- Scouting: De scouting heeft een eigen plek aan de gracht van waaruit zij diverse activiteiten in en rondom het water organiseert.

¹⁰ www.visseningroenlo.nl

5 PRODUCTIVITEIT WATER

5.1 Waterbalans

5.1.1 Algemeen

Er is een relatie tussen de hoeveelheid water dat zich een watersysteem bevindt en de fosfaatbelasting dat het watersysteem kan hebben. Om dit voor de Groenlose gracht te bepalen is de waterbalans opgesteld.

5.1.2 Neerslag

Om een inschatting te kunnen maken van de hoeveelheid neerslag op de gracht zijn de neerslag- en verdampingsgegevens bekeken van meetstation Hupsel. Hiervoor zijn de gegevens van de jaarreeks 2003 - 2014 gebruikt. Binnen deze reeks is er een gemiddelde neerslag van 839 mm per jaar en gemiddelde verdamping van 594,9 mm per jaar. Het overzicht van de jaarreeks is terug te vinden in bijlage B.

5.1.3 Kwel

De gracht wordt gevoed door uittredend grondwater. De kwelflux kan worden berekend door het stijghoogteverschil te delen door de weerstand van de waterbodem. Het stijghoogteverschil is het verschil tussen het gemeten grondwaterpeil en de waterstand in de gracht.

De weerstand van de bodem is lastig te bepalen en kan sterk variëren per locatie. Van de waterbodem van de gracht zijn geen bruikbare gegevens beschikbaar om een goede inschatting te maken van de weerstand. Wel is er een visuele waarneming gedaan door een medewerker van de gemeente Oost-Gelre welke een indicatie geeft van de kwelflux. Tijdens werkzaamheden aan de gracht is het waterpeil van de gracht verlaagd. Bij het weer op peil brengen van de gracht zijn stuwschotten één voor één teruggeplaatst. De schothoogte is ongeveer 0,18 m en na terugplaatsing is waargenomen dat de gracht een dag later al weer overstortte. Op basis van deze waarneming is de vulsnelheid van de gracht minimaal 0,18 m per dag. Deze waarde is gebruikt om de kwelaanvoer te berekenen:

$$\text{Kwelflux} \times \text{waterbodemoppervlak} = 0,18 \text{ m/dag} \times 48300 \text{ m}^2 = 8695 \text{ m}^3/\text{dag}.$$

5.1.4 In- en uitlaten

De Groenlose gracht heeft meerdere inlaten en één uitlaat van water. De inlaten betreffen de watergang De Heuzelsgoot en de overstorten en uitstroompunten van de riolering. De riolering is als één post meegenomen binnen de waterbalans. Het onderscheid in de rioleringstypen is bijgevoegd in bijlage C. De inlaat van De Heuzelsgoot is als gevolg van periodiek droogvallen en de zeer geringe aanvoer ten op zichte van de gracht op nul gezet.

De uitlaat van de gracht is een stuw gelegen aan de noordwest kant van de gracht. Er zijn geen meetgegevens van het overstortend volume van de stuw. Binnen de waterbalans is aangehouden dat de uitstroom de resultante is van de inposten minus de verdamping.

5.1.5 Waterbalans

De resultaten van de in- en uitposten zijn weergegeven in de waterbalans voor de Groenlose gracht (tabel 5.1).

Tabel 5.1

WATERBALANS			
Water IN	Debiet (m3/jr)	Water UIT	Debiet (m3/jr)
Neerslag	40524	Verdamping	28734
Kwel	3173310	Uitstroom gracht	3257300
Riolering	74350		

5.1.6 Verblijftijd¹¹

De verblijftijd van het water in een watersysteem geeft een indicatie over welke factoren de kwaliteit van het watersysteem bepalen. Bij een korte verblijftijd ($\leq$ week) is de kwaliteit van het inkomende water bepalend voor de kwaliteit van het watersysteem. Een lange verblijftijd ($\geq$ maand) zorgt ervoor dat ecologische processen de kwaliteit van het watersysteem bepalen. Bij een verblijftijd tussen een week en een maand dient kritisch te worden gekeken wat het sturende proces van het watersysteem is.

¹¹ STOWA 2014-30: Het onderste boven

De verblijftijd voor de Groenlose gracht is berekend door het wateraanvoerdebiet te delen met het watervolume. Op basis van de opgestelde waterbalans is de verblijftijd van de gracht berekend op ongeveer 10 dagen.

De verblijftijd ligt zeer dicht bij een verblijftijd van een week. Dit betekent dat de kans aannemelijk is dat de waterkwaliteit van de Groenlose gracht bepaald wordt door de kwaliteit van het inkomende water (kwel en hemelwater).

Bestudering van de grachtprofielen¹² laat zien dat de waterdiepte in de gracht snel afneemt bij het uitstroompunt. In afbeelding 5.2 is dit vereenvoudigd weergegeven. Door opstuwing kan het zijn dat de verblijftijd in de gracht hoger ligt dan de berekende 10 dagen.



Afbeelding 5.2: Globale waterdiepte in de gracht

5.2 Stoffenbalans

In 2009 heeft de Gemeente Oost-Gelre een stadswateronderzoek laten uitvoeren. Hieruit zijn diverse bronnen naar voren gekomen welke het watersysteem met fosfaat belasten. Deze belastingsbronnen zijn als uitgangspunt gebruikt voor het opstellen van de stoffenbalans voor de Groenlose gracht. Per bron is bekeken of deze betrekking heeft op de gracht. Niet van toepassing zijnde bronnen zijn geschrapt en ontbrekende bronnen zijn toegevoegd. Dit heeft de volgende belastingsbronnen opgeleverd voor de Groenlose gracht:

- Riiooloverstorten;
- Neerslag;
- Kwel;
- Bladval;
- Maaisel;
- Watervogels voeren;
- Watervogels fecaliën;
- Lokvoer.

5.2.1 Kentallen

Voor het kwantificeren van de bijdrage van de belastingsbronnen aan de fosfaatbelasting zijn kentallen voor de belastingsconcentratie gebruikt. Deze kentallen zijn weergegeven in tabel 5.2 en nader gespecificeerd in bijlage D.

¹² Bijlagen baggerbestek

Tabel 5.2

Belastende bron	Fosfaatbelasting		Bron
Riolering (gemengd)	3,1	mg/l	emissiekentallen rapport Rioned 2009 Oppervlaktewaterkwaliteit
Riolering ((verbeterd) gescheiden)	0,26	mg/l	emissiekentallen rapport Rioned 2009 Oppervlaktewaterkwaliteit
Neerslag	0,01	g/m2 opp water	emissiekentallen rapport Rioned 2009 Oppervlaktewaterkwaliteit
Kwel	0,15	mg/l	uitvoering stadswateronderzoek Gemeente Oost-Gelre
Bladval	0,003	kg/m1 oever bedekt met bomen/jr	emissiekentallen rapport Rioned 2009 Oppervlaktewaterkwaliteit
Maaisel	0,85	g/m2	KRW-pilot Praktische bedrijfsinnovaties in de landbouw Deelproject Slootkant
Watervogels voeren	0,4	g/100 g brood	emissiekentallen rapport Rioned 2009 Oppervlaktewaterkwaliteit
Watervogels fecaliën	0,15	kg/eend/jr	emissiekentallen rapport Rioned 2009 Oppervlaktewaterkwaliteit
Vissers (lokvoer)	0,3	%/kg lokvoer	Literatuuronderzoek Invloed lokvoer op waterkwaliteit

5.2.2 Stoffenbalans

Per belastingsbron is de hoeveelheid fosfaat berekend waarmee de bron de Groenlose gracht belast. De bepaling van de fosfaatbelasting per belastingsbron is weergegeven in de stoffenbalans (tabel 5.3). Het resultaat van de stoffenbalans wordt vergeleken met de kritische belasting om de mate van de problematiek te bepalen.

Tabel 5.3

Post stoffenbalans	Hoeveelheid	P-concentratie	P-belasting	
Riolering (overstort gemengd)	1774 m3	3,1 mg/l	5,5 kg/jr	0,31 mg/m2/dag
Riolering ((verbeterd) gescheiden)	72589 m3	0,26 mg/l	18,9 kg/jr	1,07 mg/m2/dag
Neerslag	48300 m2	0,01 g/m2 opp water	0,5 kg/jr	0,03 mg/m2/dag
Kwel	8694 m3	0,15 mg/l	476,0 kg/jr	27 mg/m2/dag
Bladval	3300 m1	0,003 kg/m1 oever bedekt met bomen/jr	9,9 kg/jr	0,56 mg/m2/dag
Maaisel	13000 m2	0,85 g/m2	4,4 kg/jr	0,25 mg/m2/dag
Watervogels voeren	600 kg	0,4 g P/100 g brood	2,4 kg/jr	0,14 mg/m2/dag
Watervogels fecaliën	100 st	0,15 kg/eend/jr	15,0 kg/jr	0,85 mg/m2/dag
Vissers (lokvoer)	1370 st	0,003 kg P/ kg lokvoer	4,1 kg/jr	0,23 mg/m2/dag
Totaal			536,68 kg/jr	30,44 mg/m2/dag

5.2.3 Kritische belasting

Een eerste globale indicatie van de kritische fosfaatbelasting op het watersysteem is gemaakt met PCDitch (bijlage E). Op basis van de ingevoerde gegevens (tabel 5.4) is de kritische fosfaatbelasting berekend op 6,18 mg P/m2/dag.

Tabel 5.4

Input	Waarde	Eenheid
Waterdiepte	2.00	meter
Bodemtype	Zand	
Debiet	190	mm/dag
Output		
Kritische fosfaatbelasting	6,18	mg P/m2/dag

Als we de kritische fosfaatbelasting vergelijken met de fosfaatbelasting valt op dat de fosfaatbelasting de kritische waarde flink overschrijdt. Hierbij is kwel de voornaamste fosfaatleverancier. In hoofdstuk 7 zal hier nader op in worden gegaan.

6 PRODUCTIVITEIT WATERBODEM

6.1 Algemeen

Onder nalevering wordt verstaan de verplaatsing van fosfaat van de waterbodem naar de waterkolom. Nalevering van de bodem ontstaat vaak wanneer er na een periode van hoge fosfaatbelasting veel fosfaat in de bodem is opgeslagen.

6.2 Fosfaatbelasting waterbodem

6.2.1 Sliblaag

Sliblagen kunnen een belangrijke bron van fosfaat vormen. In de Groenlose gracht zijn dikke tot zeer dikke sliblagen aanwezig. Deze variëren van 0,50 tot 1,00 m dikte met plaatselijk diktes van 1,50m. Bemonstering van het slib door WRIJ laat zien dat er op diverse plekken een groot percentage organisch materiaal aanwezig is door bladval en maaisel. Van de 42 metingen overschrijden 21 metingen de gangbare waarde 3-4% organisch materiaal. De overschrijdingen variëren van 4,50% tot 23,85%¹³. Ter vergelijking: bij veenbodems wordt uitgegaan van >30% organisch materiaal.

De locaties van de monsternamenpunten zijn niet meer bekend binnen WRIJ. Het is hierdoor niet mogelijk de locaties met (extreem) hoge organisch materiaal percentages in beeld te brengen.

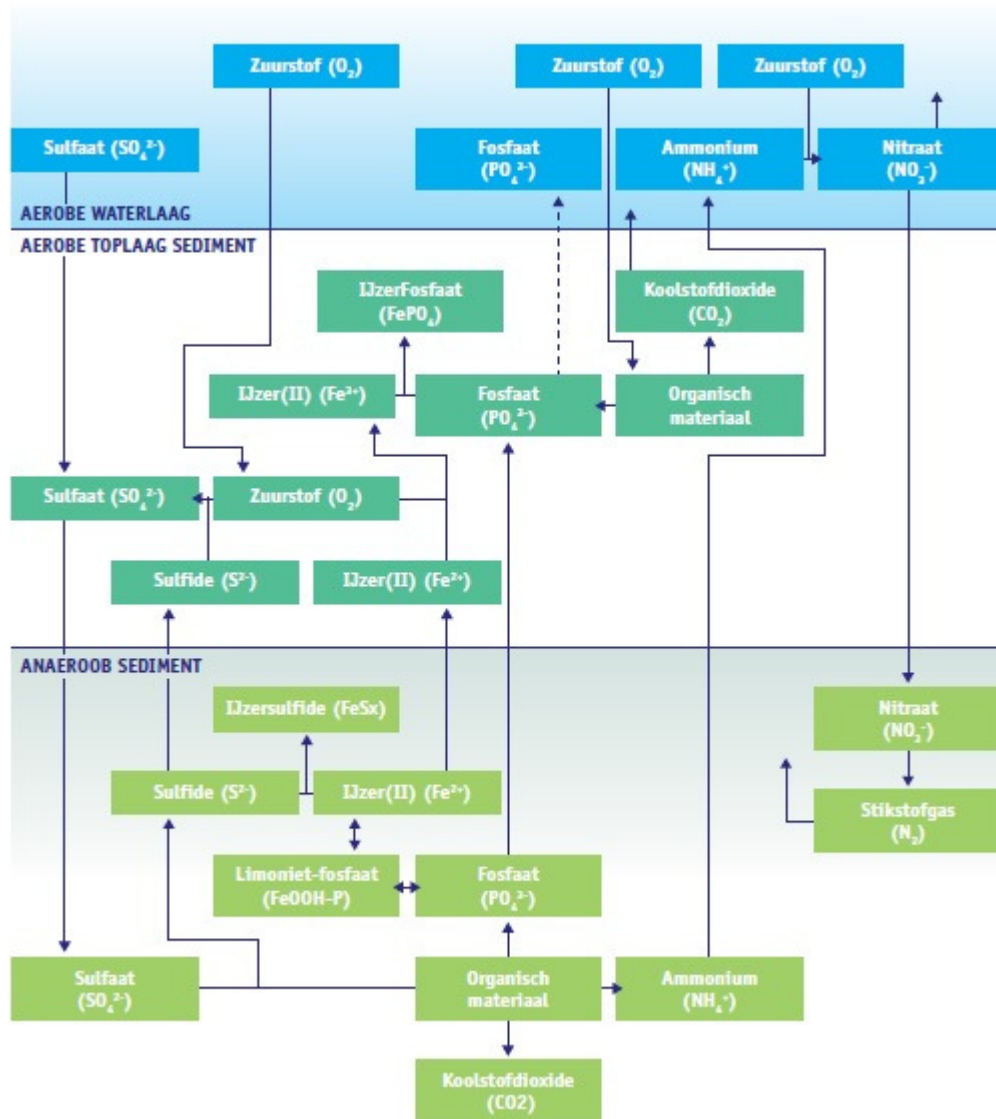
6.2.2 Wijze van nalevering

De Groenlose gracht wordt gevoed door fosfaatrijke kwel. De kwel is de voornaamste veroorzaker van de hoge concentratie fosfaat in de water. Het is onduidelijk of er naast de kwel ook een constante nalevering van fosfaat uit de waterbodem plaatsvindt. Er is wel vastgesteld dat er duidelijke pieken zijn in de fosfaatconcentratie in het water (paragraaf 4.4). Deze pieken worden naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door nalevering uit de waterbodem.

Het onderzoekscentrum B-Ware heeft in 2015 onderzoek gedaan naar de waterbodemkwaliteit van het buitengebied binnen het beheersgebied van het Waterschap. Hieruit komt naar voren dat de waterbodems een voldoende hoog ijzergehalte bevat om binding van sulfide en fosfaat aan te gaan. Concurrent voor de binding met ijzer is sulfide. Sulfide bindt met ijzer en is dan niet langer beschikbaar voor binding met fosfaat. Bij het toepassen van de bevindingen uit het waterbodemonderzoek uit 2015 door B-Ware dan heeft de waterbodem een voldoende Fe/P-ratio om de fosfaatconcentratie op een vrij stabiel peil te houden. De randvoorwaarde hiervoor is dat de zuurstofhuishouding op orde is.

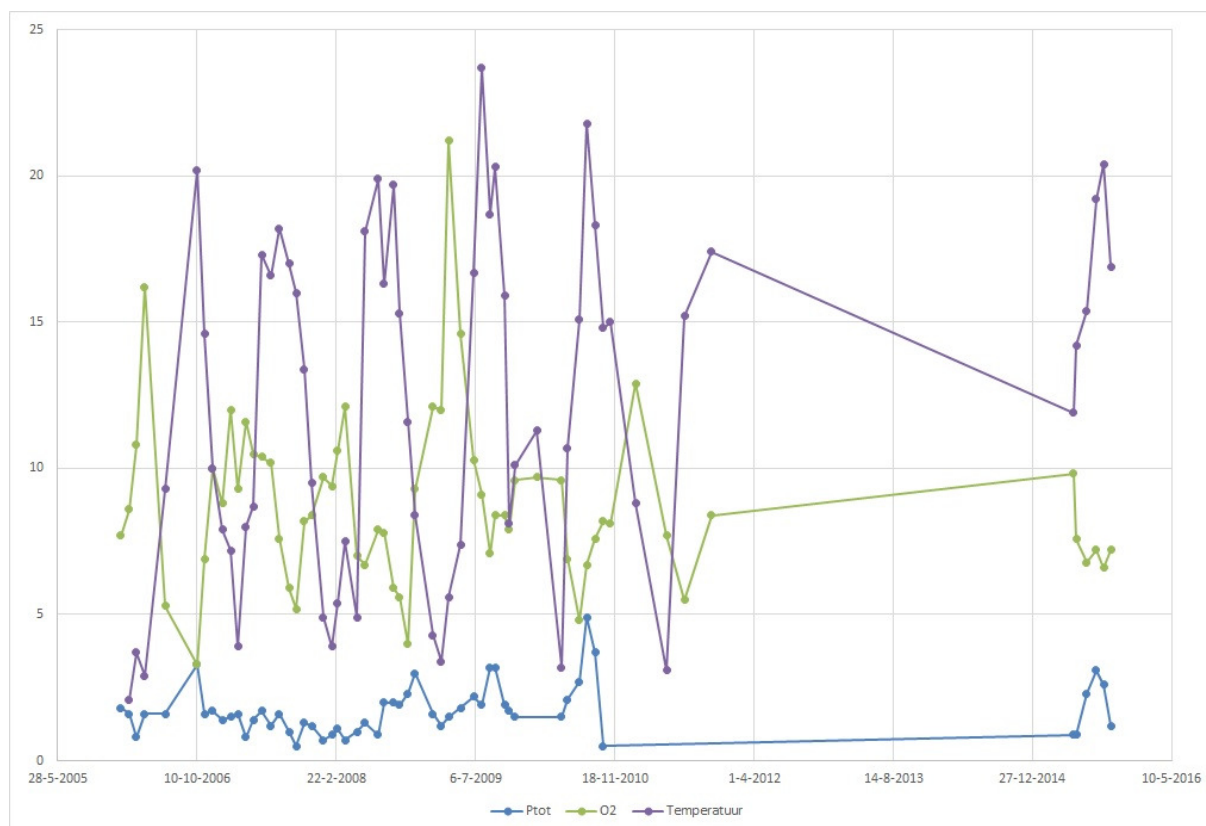
Bij de binding van fosfaat spelen ijzer en waterplanten een grote rol. Gezien er nauwelijks waterplanten zijn in de gracht betekend dat het ijzer de fosfaatbindende rol heeft binnen de gracht. De mate waarin binding plaatsvindt is afhankelijk van de hoeveelheid beschikbaar ijzer en de zuurstofhuishouding. Onder aerobe omstandigheden is ijzer aanwezig in geoxideerde vorm. In geoxideerde toestand is ijzer goed in staat fosfaat te binden. Onder anaerobe omstandigheden neemt het fosfaatbindend vermogen van ijzer sterk af. De fosfaattnalevering zal hoger zijn naarmate in het sediment en het poriewater de Fe/P ratio lager is en de fosfaatconcentratie hoger is. Er is een toename van de nalevering van fosfaat naar de waterlaag bij een Fe/P ratio lager dan 5. De nalevering van P naar de waterlaag blijkt echter zeer sterk toe te nemen wanneer de Fe/P ratio in het porievocht lager wordt dan 1.

¹³ Waterbodemonderzoek Groenlo



Afbeelding 6.1: water-bodem interactie

Pieken in de stijging van de fosfaatconcentratie gaan gepaard met een daling van het zuurstofgehalte in het water van de gracht. In grafiek 6.2 zijn de concentraties van fosfaat en zuurstof uitgezet tegenover de temperatuur van het water. De fosfaatgehalten in de grafiek zijn met een factor 10 verhoogd om de fluctuatie in beeld te brengen. De grafiek laat duidelijk zien dat bij een stijgende watertemperatuur het zuurstofgehalte in het water daalt en de fosfaatconcentratie stijgt. Bij de fosfaatpieken valt er op basis van het bindend vermogen van ijzer een directe relatie te leggen met een verlaagde zuurstofconcentratie in het water.



Grafiek 6.2: Verhouding tussen P, O2 en de temperatuur

Bij de effecten van de zuurstofconcentratie moet rekening gehouden worden met effecten van temperatuur. Bij hogere temperaturen warmt het slib van de waterbodem op wat de biologische en chemische reacties stimuleert. De afbraak van organisch materiaal, een zuurstof consumerend proces, verloopt namelijk sneller bij hogere temperatuur (optimum bij ongeveer 25°C).

6.2.3 Fosfaatbelasting

Om een inschatting te kunnen maken van de nalevering heeft de STOWA een quickscantool¹⁴ ontwikkeld. Hierbij wordt op basis van metingen van de totaalgehalten P, S, Fe in het porievocht van de toplaag van de waterbodem de actuele nalevering berekend. Deze gegevens zijn voor de waterbodem van de Groenlose gracht niet beschikbaar.

Voor de nalevering van de waterbodem is een aanname gedaan op basis van een in 2015 door B-Ware uitgevoerd waterbodemonderzoek¹⁵. Hierin is berekend dat de nalevering varieert tussen 0,2 en 1 mg/m²/dag. Dit levert de volgende fosfaatbelasting op voor het de Groenlose gracht:

Gemiddeld: 48300 m² waterbodem x 0,5 mg P/m²/dag = 8,8 kg P/jaar

Met het toevoegen van de fosfaatbelasting uit de nalevering van de waterbodem is de stoffenbalans volledig (tabel 6.3).

Tabel 6.3

Post stoffenbalans	Hoeveelheid	P-concentratie	P-belasting	
Riolering (overstort gemengd)	1774 m ³	3,1 mg/l	5,5 kg/jr	0,31 mg/m ² /dag
Riolering ((verbeterd) gescheiden)	72589 m ³	0,26 mg/l	18,9 kg/jr	1,07 mg/m ² /dag
Neerslag	48300 m ²	0,01 g/m ² opp water	0,5 kg/jr	0,03 mg/m ² /dag
Kwel	8694 m ³	0,15 mg/l	476,0 kg/jr	27 mg/m ² /dag
Waterbodem nalevering	48300 m ²	0,5 mg/m ² /dag	8,8 kg/jr	0,5 mg/m ² /dag
Bladval	3300 m ¹	0,003 kg/m ¹ oever bedekt met bomen/jr	9,9 kg/jr	0,56 mg/m ² /dag
Maaisel	13000 m ²	0,85 g/m ²	4,4 kg/jr	0,25 mg/m ² /dag
Watervogels voeren	600 kg	0,4 g P/100 g brood	2,4 kg/jr	0,14 mg/m ² /dag
Watervogels fecaliën	100 st	0,15 kg/eend/jr	15,0 kg/jr	0,85 mg/m ² /dag
Vissers (lokvoer)	1370 st	0,003 kg P/ kg lokvoer	4,1 kg/jr	0,23 mg/m ² /dag
Totaal			545,50 kg/jr	30,94 mg/m²/dag

¹⁴ STOWA-rapport 2012-40: Baggenut

¹⁵ B-Ware onderzoeksrapport onderwaterbodems

7 SYNTHESE PRODUCTIVITEIT WATER(BODEM)

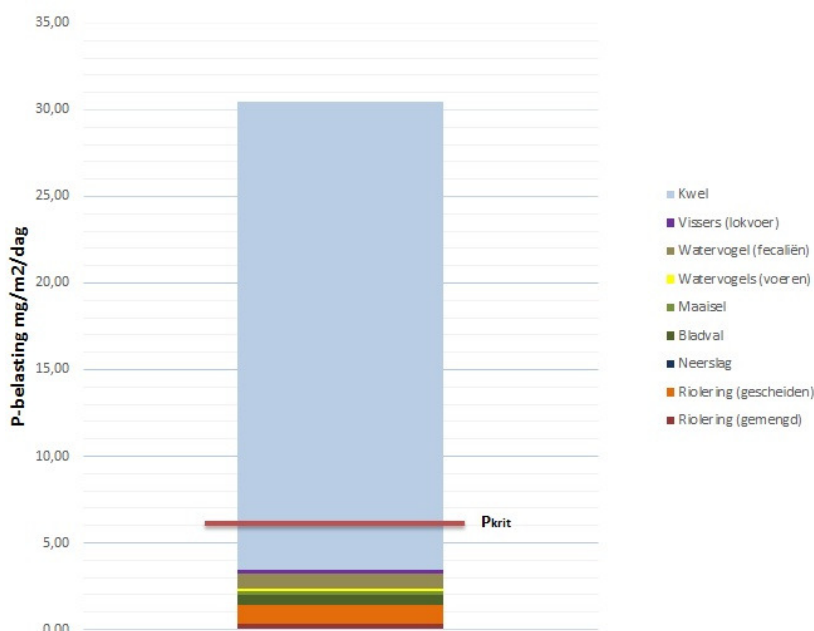
7.1 Opbouw synthese

Zoals in paragraaf 2.4 wordt genoemd, is het watersysteem van de Groenlose gracht geanalyseerd volgens de Ecologische Sleutelfactoren. Hierbij is de nadruk gelegd op de Ecologische Sleutelfactoren 1 (productiviteit water) en 3 (productiviteit waterbodem). Per ESF zijn de resultaten beschreven en is de diagnose gesteld. De diagnosestelling per ESF is op basis van de stoplichtmethodiek¹⁶. De stoplichtmethodiek volgt de hiërarchie van de Ecologische Sleutelfactoren en zet het stoplicht op rood wanneer niet voldaan wordt aan de voorwaarden van de desbetreffende ESF. Wordt aan de voorwaarden van de ESF voldaan dan gaat het stoplicht op groen en kan naar de volgende ESF worden gegaan.

7.2 Uitwerking synthese

7.2.1 Productiviteit water (ESF 1)

Voorwaarde voor het goed functioneren van de Ecologische Sleutelfactor: productiviteit water is dat de externe fosfaatbelasting niet hoger mag zijn dan de kritische fosfaatbelasting. Het vergelijken van de kritische belasting van de Groenlose gracht met van de fosfaatbelasting op de gracht geeft duidelijk weer dat de kritische waarde ruimschoots overschreden wordt. Hierbij is kwel de hoofdveroorzaker. Dit is weergegeven in figuur 7.1.

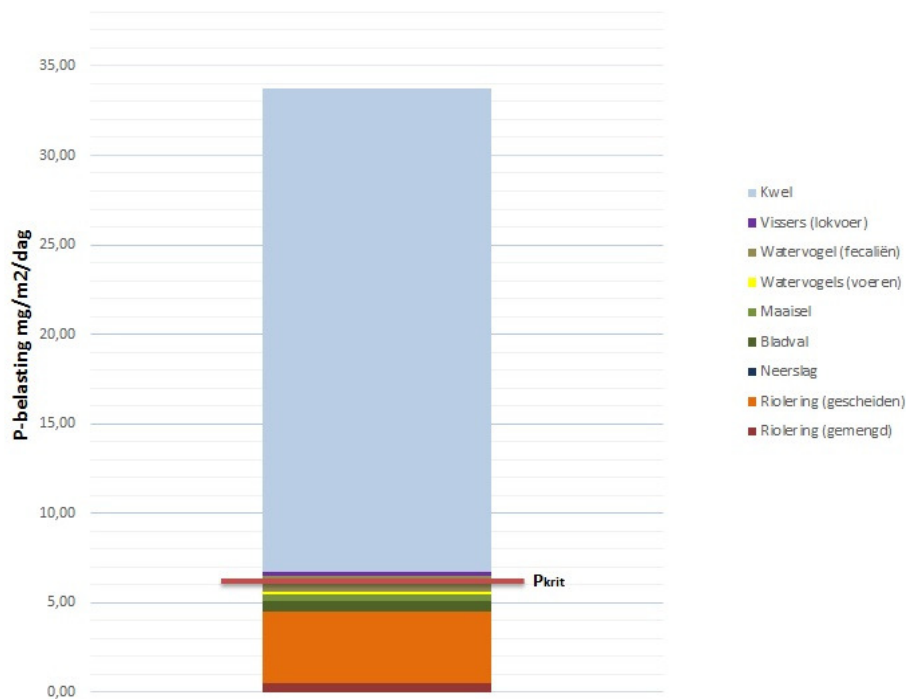


Figuur 7.1: Belasting met gemiddelde fosfaatconcentraties

Bij het wegvallen van de fosfaatbelasting door de kwel ligt de totale externe fosfaatbelasting op de gracht ruim onder de kritische belasting.

Er zijn echter veel onzekerheden in de waarden van de fosfaatconcentraties van de belastende bronnen. Om onderschattingen in de fosfaatconcentraties te beperken is van de belastende bronnen ook de maximale fosfaatbelasting uitgezet. Dit voor de bronnen waarvan een maximale waarde van de fosfaatconcentratie voorhanden was. De resultaten zijn uitgezet in figuur 7.2.

¹⁶ Waternet: De stoplichtenmethodiek



Figuur 7.2: : Belasting met maximale fosfaatconcentraties

De verhoging van de fosfaatconcentraties brengt duidelijk naar voren dat op de gracht lozend hemelwater ook een grote fosfaatbron kan zijn. De overige externe bronnen voegen in vergelijking met de kwel en het hemelwater relatief weinig toe aan de fosfaatbelasting van de gracht.

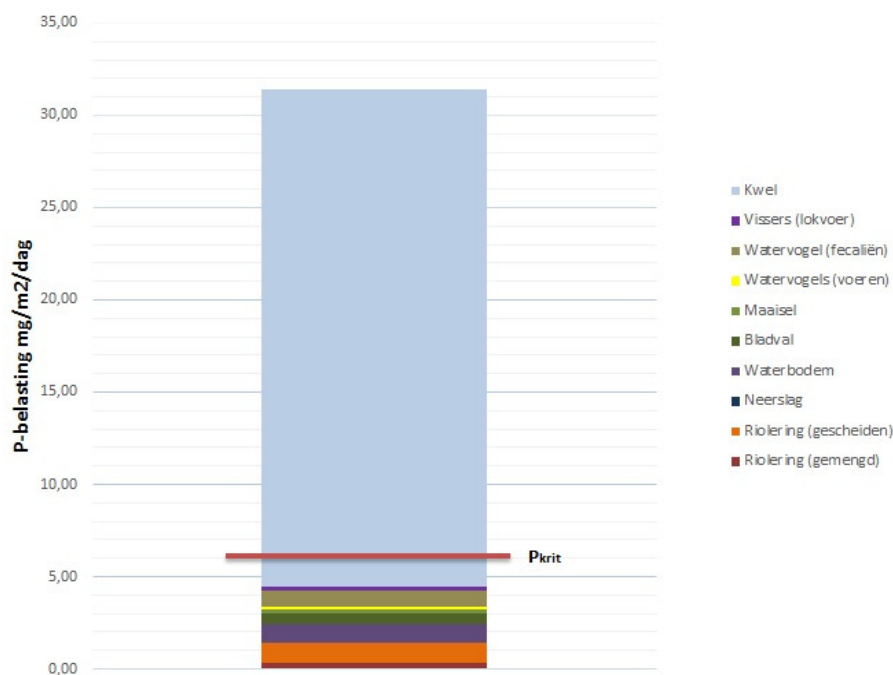
Voor de Ecologische Sleutelfactor is de volgende diagnose gesteld:

De externe fosfaatbelasting ligt ver boven de kritische belasting. Hiermee wordt niet aan de gestelde voorwaarde voldaan en staat het stoplicht voor ESF 1 op rood.

7.2.2 Productiviteit waterbodembodem (ESF 3)

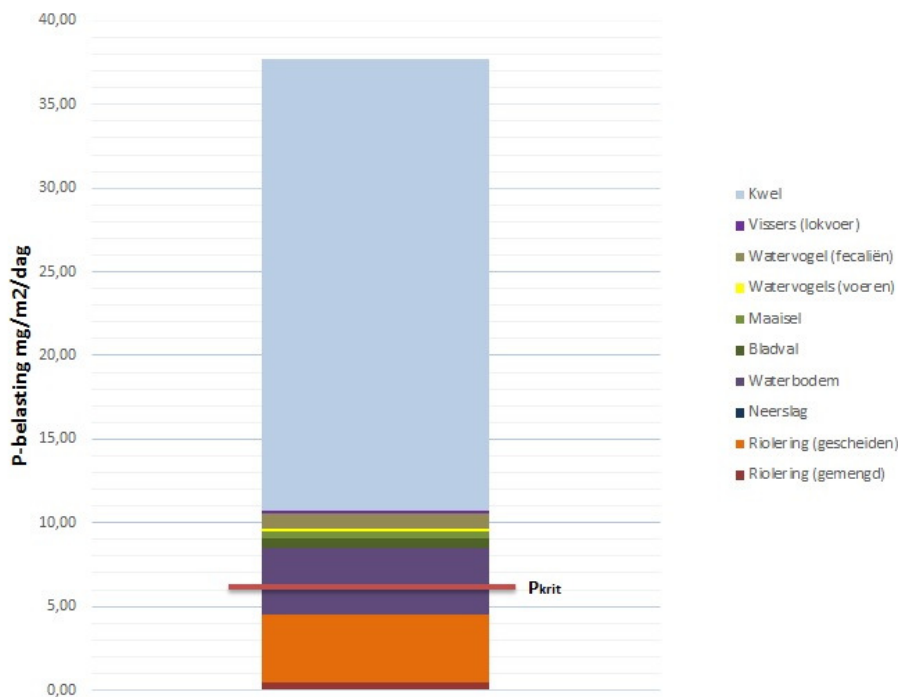
Voorwaarde voor het goed functioneren van de Ecologische Sleutelfactor: productiviteit waterbodembodem is dat de hoeveelheid fosfaat in de bodem niet te hoog mag zijn. Een hoge hoeveelheid fosfaat in de bodem kan leiden tot een hoge nalevering van fosfaat.

De dikke sliblaag in de Groenlose gracht is een nog niet bewezen knelpunt in de fosfaatbelasting. Dit komt omdat de benodigde gegevens om de nalevering van de waterbodembodem te kunnen bepalen niet voorhanden zijn. In vergelijking met de overige bronnen (figuur 7.3) is te zien dat de waterbodembodem een relatief hoge fosfaat leverende bron is.



Figuur 7.3: Totale fosfaatbelasting inclusief nalevering waterbodern

De nalevering van de waterbodern in figuur 7.3 is op basis van 1,0 mg/m²/dag uit het onderzoek van B-Ware. Aangezien de gracht een zeer dikke sliblaag heeft, met percentages organische stof oplopend tot meer dan 20%, kan 1,0 mg/m²/dag een onderschatting van de werkelijke nalevering zijn. Een nalevering van bijvoorbeeld 4,0 mg/m²/dag geeft een totaal ander beeld van de impact die de waterbodern op het watersysteem heeft (figuur 7.4). Nalevering van de waterbodern kan, naast de kweil en hemelwaterafvoer, zeer



Figuur 7.4: Totale fosfaatbelasting met verhoogde naleveringf waterbodern

sterk bijdragen aan de hoge fosfaatconcentraties in de water van de Groenlose gracht.

Voor de Ecologische Sleutelfactor is de volgende diagnose gesteld:

De hoeveelheid fosfaat in de waterbodem is niet bekend en daarmee ook de nalevering van de waterbodem niet. Zolang de fosfaatconcentratie en nalevering niet bekend zijn staat het stoplicht voor ESF 3 op rood.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Factoren van fosfaatbelasting

Op basis van het onderzoek kan worden gesteld dat de Groenlose gracht op het gebied van de fosfaathuishouding een matige waterkwaliteit heeft. De concentratie van fosfaat in het oppervlaktewater is veel te hoog. De huidige fosfaatconcentratie is ongeveer 0,15 mg/l terwijl een waarde van $\leq 0,09$ mg/l benodigd is voor een goede waterkwaliteit (paragraaf 4.4.2). De hoge fosfaatconcentratie wordt voornamelijk veroorzaakt door drie bronnen:

- Kwel;
- Lozing van afgekoppeld hemelwater;
- Nalevering van de waterbodem.

De bovengenoemde bronnen zijn weliswaar aangetoond als hoge fosfaat belastende bronnen, maar ze bevatten onzekerheden. Deze onzekerheden zullen per bron behandeld worden.

8.1.1 Kwel

Het kwelwater heeft een hoge fosfaatconcentratie zoals is gebleken uit een eenmalige meting (paragraaf 4.4.1). De betrouwbaarheid van deze eenmalige meting waarbij de waarden zeer ver uiteen liggen kan niet als hoog beoordeeld worden. Het binnen het onderzoek aangehouden kengetal voor de fosfaatbelasting van de kwel is zeer algemeen van aard. Het kan zijn dat de fosfaatconcentratie in de kwel een onderschatting is.

Met kwel als watervoedende bron van de Groenlose gracht is de kwelflux van invloed op de verblijftijd. De kweldruk neemt af in noordelijke richting (paragraaf 4.3). De peilbuizen die zijn geplaatst lopende het onderzoek geven geen jaarrond beeld van de kwelaanvoer. De kwelaanvoer is theoretisch bepaald en kan afwijken en mogelijk fluctueren. Op het moment dat de verblijftijd in de gracht hoger wordt kan de fosfaatconcentratie oplopen. Stagnatie van beweging in de waterkolom is één van de voorwaarden die blauwalg stelt om te kunnen groeien. Op dit moment is er nog geen relatie te leggen tussen een blauwalgengroei en verminderde kweldruk.

8.1.2 Hemelwater

Er is binnen Groenlo veel hemelwater afgekoppeld dit water loost op de gracht. De totale hoeveelheid van het afgekoppeld oppervlak is nog niet volledig. De gemeente Oost-Gelre is bezig met de actualisatie van het Basis Rioleringsplan. Afhankelijk van de fosfaatconcentratie is het afgekoppeld hemelwater wel of geen grote belastende bron (paragraaf 7.2.1).

8.1.3 Nalevering waterbodem

Van de waterbodem zijn te weinig gegevens bekend om een goede uitspraak te doen over de mate van fosfaatbelasting op het watersysteem. Het gebruik van de onderzoeksgegevens uit het waterbodemonderzoek van B-ware kan een onderschatting zijn, doordat er in de Groenlose gracht een afwijkende situatie is. Om de naleveringsflux te kunnen berekenen is het totaal-P, Fe en S in het poriewater benodigd. De goede inschatting kan vervolgens gemaakt worden met de quickscan van de STOWA. Het gebruik van de quickscan en de wijze van het verkrijgen van de benodigde gegevens is beschreven in het STOWA-rapport Baggernut. Jarenlange opeenhoping van vallend blad en maaisel in de gracht heeft een dikke sliblaag opgeleverd. De samenstelling en kwaliteit van de sliblaag is niet bekend. De resultaten uit paragraaf 7.2.2 laten zien dat de waterbodem een grote bron van fosfaat is of kan worden.

Als we de metingen van de fosfaatconcentratie van de kwel vergelijken met die van het oppervlaktewater dan zit daar een groot concentratieverschil tussen. De concentraties van het grondwater bereiken het oppervlaktewater niet. Fosfaat wordt voor groot gedeelte gebonden voordat het in het oppervlaktewater komt. Waar deze binding plaatsvindt, in de vaste bodem of sliblaag, en wat de relatie tussen het slib en de vaste bodem is niet bekend. Het kan zijn dat de sliblaag weerstand geeft aan de sliblaag waardoor de vaste ondergrond fosfaat kan binden.

8.1.4 Temperatuur en zuurstof

Bij aanhoudende warmte neemt de temperatuur in het oppervlakte toe. Hierdoor warmt ook de waterbodem op. De verhoogde temperatuur versnelt de afbraak van organisch materiaal. Dit zuurstofconsumerende proces zorgt voor een daling van het zuurstofgehalte in het oppervlaktewater. Een laag zuurstofgehalte of zelfs zuurstofloosheid vermindert de fosfaatbindende werking van ijzer. Een te laag zuurstofgehalte kan ook leiden tot vissterfte.

De opgezette metingen geven op dit moment wel de verwachte resultaten: Een stijgende temperatuur laat het zuurstofgehalte dalen waardoor de fosfaatconcentratie stijgt. Of er verder duidelijke patronen of relaties met bijvoorbeeld verblijftijd of locatie in de gracht zijn is nog niet vast te stellen.

8.1.5 Aanbevelingen

Lopende het onderzoek zijn er metingen opgestart om inzicht te krijgen in het watersysteem. Door de korte meettijd zijn er nog geen conclusies te trekken over bepaalde patronen in het watersysteem. De gedane metingen kunnen op het moment van aflezen een valse weergave van de werkelijkheid afgeven. Extremen in de metingen zijn nog niet uit te sluiten.

Het is aan te bevelen de metingen voort te zetten om een meerjaren reeks te generen waarmee extremen eruitgefilterd worden. Hierdoor ontstaat er een goed totaalbeeld ontstaat van de werking van het watersysteem van de gracht. Voor het treffen van een duurzame aanpak van de blauwalgproblematiek is dit essentieel.

Onderdeel	Onzekerheden / onvolledigheden	Advies
Kwel	Fosfaatconcentratie in de kwel	Frequente monitoring van de fosfaatconcentraties in de kwel zodat meer inzicht wordt verkregen in de gemiddelde fosfaatbelasting uit de kwel.
Kwel	Kwelflux is beperkt gemeten	Breng het verloop van de kwelaanvoer en afvoer jaarrond in beeld, zodat een mogelijke relatie met blauwalggroei gelegd kan worden.
Hemelwater	Fosfaatconcentratie van het hemelwater niet bekend	Voer metingen uit om een goed beeld te krijgen van de fosfaatconcentraties in het hemelwater welke lozen op de gracht, zodat kan worden bepaald hoe groot de fosfaatbelasting werkelijk is.
Hemelwater	Afgekoppeld oppervlak niet volledig vastgesteld	Houd contact met de gemeente Oost-Gelre over de vorderingen van het BRP. Zodra bekend is hoeveel hemelwater op de gracht loost kan er een betere inschatting van de fosfaatbelasting gemaakt worden.
Waterbodem	Naleveringsflux is niet bekend	Bemonster de waterbodem op basis van de quickscan uit Baggernut op totaal-P, Fe en S in het poriewater, zodat de naleveringsflux bepaald kan worden.
Waterbodem	Samenstelling sliblaag onbekend	Bemonster de sliblaag om de samenstelling hiervan vast te stellen. Er zijn zijn hoge organische stof percentages gemeten. Het localiseren van deze plekken brengt de knelpunten beter in beeld.
Waterbodem	Samenstelling vaste bodem onbekend	Bemonster de vaste bodem zodat er een uitspraak gedaan kan worden over het fosfaatbindend vermogen en weerstand m.b.t. de kwelflux.
Waterbodem	Mate van slibvorming onbekend	Meet het grachtprofiel in voor de actuele situatie, zodat de slibaanwas gemonitord kan worden. Mogelijke onderhoudswerkzaamheden kunnen dan beter bepaald worden.
Temperatuur en zuurstof	Korte meetreeks	Blijft de temperatuur en het zuurstofgehalte in combinatie met fosfaat en blauwalg, zodat relaties en patronen inzichtelijk worden.
Ecologische Sleutelfactoren	Beperkt onderzoek	Onderzoek de ESF 2, 4, 6 en 7 om de gevolgde methodiek en watersysteemanalyse volledig af te kunnen ronden.

8.2 Mogelijke maatregelen

De drie belastende bronnen welk in het onderzoek naar voren gekomen zijn geven een indicatie in welke richting gezocht kan worden om de blauwalgproblematiek op te lossen. Een korte beschrijving van de mogelijke maatregel is hier beschreven. Volledig inzicht in het watersysteem blijft noodzakelijk om te bepalen of een maatregel doeltreffend en/of toepasbaar is. Mogelijke maatregelen waaraan gedacht kan worden om het effect van de belastende bronnen tegen te gaan zijn:

Maatregel	Doel	Omschrijving	Effect	Opmerkingen
Baggeren	Verminderen nalevering fosfaat	Verwijderen van de aanwezige sliblaag	De nalevering van de waterbodem neemt af doordat de voedselrijke laag is verdwenen	- Er vindt een verdieping van de gracht plaats - De kwelflux kan wijzigen - De nieuwe toplaag kan negatieve invloeden hebben op de waterkwaliteit
Afzanden	Afdekken voedselrijke laag	Aanbrengen nieuwe bodemlaag van 20-50 cm	De bodemstructuur verstevigd en verminderd opwerveling. De water-bodem interactie verminderd waarmee de naleveringsflux daalt	- Niet elk type zand is geschikt - De stroomsnelheid van het water mag niet te hoog zijn - Periodiek onderhoud is niet wenselijk - Verondieping van de waterlichaam
IJzersuppletie	Binding fosfaat	Inbrengen van ijzer in de bodem	Een verhoogde Fe/P-ratio bind meer fosfaat en verlaagd de naleveringsflux	- De zuurstofhuishouding moet op orde zijn - Het water kan licht verzuren - Naast ijzer zijn er ook andere fosfaatbindende stoffen
Warmtewinning uit oppervlaktewater	Verlagen watertemperatuur	Aanbrengen van een warmteonttrekkend systeem in de gracht	De watertemperatuur daalt waardoor de water-bodem interactie verminderd waarmee de naleveringsflux daalt	- Locatie voor opslag nodig - Warmteafnemers nodig - Kans op verstoppingen door bladval, zwerfvuil
Zuurstof toevoegen	Verhogen of op peil houden zuurstofgehalte	Er zijn diverse middelen om zuurstof in het oppervlaktewater te brengen	Een voldoende hoog zuurstofgehalte in het water zorgt voor een functionerende 'ijzerval'	- Diverse methoden dienen uitgezocht te worden en beoordeeld op toepasbaarheid

9 REFERENTIES

- 1) Website statistieken gemeente Oost-Gelre, <http://www.oozo.nl/cijfers/oost-gelre>;
- 2) Luchtfoto Groenlo, Waterschap Rijn en IJssel (2014);
- 3) Website Programma Stad Groenlo, <http://www.stadgroenlo.nl/>;
- 4) N. von Meijenfeldt, L. Moria, M. Ouboter, S. Schep, B. van der Wal, T. van der Wijngaart, STOWA-rapportnummer 2014-19: Ecologische Sleutelfactoren, ISBN 978.90.5773.646.9, Amersfoort, mei 2014;
- 5) M. Lurling, H. van Dam, STOWA-rapportnummer 2009-43: De biologie en risico's van cyanobacteriën, Blauwalgen: Giftig Groen, ISBN 978.90.5773.466.3, Utrecht, november 2009;
- 6) K. Wolfstein, M. Roukema, Blauwalgen: cyanobacteriën, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, 2002;
- 7) Onderhoudsbaggeren Groenlo, Bestek WRIJ-2005-042;
- 8) M. Lurling, Wageningen UR, Presentatie Blauwalgen, 13 april 2015, Groenlo;
- 9) STOWA-rapportnummer 2007-32B: Referenties en Maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water: Aanvullingen kleine typen, ISBN 978.90.5773.383.3, december 2007;
- 10) Website Groenlose Hengelsportvereniging, www.visseningroenlo.nl;
- 11) I. van Gogh, STOWA-rapportnummer 2014-30: Het onderste boven, ISBN 978.90.5773.655.0, Amersfoort, september 2014;
- 12) Bijlagen Onderhoudsbaggeren Groenlo, Bestek WRIJ-2005-042;
- 13) Waterbodemonderzoek Groenlo, r01-75218.4-aho, 28 september 2005;
- 14) STOWA-rapport 2012-40: Baggernut, maatregelen baggeren en nutriënten, ISBN 978.90.5773.582.0, Amersfoort, 2012;
- 15) F. Smolders, J. Roelofs, E. Lucassen, B-WARE rapportnummer 2015.48: De onderwaterbodem in relatie tot de ontwikkeling van waterplanten in watergangen van het beheergebied van Waterschap Rijn en IJssel, 30 november 2015;
- 16) S. Schep, L. Moria, G. van Geest, M. Ouboter, Waternet De stoplichtenmethodiek: toepassing in stilstaande wateren, 22 februari 2011;
- 17) Website KNMI, <http://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>
- 18) Roelofs Advies en Ontwerp BV, Herberekening Groenlo, Onderzoek maatregel tbv basisinspanning, 31 mei 2011
- 19) H. Aalderink, J. Langeveld, E. Liefding, A. de Weme, Stichting RIONED, Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies? Vergelijkende analyse van vervuilingbronnen en maatregelen aan het afvalwatersysteem, beoordeeld op hun effect op de kwaliteit van diverse oppervlaktewateren, ISBN: 97.890.73645.257, januari 2009
- 20) Neelen & Schuurmans, Uitvoering stadswateronderzoek Gemeente Oost-Gelre, april 2009
- 21) A.J. van der Wal, J.L. Lommen, H.J. den Hollander, W. Tolkamp, CLM 774 - 2011, KRW-pilot Praktische bedrijfsinnovaties in de landbouw, Deelproject slootkant, CLM Onderzoek en Advies BV, Culemborg, december 2011
- 22) W.A.M. van Emmerik, J.S. Peters, Invloed lokvoer op waterkwaliteit, Sportvisserij Nederland, Bilthoven, 18 december 2009
- 23) Metamodel PCDitch, <http://themasites.pbl.nl/modellen/pcditch/index.php>

Bijlage A: Kwaliteitsnormen fosfaat

De onderstaande tabel voor de bepaling van de grenswaarden voor de kwaliteitsbepaling op het gebied van fosfaat voor het watertype M11 is afkomstig uit het STOWA rapport 2007-32B Referenties en maatlatten voor de natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water, Aanvullingen kleine typen

TABEL F NUTRIENTEN

		Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend	Slecht
(M14), M5, M11,	mg P/l *	≤ 0,04	≤ 0,09	0,09 – 0,18	0,18 – 0,36	> 0,36
M22, M25	mg N/l	≤ 1,0	≤ 1,3	1,3 – 1,9	1,9 – 2,6	> 2,6
(M21), M16, M18,	mg P/l *	≤ 0,04	≤ 0,07	0,07 – 0,14	0,14 – 0,28	> 0,28
M24, M28	mg N/l	≤ 1,0	≤ 1,3	1,3 – 1,9	1,9 – 2,6	> 2,6
(M12) M13, M17,	mg P/l *	≤ 0,03	≤ 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40	> 0,40
M26	mg N/l	≤ 0,7	≤ 2	2 – 2,6	2,6 – 3,8	> 3,8
(R4), R3, R9, R11	mg P/l *	≤ 0,05	≤ 0,12	0,12 – 0,24	0,24 – 0,36	> 0,36
	mg N/l	≤ 3	≤ 4	4 – 8	8 – 12	> 12
(R5) R10	mg P/l *	≤ 0,06	≤ 0,14	0,14 – 0,19	0,19 – 0,42	> 0,42
	mg N/l	≤ 3	≤ 4	4 – 8	8 – 12	> 12
(M12) R1, R2	mg P/l *	≤ 0,03	≤ 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40	> 0,40
	mg N/l	≤ 0,7	≤ 2	2 – 2,6	2,6 – 3,8	> 3,8

* voor de meeste watertypen geldt fosfor als het groeilimiterende nutriënt en dus als werknorm, voor M30, M31, M32, O2, K1, K2 en K3 geldt dat voor stikstof. De norm voor het andere nutriënt mag niet worden overschreden, indien daarmee doelbereik in andere waterlichamen in gevaar komt.

** de waarden voor O- en K-typen, alsmede voor M32, zijn DIN winterwaarden (dec t/m feb) bij een saliniteit van 30 of hoger. Bij een lagere saliniteit geldt voor stikstof: norm (mg/l) = 2,59 – 0,071*saliniteit.

Bijlage B: Neerslagreeks

Groenlo valt binnen het meetgebied van het meetstation Hupsel. Om een inschatting te maken van de hoeveelheid neerslag zijn de meetreeksen van de periode 2003 - 2014 bekeken

De gebruikte gegevens zijn afkomstig uit het Maandoverzicht Neerslag en Verdamping in Nederland (MONV) van het KNMI¹⁷

NEERSLAGGEVENS WEERSTATION HUPSEL		
	Neerslag (mm)*	Verdamping (mm)**
2003	728,1	642,7
2004	847,5	574,5
2005	894,8	597,9
2006	845,7	604,9
2007	1060,3	573,1
2008	805,2	586,1
2009	758,7	611,7
2010	901,7	585,1
2011	795,5	598,6
2012	764,7	584
2013	824,6	574,4
2014	841,3	606,1
Gemiddeld	839,0	594,9
Overschot	244,1	

* NEERSLAG 8-8 UUR (MM)

** REFERENTIE-GEWASVERDAMPING VOLGENS MAKIN (MM)

¹⁷ <http://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>

Bijlage C: Rioolgegevens

De gemeente Oost-Gelre heeft gegevens aangeleverd over de aanwezige overstorten en uitstroompunten die lozen op de gracht. Deze gegevens zijn aangereikt in de vorm van het rapport *Herberekening Groenlo, Onderzoek naar de maatregelen t.b.v. basisinspanning* en een pdf-bestand met overzicht van de hemelwaterafvoer (figuur 1).

Hieruit valt te halen dat er vijf overstorten op de gracht aanwezig zijn, welke zijn weergegeven in tabel 1. De overstorten Halvemaanweg en Lichtenvoordseweg zijn overstorten van het gemengde stelsel. De overstorten Beltrumsestraat, Winterswijkseweg en Eibergseweg behoren tot het verbeterd gescheiden stelsel.

Tabel 1 Reeksresultaten huidige situatie¹⁸

Locatie	code	bbv	verw.rend.	tot.rend.	ovs.vol	v.e.	CZV	ovs.freq	ovs.duur
overstort	overstort	m3	%	%	m3/jaar	m3/jaar	kg/jr	1/j	uur/jr
Ruurloseweg	01_10350.1	0			7871	7861	1968	7.2	18.5
V. Kinsbergenstraat	01_10970.2	0			6608	6608	1652	7	16.7
Schaepmanstraat	01_11500.2	0			6801	6801	1700	7.1	17.7
Halvemaanweg	01_12680.3	0			122	122	30	2.1	1.6
Lichtenvoordseweg	04_45110.3	0			1652	1652	413	11.5	9.3
Beltrumsestraat	05_56009.2	0			171	171	9	3.7	1.3
Winterswijkseweg	05_56130.5	0			163	163	8	1.9	0.7
Eibergseweg	05_56150.1	0			55	55	3	1.8	0.6
Totaal		0			23444	23444	5783		
Correctie voor kern Groenlo							-1041		
Totaal na correctie							4742		
Referentie	1484.4		45%	61%	25650	14090	3711	5	10
Verskil							1031		

Er zijn diverse uitstroompunten van afgekoppeld hemelwater (gescheiden stelsel) op de stadsgracht te vinden. Binnen deze uitstroompunten is een onderscheid gemaakt tussen hemelwater van het verhard oppervlak en hemelwater van de daken. Voor de waterbalans is dit onderscheid niet gemaakt. De oppervlakte van de op de gracht lozende wegen en daken is ongeveer 95600 m².

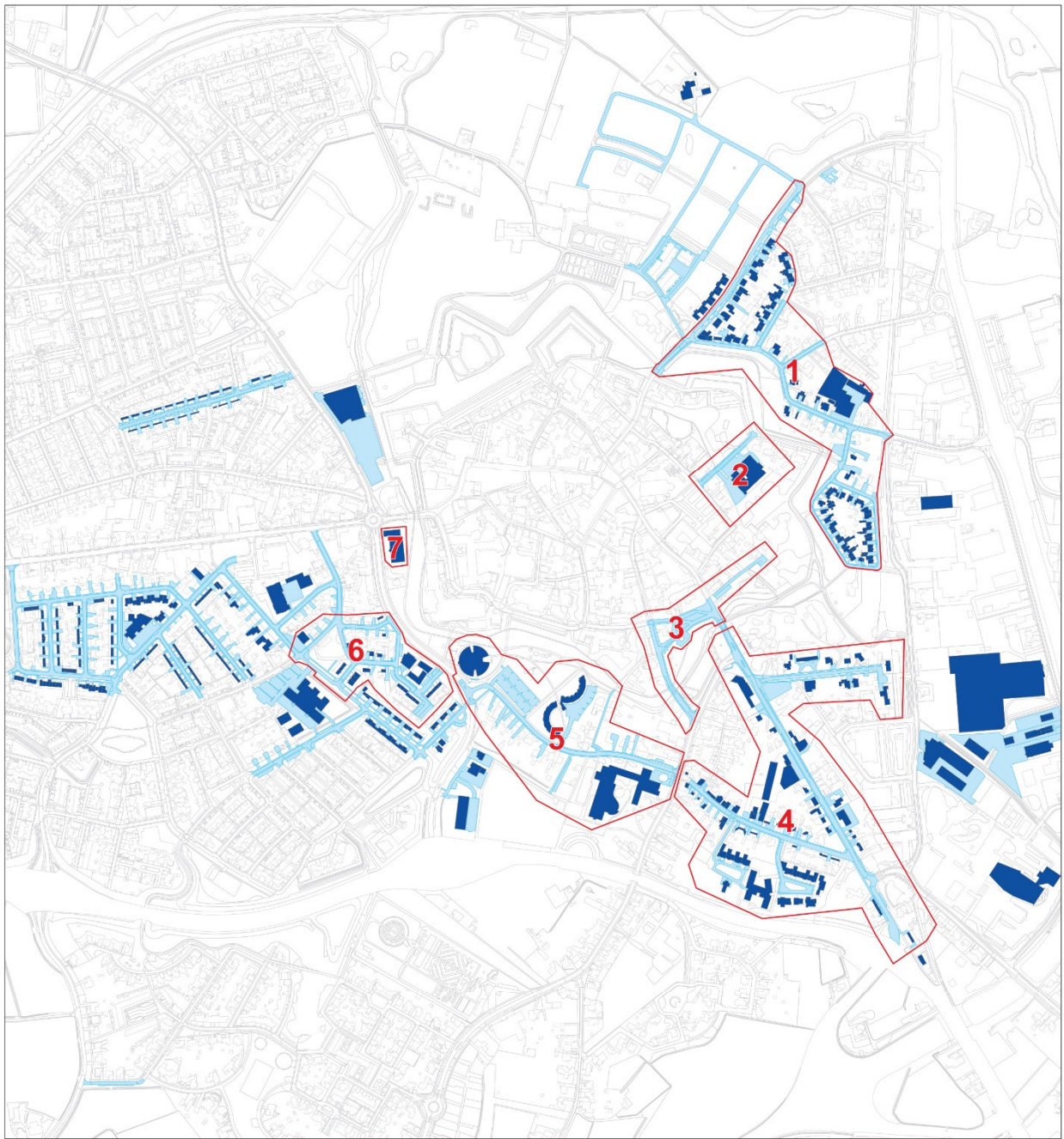
Een totaal overzicht van de lozingshoeveelheden is weergegeven in tabel 2

Tabel 2 Volumes lozend op de gracht

Overstorttype	Overstort volume (m3/jaar)
Gemengd stelsel	1774
Gescheiden stelsel	72200
Verbeterd gescheiden stelsel	389

Gedurende de uitvoering van het onderzoek is de gemeente Oost-Gelre bezig met de actualisering van het Basis Rioleringsplan. De aangeleverde afvoergegevens van het hemelwater is hierdoor niet volledig.

¹⁸ *Herberekening Groenlo, Onderzoek maatregel tbv basisinspanning, Tabel 6 Reeksresultaten huidige situatie*



Gebied waar water op de gracht loost

Gebied nr:	Oppervlakte verhard (m2)	Oppervlakte hellende daken (m2)
1	13.447	9.650
2	2.933	1.760
3	6.264	0
4	17.592	10.772
5	8.944	7.482
6	13.368	2.229
7	0	1.173

Figuur 1: Hemelwater lozend op de gracht

Bijlage D: Kentallen en berekeningen fosfaatbelasting

Riolering

Voor de bepaling van de fosfaatbelasting vanuit de riolering is gebruik gemaakt van onderstaande tabel 3.3 uit het rapport Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies?¹⁹

Op basis van deze gegevens is de fosfaatbelasting bepaald voor de gemiddelde en maximale situatie.

Bij de berekening is onderscheid gemaakt tussen het gemengde stelsel en het (verbeterd) gescheiden stelsel.

Tabel 3.3 Stofconcentraties in afvalwatersysteem

Parameter	Eenheid	Norm (MTR) in oppervlaktewater	Overstort (gemengd rioolstelsel)			Afstromend van daken en wegen (staat model voor gescheiden en verbeterd gescheiden stelsels uit regenwaterdatabase STOWA)		
			min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
N-totaal	mg/l	2,2	10	12,5	15	1,2	1,7	5,2
P-totaal	mg/l	0,15	2,1	3,1	4,8	0,08	0,26	0,97
Cu	µg/l	3,8	67	92	113	3	10	47
Zn	µg/l	40	357	431	472	22	95	450
PAK	µg/l	4,3	0,1	0,3	1,2	0,1	0,3	1,2
Glyfosaat	µg/l	–	2,4	4,4	6,1	2,4	4,4	6,1
BZV	mg/l	–	40	82	124	2,5	4	14
Totaal coli	per 100 ml	5,0E+02	1,0E+05	1,0E+06	1,0E+07	1,2E+03	1,2E+04	1,2E+05
Cr	µg/l	84	10	15,5	21	0,4	1,1	11
Cd	µg/l	2	1	5,5	10	0,08	0,15	0,49
Pb	µg/l	220	42	102	162	5	12	75
Ni	µg/l	6,3	8	13,5	19	3,5	3,5	10
Hg	µg/l	1,2	0,5	21,75	43	0,02	0,06	0,08

Parameter	Eenheid	Afstromend bij 100% schone wegen (aanname o.b.v. kwaliteit afstromend regenwater en kwaliteit neerslag)			Effluent zuivering			Hoge kwaliteit effluent
					min.	gem.	max.	
N-totaal	mg/l	1,2	1,45	3,35	5	9	15	4
P-totaal	mg/l	0,08	0,17	0,57	0,5	2	4	0,5
Cu	µg/l	3	10	47	6	10	95	5,2
Zn	µg/l	22	28,5	90,5	46	50	210	23
PAK	µg/l	0,1	0,1	0,1	0,02	0,06	0,24	–
Glyfosaat	µg/l	–	–	–	2,4	4,4	6,1	3,5
BZV	mg/l	2,5	2,75	3	2	4	10	–
Totaal coli	per 100 ml	1,2E+03	1,2E+04	1,2E+05	1,0E+05	1,0E+06	1,0E+07	–
Cr	µg/l	0,4	0,75	7,5	–	1,9	–	1,9
Cd	µg/l	0,08	0,11	0,49	0,05	0,2	–	0,05
Pb	µg/l	5	12	75	1	4,1	–	0,5
Ni	µg/l	1,5	1,5	3	1,6	4,5	–	1,8
Hg	µg/l	0,02	0,02	0,04	–	0,1	–	0,03

Lege velden zijn niet ingevuld bij gebrek aan betrouwbare informatie.

De fosfaatbelasting op de Groenlose gracht is als volgt berekend:

Lozing gemengd riool

Gemiddeld: $1774 \text{ m}^3/\text{jaar} \times 3,1 \text{ mg P/l} = 5,5 \text{ kg P/jaar}$

Maximaal: $1774 \text{ m}^3/\text{jaar} \times 4,8 \text{ mg P/l} = 8,5 \text{ kg P/jaar}$

Lozing (verbeterd) gescheiden stelsel

Gemiddeld: $72589 \text{ m}^3/\text{jaar} \times 0,26 \text{ mg P/l} = 18,9 \text{ kg P/jaar}$

Maximaal: $72589 \text{ m}^3/\text{jaar} \times 0,97 \text{ mg P/l} = 70,4 \text{ kg P/jaar}$

¹⁹ Stichting RIONED, Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies?

Neerslag

De gebruikte fosfaatconcentratie om de belasting van de neerslag op de gracht te berekenen is overgenomen uit het Stadswateronderzoek²⁰

Met een wateroppervlakte van 48300 m² en een gemiddelde fosfaatbelasting van 0,01 gram per m² oppervlaktewater is de totale fosfaatbelasting uit de neerslag als volgt:

$$48300 \text{ m}^2 \text{ wateroppervlak} \times 0,01 \text{ g P/m}^2 \text{ oppervlaktewater} = 0,5 \text{ kg P/jaar.}$$

Kwel

Als basiswaarde voor de fosfaatconcentratie in het kwelwater is de waarde van 0,15 mg/l aangehouden. Deze waarde is afkomstig uit het Stadswateronderzoek en is het gemiddelde waarde van de vier in de gemeente Oost-Gelre aanwezige meetpunten voor de grondwaterkwaliteit. Deze waarde komt ook redelijk overeen met de gemiddelde fosfaatconcentratie in de waterkolom van de gracht.

De fosfaatbelasting uit de kwel is dan:

$$8694 \text{ m}^3 \text{ kwel/dag} \times 0,15 \text{ mg P/l} = 1,3 \text{ kg P/dag.}$$

Nalevering waterbodem

Onder nalevering wordt verstaan de verplaatsing van nutriënten van de waterbodem naar de waterkolom. Nalevering van de bodem ontstaat vaak wanneer er na een periode van hoge nutriëntenbelasting veel nutriënten in de bodem zijn opgeslagen.

De mate waarop een waterbodem kan naleveren is afhankelijk van de aanwezige fosfaat-, ijzer- en zwavelconcentraties in de waterbodem. Voor de situatie in de Groenlose gracht zijn hier geen gegevens van. Een in 2015 door B-Ware uitgevoerd waterbodemonderzoek geeft een indicatie voor de mogelijke nalevering. Hierin wordt gesteld dat de Fe/P ratio van het poriewater relatief hoog is waardoor de nalevering van P naar de waterlaag wordt geremd zolang de waterlaag zuurstofhoudend is. De berekende nalevering uit het onderzoek van B-Ware varieert tussen 0,2 en 1 mg/m²/dag. Dit levert een de volgende fosfaatbelasting op voor het de Groenlose gracht:

$$\text{Gemiddeld: } 48300 \text{ m}^2 \text{ waterbodem} \times 0,5 \text{ mg P/m}^2/\text{dag} = 8,8 \text{ kg P/jaar}$$

$$\text{Maximaal: } 48300 \text{ m}^2 \text{ waterbodem} \times 1,0 \text{ mg P/m}^2/\text{dag} = 17,6 \text{ kg P/jaar}$$

Bladval

Langs de oevers van de stadsgracht zijn veel bomen te vinden. In totaal is ongeveer 3300 meter van de oever begroeid met bomen. Vallend blad zal hierdoor in het oppervlaktewater terecht komen. Een inschatting van de hoogte van de fosfaatbelasting is op de volgende wijze gemaakt:

- Bladval veroorzaakt een fosfaatbelasting van 0,003 kg-P/m¹ oever/jaar (Witteveen en Bos, 2002).

Vallend blad belast de gracht met de als volgt berekende hoeveelheid:

$$3300 \text{ m}^1 \text{ begroeide oever} \times 0,003 \text{ g P/meter begroeide oever} = 9,9 \text{ kg P/jaar.}$$

Maaisel

De oevers van de stadsgracht bestaan voor een groot deel uit gras. Na het maaien blijft het maaisel liggen over een strook van ongeveer 2,5 meter langs de waterkant. Er is langs de gracht ongeveer 13 ha oever waarop maaisel blijft liggen. Afbraak van dit maaisel maakt nutriënten vrij welke de gracht inspoelen bij een regenbui. Voor de berekening van de fosfaatbelasting van het maaisel is gebruik gemaakt van de onderstaande tabellen uit de KRW-pilot Praktische bedrijfsinnovaties in de landbouw, Deelproject slootkant²¹.

Hierbij wordt verondersteld dat 40% van de nutriënten naar de watergang spoelt bij niet afvoeren van het maaisel. De nutriëntenvrucht van het maaisel is gesteld op 0,3 - 1,4 g P/m² met een gemiddelde waarde van 0,85 g P/m². Dit levert de volgende fosfaatbelasting op:

$$\text{Gemiddeld: } 13000 \text{ m}^2 \text{ oever} \times 0,85 \text{ g P/m}^2 \times 40\% \text{ terugspoeling} = 4,4 \text{ kg P/jaar.}$$

$$\text{Maximaal: } 13000 \text{ m}^2 \text{ oever} \times 1,4 \text{ g P/m}^2 \times 40\% \text{ terugspoeling} = 7,3 \text{ kg P/jaar.}$$

²⁰ Uitvoering stadswateronderzoek Gemeente Oost-Gelre

²¹ Bijlage 3 KRW-pilot Praktische bedrijfsinnovaties in de landbouw, Deelproject slootkant

		Aantal dagen dat materiaal blijft liggen				
Afstand slootvuil tot de in- steek van de sloot		0 dagen	2-7 dagen	7-14 dagen	>14 dagen	
<1,5 m		0%	20%	30%	40%	
>1,5 m		0%	0%	5%	10%	
		%	(kg ds/m ²)	(g/kg ds)	(g/kg ds)	(g/m ²)
Nat slootmaaisel	min	15%	0,2	10	2	0,4
Nat slootmaaisel	max	55%	0,2	30	8	1,6
Oevermaaisel	min	50%	3	10	2	6
Oevermaaisel	max	50%	3	30	8	24
Droog berm/sloot- maaisel	min	25%	0	4	1	1,20
Droog berm/sloot- maaisel	max	25%	1	12	2	8,4
Bagger	min	10%	10	9	0,6	30
Bagger	max	10%	30	19	1,8	570

Watervogels fecaliën

Het aantal watervogels wat zich ophoudt op en rondom de gracht is vrij beperkt. Tijdens een eenmalige telling op 29-10-2015 zijn er ca. 90 watervogels waargenomen. Deze telling is voor de berekening afgerond op 100 watervogels. De watervogels behorende bij de kinderboerderij zijn buiten beschouwing gelaten. Deze bevinden zich bij het uitstroompunt van de gracht en veronderstelt wordt dat deze geen invloed uitoefenen op het watersysteem.

In de literatuur zijn voor de nutriëntenbelasting door uitwerpselen van watervogels twee waarden te vinden:

- 0,16 kg P / watervogel / jaar (STOWA, 2002);
- 0,14 kg P / watervogel / jaar (Arcadis en Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard, 2006).

Dit levert de volgende fosfaatbelasting op:

Gemiddeld: 100 watervogels x 0,15 kg P/jaar = 15 kg P/jaar.

Maximaal: 100 watervogels x 0,16 kg P/jaar = 16 kg P/jaar.

Watervogels voeren

Naast de belasting van de watervogels zelf is ook het voeren van de watervogels door bewoners een belastende bron. Op basis van het uitgangspunt van 100 watervogels op en rondom de gracht is de waarde uit onderstaande tabel (Tabel 3.6 en 3.7 uit Stichting RIONED, Oppervlaktewaterkwaliteit) over te nemen.

Tabel 3.6 Restant eenden voeren

Systeem	Eenden	Consumptie per eend (gram/dag)	Consumptie per eend (kg/jaar)	Consumptie eenden (kg/jaar)
Vijver	20 - 40	50	18,3	365 - 730
Singel	100 - 200	50	18,3	1.800 - 3.600
	Brood (seden/dag)	Gewicht snede brood (gram)	Brood (kg/dag)	Brood (kg/jaar)
Vijver	50	30 - 35	1,6	600
Singel	100	30 - 35	3,3	1.200
Totaal gevoerd	Gedeelte gevoerde dat bezinkt (50%) (kg/jaar)	Deel dat eenden kunnen opeten (kg/jaar)	Maximale consumptie eenden (kg/jaar)	Hoeveelheid die de eenden niet op kunnen (kg/jaar)
600	300	300	365 - 730	0
1.200	600	600	1.800 - 3.600	0

Tabel 3.7 Broodsamenstelling

Stof	Gemiddeld
Stikstof (g/100 g)	1,3
Fosfor (g/100 g)	0,4
Zink (mg/100 g)	1,8
Koper (mg/100 g)	0,4

Een voerhoeveelheid van 600 kg brood per jaar levert een fosfaatbelasting op van:

600 kg brood x 4,0 g P/kg brood = 2,4 kg P/jaar.

Lokvoer vissers

De Groenlose Hengelsportvereniging maakt intensief gebruik van de gracht als viswater. Op jaarbasis zijn er ongeveer 15 wedstrijd dagen en zijn er 5 jeugd visdagen. Deze evenementen leveren op jaarbasis ca. 950 vissers (visbezoeken) op, wat is bepaald op basis van input van de GHV-voorzitter en website van GHV. Daarnaast wordt de gracht uiteraard ook nog "vrij" bevestigd. De intensiteit waarop dit gebeurd is niet bekend, hiervoor wordt een landelijk gemiddelde aangehouden berekend o.b.v. oeverlengte²².

Hierbij wordt uitgegaan van de volgende gegevens:

- Dagelijks 1 visbezoek per km bevisbare oever gedurende de helft van het jaar;
- Van de totale oeverlengte wordt 50% bevisbaar geacht;
- Per visbezoek wordt gemiddeld 1 kg lokvoer gebruikt;
- Van alle visbezoeken voert 100% (Doordat het vissen langs de gracht van Groenlo een hoog wedstrijdhalte kent is er in de berekening vanuit gegaan dat 100% van de vissers lokvoer gebruikt);
- Het lokvoer bevat 0,3% P.

Voor Groenlose gracht levert dit de volgende belasting met fosfaat op:

Vrij vissen

4,6 km oever x 50% bevisbaar x 183 visdagen/jaar x 1 kg lokvoer/visbezoek x 0,003 kg P = 1,26 kg P/jaar.

Wedstrijden / Evenementen

950 visbezoeken x 1 kg lokvoer/visbezoek x 0,003 kg P = 2,85 kg P/jaar.

In totaal heeft de visserij een P-belasting van 4,11 kg P/jaar.

Stoffenbalansen

De gemaakte berekeningen zijn samengevat in twee stoffenbalansen die respectievelijk de gemiddelde en maximale fosfaatbelasting weergeven.

Stoffenbalans gemiddeld

Post stoffenbalans	Hoeveelheid	P-concentratie	P-belasting	
Riolering (overstort gemengd)	1774 m3	3,1 mg/l	5,5 kg/jr	0,31 mg/m2/dag
Riolering ((verbeterd) gescheiden)	72589 m3	0,26 mg/l	18,9 kg/jr	1,07 mg/m2/dag
Neerslag	48300 m2	0,01 g/m2 opp water	0,5 kg/jr	0,03 mg/m2/dag
Kwel	8694 m3	0,15 mg/l	476,0 kg/jr	27 mg/m2/dag
Bladval	3300 m1	0,003 kg/m1 oever bedekt met bomen/jr	9,9 kg/jr	0,56 mg/m2/dag
Maaisel	13000 m2	0,85 g/m2	4,4 kg/jr	0,25 mg/m2/dag
Watervogels voeren	600 kg	0,4 g P/100 g brood	2,4 kg/jr	0,14 mg/m2/dag
Watervogels fecaliën	100 st	0,15 kg/eend/jr	15,0 kg/jr	0,85 mg/m2/dag
Vissers (lokvoer)	1370 st	0,003 kg P/ kg lokvoer	4,1 kg/jr	0,23 mg/m2/dag
Totaal			536,68 kg/jr	30,44 mg/m2/dag

Stoffenbalans maximaal

Post stoffenbalans	Hoeveelheid	P-concentratie	P-belasting	
Riolering (overstort gemengd)	1774 m3	4,8 mg/l	8,5 kg/jr	0,48 mg/m2/dag
Riolering ((verbeterd) gescheiden)	72589 m3	0,97 mg/l	70,4 kg/jr	3,99 mg/m2/dag
Neerslag	48300 m2	0,01 g/m2 opp water	0,5 kg/jr	0,03 mg/m2/dag
Kwel	8694 m3	0,15 mg/l	476,0 kg/jr	27 mg/m2/dag
Bladval	3300 m1	0,003 kg/m1 oever bedekt met bomen/jr	9,9 kg/jr	0,56 mg/m2/dag
Maaisel	13000 m2	1,4 g/m2	7,3 kg/jr	0,41 mg/m2/dag
Watervogels voeren	600 kg	0,4 g P/100 g brood	2,4 kg/jr	0,14 mg/m2/dag
Watervogels fecaliën	100 st	0,16 kg/eend/jr	16,0 kg/jr	0,91 mg/m2/dag
Vissers (lokvoer)	1370 st	0,003 kg P/ kg lokvoer	4,1 kg/jr	0,23 mg/m2/dag
Totaal			595,10 kg/jr	33,76 mg/m2/dag

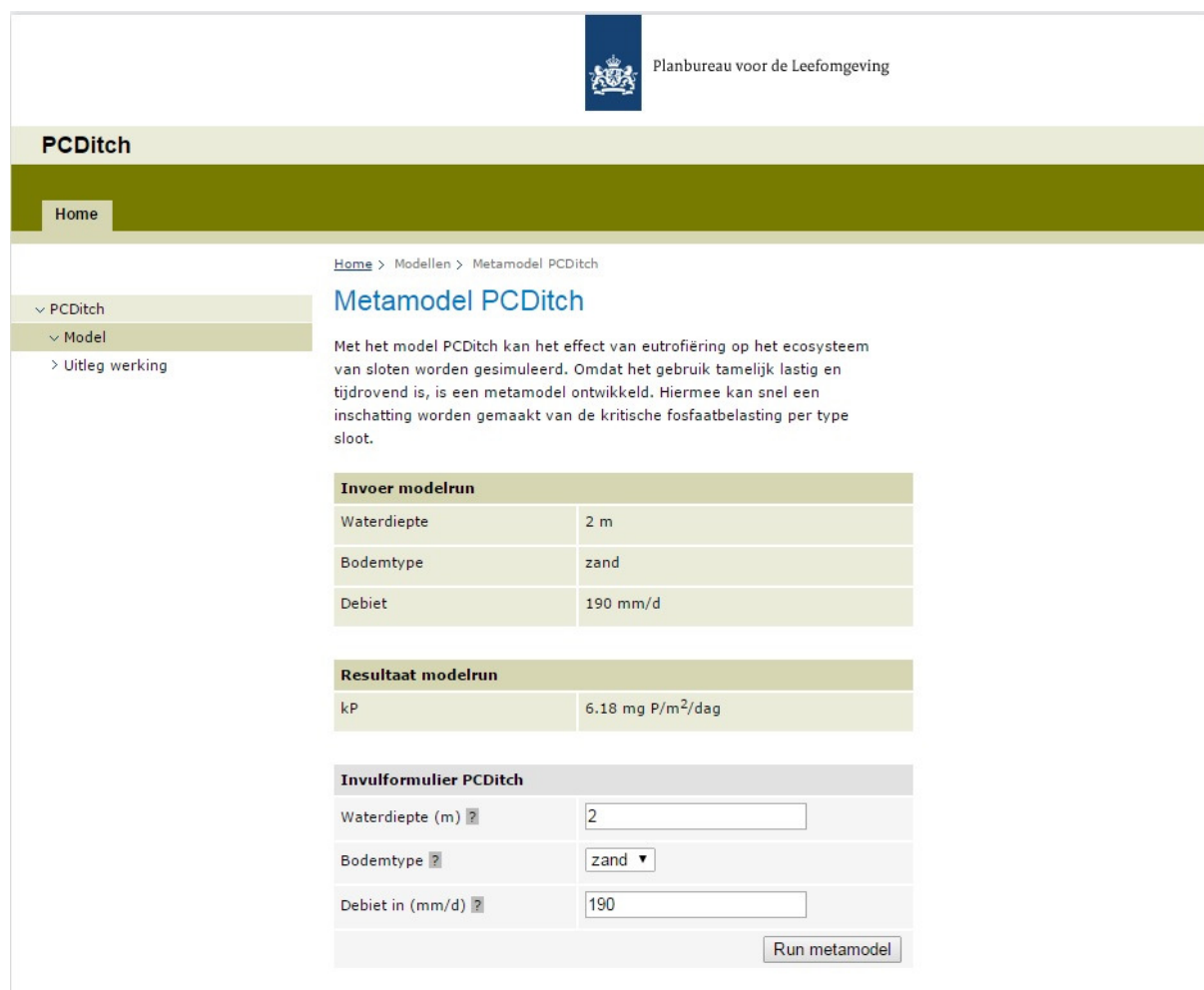
²² Literatuuronderzoek Invloed lokvoer op waterkwaliteit, paragraaf 5.3.2

Bijlage E: Kritische fosfaatbelasting

Om een snelle inschatting te kunnen maken van de kritische fosfaatbelasting is het programma PCDitch²³ ontwikkeld. PCDitch is ook gebruikt om de kritische belasting voor de Groenlose gracht te bepalen. Hiervoor zijn de volgende parameters ingevoerd (figuur 1):

- Gemiddelde waterdiepte van de gracht: 2,00 meter;
- Bodemtype: de waterbodem van de gracht is zandig;
- Aanvoerdebiet: het totaal van de inposten uit de waterbalans is afgerond op 190 mm/dag.

De uitkomst van de ingevoerde gegevens levert een kritische fosfaatbelasting op van 6,18 mg P/m²/dag.



The screenshot displays the PCDitch web application interface. At the top, there is a logo for 'Planbureau voor de Leefomgeving'. Below this, the title 'PCDitch' is shown. A navigation bar includes a 'Home' button. The main content area has a breadcrumb trail: 'Home > Modellen > Metamodel PCDitch'. The title 'Metamodel PCDitch' is prominently displayed. A descriptive paragraph explains that the model simulates the effect of eutrophication on the ecosystem of ditches, and a meta-model was developed for quick estimation of critical phosphate loading. Below this, there are two tables: 'Invoer modelrun' (Input model run) and 'Resultaat modelrun' (Result model run). The input table shows a water depth of 2 m, soil type of sand, and a discharge of 190 mm/d. The result table shows a critical phosphate loading (kP) of 6.18 mg P/m²/dag. At the bottom, there is an 'Invulformulier PCDitch' (Input form PCDitch) with fields for water depth (2), soil type (zand), and discharge (190), along with a 'Run metamodel' button.

Invoer modelrun	
Waterdiepte	2 m
Bodemtype	zand
Debiet	190 mm/d

Resultaat modelrun	
kP	6.18 mg P/m ² /dag

Invulformulier PCDitch	
Waterdiepte (m) ?	2
Bodemtype ?	zand
Debiet in (mm/d) ?	190

Figuur 1: Metamodel PCDitch

²³ <http://themasites.pbl.nl/modellen/pcditch/index.php>