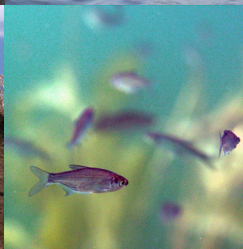



**Watersysteem- en bronanalyse
knelpunten stedelijk water**

deelrapport De Wiel te Geffen



**Watersysteem- en bronanalyse
knelpunten stedelijk water****deelrapport De Wiel te Geffen**

referentie	projectcode	status
HT449-1/strg/008	HT449-1	definitief 02
projectleider	projectdirecteur	datum
drs.ing. A. Balla	ir. Th.G.J. Wijtes	2 april 2013

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs.ing. A. Balla	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Doel	1
1.3. Leeswijzer	2
2. METHODIEK ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN	3
2.1. Algemeen	3
2.2. Productiviteit water	4
2.2.1. Water- en stoffenbalans	4
2.2.2. Verblijftijd	5
2.2.3. Nutriëntenbelasting vs. kritische belasting	6
2.3. Lichtklimaat	6
2.4. Productiviteit bodem	6
3. FUNCTIONEREN WATERSYSTEEM DE WIEL	7
3.1. Algemeen	7
3.2. Hydrologische uitgangspunten	8
3.2.1. In- en uitlaatpunten	8
3.2.2. Grondwatersysteem	8
3.2.3. Oppervlaktewaterstand	10
4. WATER- EN STOFFENBALANS	13
4.1. Waterbalans	13
4.1.1. Kwel en infiltratie	13
4.1.2. Berekende waterstanden	14
4.1.3. Verblijftijd	14
4.2. P-belasting vs. kritische P-belasting	14
4.2.1. Kengetallen	14
4.2.2. Externe P-belasting vs. kritische belasting	15
4.3. Kanttekeningen	16
5. WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE	17
5.1. Nutriënten	17
5.1.1. Nutriëntenconcentraties	17
5.1.2. N:P-ratio	19
5.2. Lichtklimaat	19
5.2.1. Doorzicht	19
5.2.2. Algengroei	20
5.3. Waterbodem	20
5.4. Zuurstof	21
5.5. Ecologie	22
5.5.1. Vegetatie	22
5.5.2. Vis	22
6. SYNTHESE OP BASIS VAN ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN	23
6.1. Opbouw synthese	23
6.2. Uitwerking synthese	23
6.2.1. Sleutelfactor 1	23
6.2.2. Sleutelfactor 2	23
6.2.3. Sleutelfactor 3	23

7. AANBEVELINGEN VOOR MAATREGELLEN EN VERVOLGONDERZOEK	25
7.1. Mogelijke maatregelen	25
7.2. Afweging maatregelen	25
7.3. Advies maatregelenpakket	27
7.4. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	28
7.4.1. Watervogels	28
7.4.2. Visstandonderzoek	29
7.4.3. Monitoren grond- en oppervlaktewaterkwaliteit	29
8. REFERENTIES	31
laatste bladzijde	31
BIJLAGEN	aantal blz.

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Waterschap Aa en Maas heeft zich voorgenomen om samen met de gemeenten voor 6 waterpartijen in het stedelijk gebied maatregelen te treffen voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Hierbij is de gemeente trekker. Het waterschap heeft hierbij een adviserende rol. Het betreft de volgende waterpartijen:

1. Lovendaalsingel te Grave;
2. Slievenvijver te Someren;
3. Peellandvijver te Deurne;
4. Het Ven te Veghel;
5. De Wiel te Geffen;
6. Vijver Hortensialaan te Helmond (onder voorbehoud).

In deze waterpartijen is sprake van ernstige waterkwaliteitsproblemen zoals blauwalgen, botulisme en/of vis- en vogelsterfte of negatieve beleving. Het waterschap streeft naar een helder en stabiel watersysteem met een bijbehorende evenwichtige samenstelling van waterflora en -fauna. Overmatige aanwezigheid van (blauw)algen dient hiervoor voorkomen te worden.

Om dit te bereiken wordt rekening gehouden met herinrichting van de waterpartijen. Vanaf 2012 wordt de planvoorbereiding getroffen voor de herinrichting van de waterpartijen. De bedoeling is om vanaf 2013 te starten met de uitvoering. De planning is daarbij voor de verschillende waterpartijen verschillend.

Aan Witteveen+Bos is gevraagd om een watersysteemanalyse uit te voeren voor deze 6 waterpartijen. De watersysteemanalyse moet meer inzicht verschaffen in het hydrologisch en ecologisch functioneren van de waterpartijen. Aan de hand van de watersysteemanalyse wordt bepaald welke factoren bepalend zijn voor het functioneren van de waterpartijen. Op basis daarvan geven we een advies over wat waterschap Aa en Maas samen met de gemeenten kan doen om een helder en stabiel watersysteem te creëren.

Ecologische sleutelfactoren

In de aanpak staat een diagnose van de watersystemen volgens Ecologische Sleutelfactoren centraal. Hierbij wordt bepaald of in een watersysteem voldaan wordt aan essentiële voorwaarden voor herstel van ondergedoken waterplanten. Er is aandacht voor de productiviteit van het water (vormen algen/kroos een knelpunt), het lichtklimaat (vormen andere deeltjes in het water een knelpunt) en de productiviteit van de bodem (vormt de bodem een knelpunt) wordt besproken. Bij elke voorwaarde of Ecologische Sleutelfactor passen typen maatregelen die ervoor zorgen dat een knelpunt wordt weggenomen. In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de diagnose volgens Ecologische sleutelfactoren.

1.2. Doel

Doel van het project is om, op basis van een watersysteemanalyse van de 6 waterpartijen, maatregelen voor te stellen waarmee we de juiste randvoorwaarden verzorgen voor het verkrijgen van heldere en plantenrijke waterpartijen.

1.3. Leeswijzer

Voor elke waterpartij wordt een deelrapport opgesteld. Hierbij wordt een uitwerking gegeven van de watersysteemanalyse voor de waterpartij:

- in hoofdstuk 2 wordt de methodiek volgens ecologische sleutelfactoren beschreven;
- in hoofdstuk 3 zijn de hydrologische uitgangspunten van de locatie besproken, zoals de in- en uitposten en grond- en oppervlaktewaterstanden;
- in hoofdstuk 4 is de uitwerking van de water- en stoffenbalans weergegeven, inclusief verblijftijden en nutriëntenbelastingen ten opzichte van kritische belastingen;
- in hoofdstuk 5 is het fysisch-chemisch en ecologisch functioneren van het systeem uiteengezet, inclusief het lichtklimaat, de nutriëntenconcentraties, de zuurstofhuishouding, de waterbodem en de ecologie;
- in hoofdstuk 6 is een synthese opgesteld op basis van de Ecologische Sleutelfactoren. Bepaald wordt of de 3 Ecologische Sleutelfactoren wel of niet voldoen;
- tot slot worden in hoofdstuk 7 op grond van de uitkomsten van de systeemanalyse passende maatregelen en aanbevelingen voor vervolgonderzoek voorgesteld.

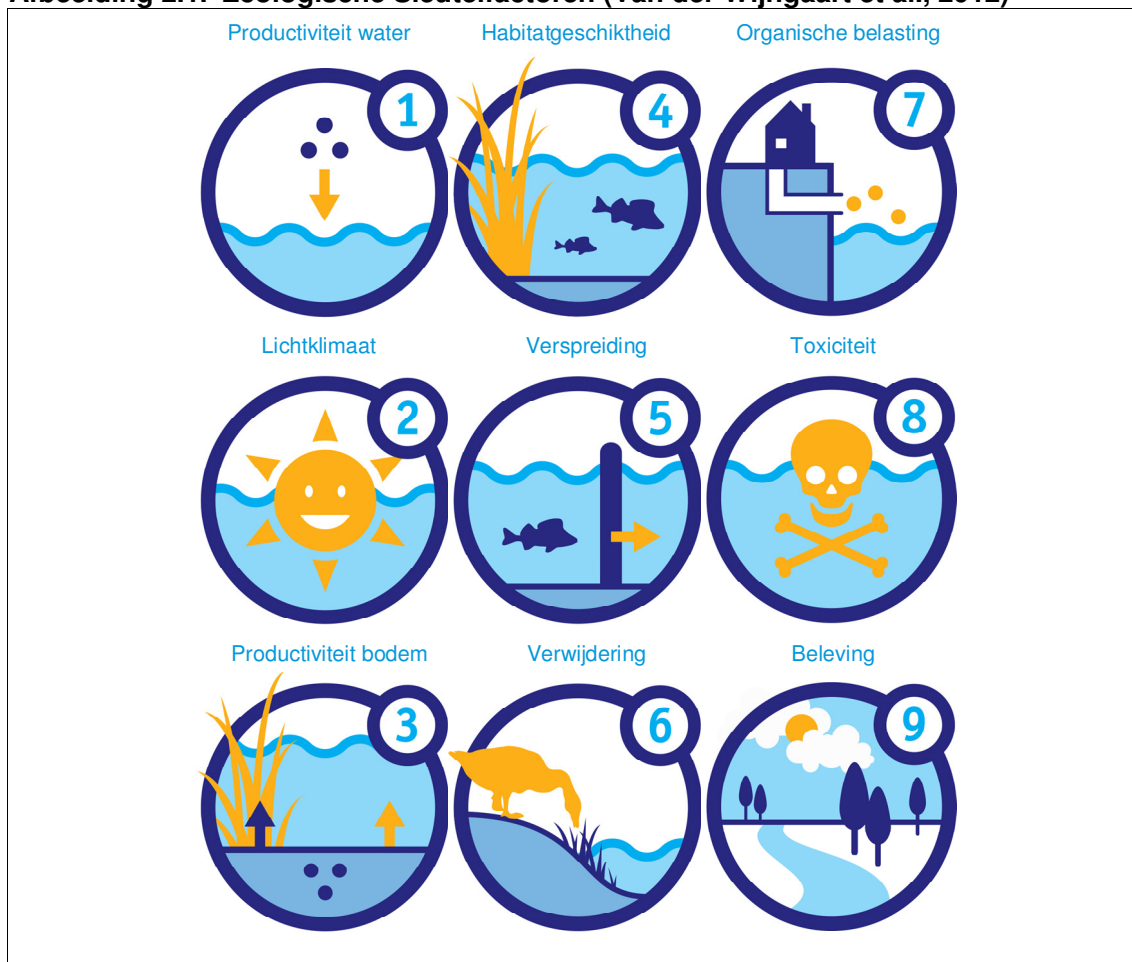
In deze rapportage is de watersysteemanalyse beschreven voor waterpartij De Wiel in Geffen (gemeente Maasdonk). De opzet vormt een blauwdruk voor de analyse van de andere waterpartijen.

2. METHODIEK ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN

2.1. Algemeen

Witteveen+Bos gaat uit van een benadering volgens Ecologische Sleutelfactoren (afbeelding 2.1). Hiermee wordt alle aanwezige kennis en informatie op een overzichtelijke en relevante wijze gestructureerd. Met de Ecologische Sleutelfactoren wordt zoveel mogelijk uitgegaan van het actuele begrip van het functioneren van watersystemen. De methodiek gaat uit van de sturende factoren (relatie met maatregelen), een zekere hiërarchie in voorwaarden, ordening van kennis en zo veel mogelijk een concrete koppeling met gegevens. In dit rapport focussen we op de eerste 3 Sleutelfactoren, te weten de productiviteit van het water, het lichtklimaat en de productiviteit van de waterbodem. Hierbij staat het herstel van ondergedoken waterplanten centraal. Veel soortgroepen (zoals vissen en macrofauna) zijn namelijk afhankelijk van waterplanten. Waterplanten concurreren daarnaast met algen om voedingsstoffen.

Afbeelding 2.1. Ecologische Sleutelfactoren (Van der Wijngaart et al., 2012)



Voor een evenwichtig herstel van ondergedoken waterplanten gaan we uit van 3 voorwaarden:

1. ten eerste is het belangrijk dat algen en/of kroos niet domineren. Zij houden licht weg van de waterbodem. Dit lukt alleen als de externe nutriëntenbelasting voldoende laag is (paragraaf 2.2);

2. ten tweede mogen er ook geen andere belemmeringen zijn voor het lichtklimaat. Beschaduwning kan een probleem vormen, maar ook de aanwezigheid van bodemwoelende vis (paragraaf 2.3);
3. ten derde moet de samenstelling van de waterbodem geschikt zijn. De waterbodem mag niet te veel nutriënten naleveren of toxisch zijn (dit gaat vaak samen: paragraaf 2.4).

In onderstaande paragrafen 2.2-2.4 worden de achtergronden en uitwerking van de eerste 3 Ecologische Sleutelfactoren besproken, waaronder de water- en stoffenbalans, de verblijftijd en de kritische belasting.

2.2. Productiviteit water

De nutriëntenbelasting (stikstof en fosfor) is bepalend voor de productiviteit van watersystemen. Er is onderscheid gemaakt in interne nutriëntenbelasting (via de waterbodem) en externe nutriëntenbelasting (via waterstromen). Deze sleutelfactor is gericht op de externe nutriëntenbelasting. De externe nutriëntenbelasting bepaalt de productiviteit van de waterkolom en dus de eventuele groei van algen. De interne nutriëntenbelasting, gerelateerd aan de productiviteit van de waterbodem, komt aan de orde in Sleutelfactor 3 (paragraaf 2.4.4). Voor de productiviteit van het water is, naast de externe nutriëntenbelasting, ook de verblijftijd belangrijk. Als de verblijftijd van het watersysteem kort is, worden algen en nutriënten relatief snel afgevoerd. Hierdoor is het productieproces van algen bij korte verblijftijden minder belangrijk (paragraaf 2.2.2). Als er sprake is van lange verblijftijden, wordt het productieproces van algen belangrijker. Nutriënten worden minder snel afgevoerd en blijven langer beschikbaar voor de groei van algen. De groei van algen is afhankelijk van kritische nutriëntenbelasting van het systeem (paragraaf 2.2.3). De kritische nutriëntenbelasting van een watersysteem is afhankelijk van de systeemkenmerken (waterdiepte, omvang etc.). Bij een nutriëntenbelasting boven de kritische belasting zullen algen over het algemeen domineren.

2.2.1. Water- en stoffenbalans

We bepalen de nutriëntenbelasting met behulp van een waterbalans en maken daarbij onderscheid in de belangrijkste bronnen. Om de functionaliteit van de balans (in Excel) te begrijpen, wordt hieronder een uitleg gegeven over de opbouw van de balans.

Opzet van het bakjesmodel

De waterbalans simuleert het lokaal watersysteem. De interactie met het regionaal watersysteem wordt meegenomen met de posten kwel en wegzijging. De waterbalans bestaat uit 2 bakjes (afbeelding 2.2):

- balans open water;
- balans percelen.

Het uitgangspunt is de balans voor het open water. In afbeelding 2.2 is een voorbeeld weergegeven van een droge zomer en een natte winter. Het betreft hierbij een systeem zonder in- en uitlaatpunten (zoals De Wiel). Het waterpeil in de zomer ligt hierbij lager dan in de winter. In het rood is aangegeven welke onderdelen van de waterbalans bepalend zijn voor de chlorideconcentratie en de externe nutriëntenbelasting.

Bakje 'percelen'

Het watertekort- en overschot in de **percelen** wordt bepaald in het bakje 'percelen', op basis van:

1. kwel en wegzijging;
2. neerslag en verdamping.

Als het peil in het bakje 'percelen' boven het waterpeil in het bakje 'open water' uitkomt, gaat er water van de percelen naar het open water via drainage/uitspoeling. Het bakje "percelen" simuleert dus de wateraanvoer en -afvoer vanuit de percelen naar het bakje "open water".

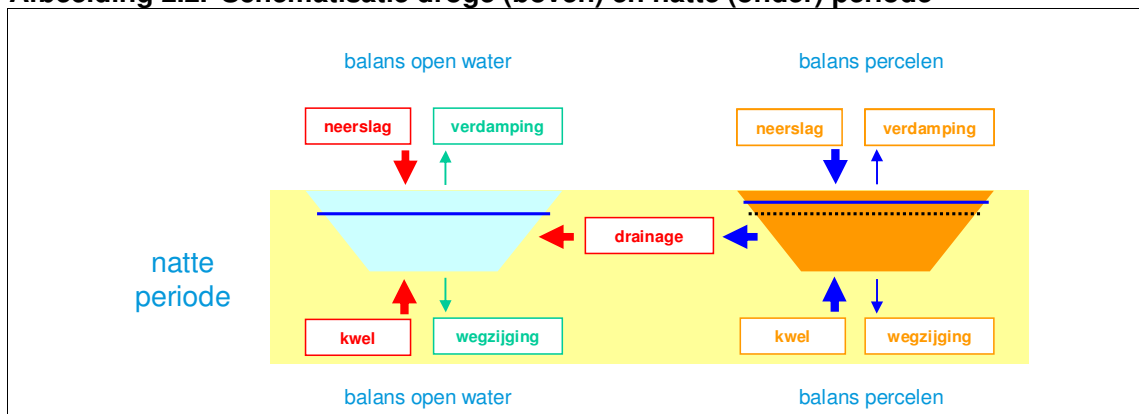
Bakje 'open water'

Het watertekort- en overschot in het **watersysteem** wordt bepaald in het bakje 'open water' op basis van:

1. kwel en wegzijging;
2. neerslag en verdamping;
3. drainage en intrek.

In gebieden waar het waterpeil gereguleerd wordt (door bijvoorbeeld bemaling in poldergebieden), wordt er water afgevoerd zodra het peil in het bakje 'open water' boven het streefpeil + marge uitkomt. Er wordt water aangevoerd als het peil in het bakje 'open water' onder het streefpeil + marge uitkomt. Op locatie De Wiel wordt het waterpeil niet gestuurd. Het waterpeil zakt of stijgt naar gelang de beschikbaarheid van water.

Afbeelding 2.2. Schematisatie droge (boven) en natte (onder) periode

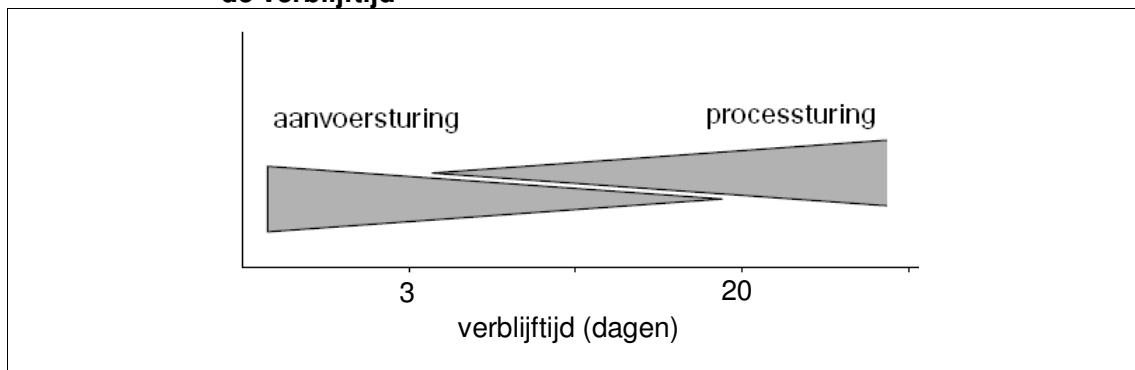


De blauwe lijnen in het bakje geven de waterpeilen aan. De zwarte stippellijn in 'balans percelen' geeft het waterpeil in 'balans open water' weer.

2.2.2. Verblijftijd

De verblijftijd wordt berekend aan de hand van het watervolume en het gemiddelde inkomende debiet (som van neerslag, uitspoeling, kwel, etc., in mm). Indien de verblijftijd in een watersysteem korter is dan 3 weken, is sprake van een systeem waarbij algen- en/of kroesgroei in het watersysteem zelf beperkt zal zijn. Algen en/of kroes vormen in dergelijke systemen vaak geen knelpunt voor het lichtklimaat. Andere factoren zoals zwevend stof en processen zoals roestvorming door ijzeroxidatie kunnen nog wel een beperking vormen voor het doorzicht. Als de verblijftijd langer is dan 3 weken dan wordt gesproken van een procesgestuurd systeem (afbeelding 2.3). Dat wil zeggen dat fysisch-chemische en ecologische processen in het gebied bepalend zijn voor de waterkwaliteit. Met andere woorden: een systeem met een langere verblijftijd is gevoeliger voor kwaliteitsproblemen als gevolg van hoge nutriëntenbelastingen.

Afbeelding 2.3. Het optreden van aanvoersturing of processturing is afhankelijk van de verblijftijd^{*)}



* Afbeelding gebaseerd op figuur 6 uit Baranyi et al. 2002, Freshwater Biology

2.2.3. Nutriëntenbelasting vs. kritische belasting

Aan de hand van de water- en stoffenbalans, wordt de berekende externe nutriëntenbelasting afgezet tegen de berekende kritische belasting. Dit is de belasting die nodig is voor herstel van een stabiel en helder watersysteem. De interne belasting van de waterbodem wordt niet direct meegenomen bij de vergelijking tussen de nutriëntenbelasting en de kritische belasting. De externe belasting bepaalt (op termijn) mede de oplading van de bodem en hiermee de interne belasting. Omdat fosfor vaak limiterend is voor algengroei, is de vergelijking tussen externe belasting en kritische belasting uitgewerkt voor fosfor. Vervolgens wordt bepaald of en op welke wijze de externe nutriëntenbelasting teruggebracht kan worden tot onder de kritische belasting. Dit kan door een verlaging van de nutriëntenbelasting (bronmaatregel), maar ook door aanpassing in de inrichting waarmee de kritische belasting wordt verhoogd (systeemmaatregel). Ten slotte wordt bepaald of andere factoren (waterbodem, bodemwoelende vis) herstel van waterplanten niet in de weg staan. Daarbij wordt er namelijk van uit gegaan dat de externe belasting mede de oplading van de bodem en hiermee de (op termijn) de interne belasting bepaald.

2.3. Lichtklimaat

Voor de uitwerking van de Sleutelfactor 'lichtklimaat' wordt het doorzicht van het watersysteem besproken in relatie tot de diepte. Voor de groei van ondergedoken waterplanten op de waterbodem is namelijk een doorzicht:diepte-ratio vereist van 0,6 (Jaarsma et al., 2008). Voor het lichtklimaat wordt wel besproken in hoeverre algen en/of zwevend stof verantwoordelijk zijn voor het doorzicht in het systeem.

2.4. Productiviteit bodem

De productiviteit van de waterbodem wordt ingeschat door middel van een quickscan. In deze quickscan dienen de parameters P-totaal, Fe en S in de bodem (droog- of versgewicht), het bodemvocht of als fractie Olsen-P ingevuld te worden. De quickscan berekent vervolgens hoeveel de verwachte nalevering van P uit de bodem kan bedragen. Er is een sterke relatie is tussen productiviteit van de bodem en toxiciteit van de bodem. Een hoog-productieve bodem zal in de meeste gevallen namelijk ook verhoogde concentratie van o.a. sulfide bevatten. Daarom wordt bij het onderdeel productiviteit van de bodem ook de toxiciteit van de bodem meegenomen.

3. FUNCTIONEREN WATERSYSTEEM DE WIEL

3.1. Algemeen

De Wiel in de gemeente Geffen is een geïsoleerde waterpartij. De waterpartij heeft een oppervlak van 0,09 ha. Het onverhard oeverzone gebied direct langs De Wiel kan beschouwd worden als afwaterend gebied op De Wiel en heeft een oppervlak van 0,08 ha. Afwatering kan daarbij plaatsvinden via oppervlakkige afstroming en ontwatering. In afbeelding 3.1 is de vijver (blauwe arcering) en de afwaterende oeverzone (gebied tussen rode omlijning en vijveroppervlak) weergegeven. De grens van de afwaterende oeverzone is bepaald aan de hand van een luchtfoto in combinatie met waarnemingen tijdens het veldbezoek.

De vijver is in 1876 ontstaan door een dijkdoorbraak langs de Maas (Moonen & Graatsma, 2012). Door de kracht van het water is de vijver op het diepste punt tot ongeveer 4,5 m diep uitgesleten. De gemiddelde diepte wordt geschat op ongeveer 2 m. De oorspronkelijke waterbodem bestaat hoofdzakelijk uit zwak siltig, matig fijn zand (Van Nuenen, 2012). Voor zover bekend is De Wiel in het verleden nooit gebaggerd. Hierdoor heeft zich een aanzienlijke sliblaag op de waterbodem ontwikkeld met een gemiddelde dikte van ongeveer 0,70 m (Van Nuenen, 2012). Op de waterbodem is een grote hoeveelheid plantenmateriaal aanwezig (Van Nuenen, 2012). Daarnaast is de vijver in het verleden gebruikt als stortlocatie voor (voornamelijk) puin (pers. comm. gemeente Maasdonk).

Afbeelding 3.1. Locatie De Wiel in Geffen



Blauwe lijn: wateroppervlak

Rode lijn: afwaterende oeverzone

3.2. Hydrologische uitgangspunten

Om de hydrologie van het systeem beter te begrijpen, is in Excel een waterbalans opgesteld op dagbasis (hoofdstuk 4). Voor de waterbalans is gebruik gemaakt van een standaardbalans die wordt gevoed met systeemkenmerken zoals dimensies van het oppervlaktewater en (onverhard) afwaterend gebied, neerslag en verdamping (uit meteo-reeksen) en (een indicatie van) de mate van kwel en/of wegzijging (paragraaf 2.2). In paragrafen 3.2.1 - 3.2.3 zijn de uitgangspunten voor de waterbalans bepaald.

3.2.1. In- en uitlaatpunten

De Wiel ligt hydrologisch geïsoleerd. Er is dus geen sprake van inlaat of uitlaat van oppervlaktewater. De dichtstbijzijnde watergangen liggen op een behoorlijk grote afstand van De Wiel (afbeelding 3.2). Het systeem is dus volledig regenwater en/of grondwater gevoed. Uit waarnemingen van waterschap Aa en Maas en waarnemingen tijdens het veldbezoek blijkt dat het waterpeil in de vijver gedurende de zomer uitzakt en gedurende de winter weer stijgt.

Afbeelding 3.2. Afbeelding ligging watergangen in de omgeving



Rode lijn: De Wiel en directe omgeving (de rode lijn is de ligging van de straat)

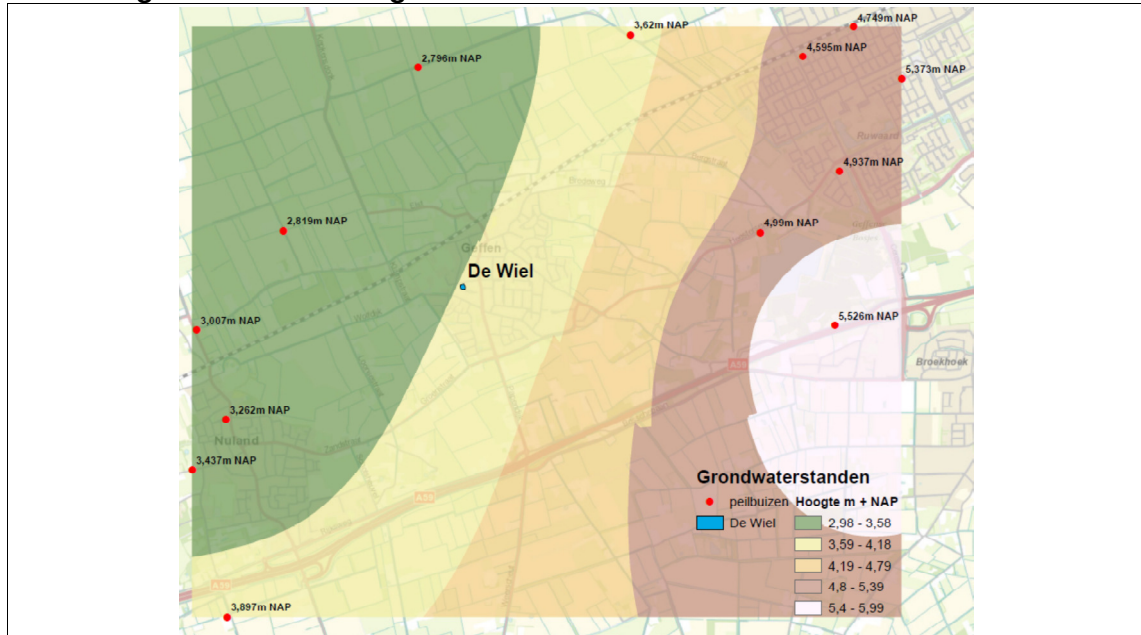
Blauwe en groene lijnen: legger en schouwwatergangen

3.2.2. Grondwatersysteem

De invloed van het regionaal grondwatersysteem is belangrijk voor de wateraan- en afvoer en de waterstanden van De Wiel. Op de onderstaande afbeelding zijn de gemiddelde grondwaterstanden weergegeven op basis van gegevens uit het DINO-loket. De filters van de peilbuizen liggen tussen NAP -5,0 m tot NAP +5,0 m. Op de afbeelding zijn de gemiddelde grondwaterstanden bij de peilbuizen weergegeven. Tevens zijn de geïnterpoleerde grondwaterstanden weergegeven (bepaald met GIS). Op basis van de gegevens kan geconcludeerd worden, dat de grondwaterstand bij De Wiel gemiddeld op ca. NAP +3,7 m

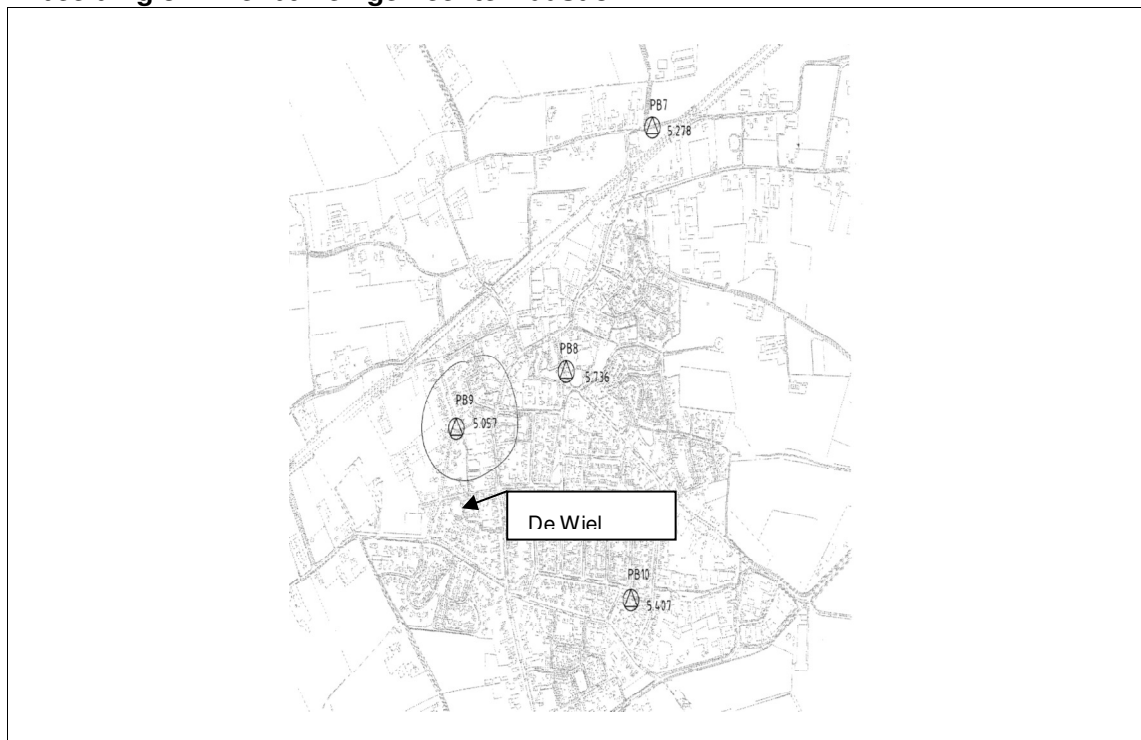
ligt. De grondwaterstand neemt in noordwestelijke richting af. Hiermee kan uitgegaan worden van een grondwaterstroming in noordwestelijke richting.

Afbeelding 3.3. Gemiddelde grondwaterstanden



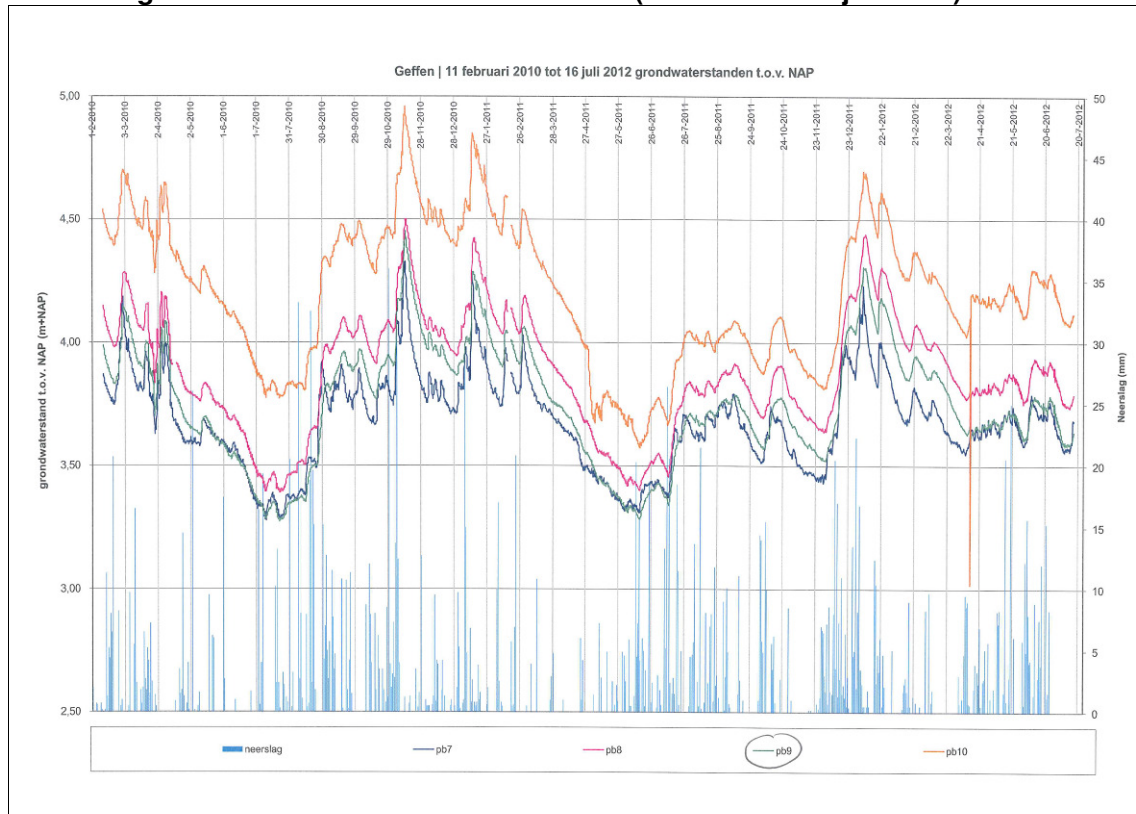
Door de gemeente zijn metingen van de ondiepe grondwaterstanden in de omgeving van De Wiel aangeleverd. Op afbeelding 3.4. worden de locaties van de peilbuizen aangegeven. Peilbuis 9 ligt 200 m ten noorden van De Wiel en is hiermee representatief voor de grondwaterstanden in de omgeving van De Wiel.

Afbeelding 3.4. Peilbuizen gemeente Maasdonk



Op afbeelding 3.5 worden de grondwaterstanden in de peilbuizen van de gemeente weer-gegeven.

Afbeelding 3.5. Grondwaterstanden t.o.v. NAP (februari 2010 - juli 2012)



Uit de afbeelding blijkt tijdens de meetperiode de grondwaterstand bij peilbuis 9 maximaal ca. NAP +4,45 m is en minimaal ca. NAP +3,30 m. Er is hiermee sprake van een grondwaterstandfluctuatie van ca. 1,15 m. De fluctuatie van de grondwaterstand bij de andere peilbuizen is vergelijkbaar.

Op de wateratlas Noord-Brabant is aangegeven, dat er ter hoogte van De Wiel sprake is van een situatie met soms kwel (bron website wateratlas, provincie Noord-Brabant).

3.2.3. Oppervlaktewaterstand

Er zijn geen meetgegevens beschikbaar van oppervlaktewaterstand van De Wiel. Daarom is aan de hand van de Algemene Hoogtekaart Nederland 2 (AHN2) het oppervlaktewaterpeil afgeleid. In afbeelding 3.6 is een uitsnede van de AHN2 weergegeven. De hoogten bij het wateroppervlak zijn hierin niet opgenomen. De laagste hoogte van de oever op de AHN is NAP +3,9 m. Daarom wordt uitgegaan van een oppervlaktewaterpeil op dat moment van NAP +3,9 m.

Afbeelding 3.5. De Wiel zoals weergegeven in de AHN2



De oppervlaktewaterstand op basis van de AHN is een indicatieve waarde. Bij De Wiel wordt er geen peilbeheer toegepast. In de praktijk is er sprake van een seizoensvariatie in waterstanden met een hoger peil in de winter dan in de zomer. De gemeente Maasdonk en waterschap Aa en Maas hebben op basis van praktijkervaring aangegeven de plas nooit geheel droogvalt of overstroomt.

4. WATER- EN STOFFENBALANS

4.1. Waterbalans

De waterbalans wordt uitgevoerd voor een langjarige periode. Doel van de waterbalans is het verkrijgen van inzicht in verblijftijden en de wateraan- en afvoerhoeveelheden.

4.1.1. Kwel en infiltratie

Met de balansberekening zijn eerst de aan- en afvoerhoeveelheden bepaald zonder kwel- en wegzijging. In tabel 4.1 zijn de jaargemiddelde hoeveelheden aangegeven.

4.1. Jaargemiddelde waarden aan- en afvoerposten De Wiel

post	mm
ontwatering percelen (neerslagoverschot bakje percelen *)	+116
directe neerslag op De Wiel	+760
verdamping De Wiel *	- 702
in- uitpost	+175

* In de waterbalans zijn verdampingsfactoren op maandbasis verwerkt op basis van het rapport Van Penman naar Makkink, een nieuwe berekeningswijze voor de klimatologische verdampingsgetallen, KNMI/CHO, rapporten en nota's, no.19, 1988.

Uit de berekening blijkt dat er gemiddeld genomen sprake is van een neerslagoverschot van 175 mm (ca. 0,5 mm/jaar). Hiermee wordt er van uitgegaan dat er op jaarbasis sprake is van wegzijging. Daarbij is het evenwel mogelijk dat er in bepaalde perioden sprake is kwel en in andere perioden sprake kan zijn van wegzijging.

Om inzicht te krijgen in de kwelbijdrage heeft het waterschap de chlorideconcentratie in De Wiel gemeten (éénmalige meting). Op 10 december 2012 is een chlorideconcentratie gemeten van 33 mg/l.

Met behulp van een chloridebalans is berekend bij welke kwelaanvoer de gemiddelde concentratie in De Wiel 33 mg/l bedraagt. Uitgangspunten daarbij zijn:

- een concentratie chloride in neerslag van 2,2 mg/l (langjarig gemiddelde Wageningen 1992 - 2004);
- een chlorideconcentratie in het grondwater van 60 mg/l (Van Vliet et al., 2010).

Bij de balansberekening wordt er bovendien van uitgegaan dat chloride niet verdampt, waardoor de chlorideconcentratie toeneemt in de waterpartij. Dit wordt ook wel 'indikking' genoemd.

Uit de chloridebalans blijkt dat bij een kwelhoeveelheid van 0,5 mm/jr een chlorideconcentratie van gemiddeld ca. 33 mg/l wordt bereikt. In tabel 4.2. wordt de input voor de chloridebalans en het resultaat hieruit samengevat.

Tabel 4.2. Input en resultaten chloridebalans

onderdeel	jaargemiddelde aanvoer mm	concentratie chloride mg/l
ontwateringswater percelen	+116	60
kwel	+275	60
directe neerslag	+760	2,2
gewogen gemiddelde aanvoerposten zonder indikking		22
berekende concentratie De Wiel		ca. 33
berekende indikkingfactor door verdamping		ca. 1,5

In de waterbalans wordt op basis van het bovenstaande uitgegaan van netto 0,75 mm/jaar wegzigging met daarbij 0,5 mm/jaar aan bruto kwel en 1,25 mm/jaar bruto wegzigging.

4.1.2. Berekende waterstanden

In de waterbalans is de (seizoens)fluctuatie in kwel en infiltratie niet meegenomen. De berekende grondwaterstanden bij de oeverzone (bakje percelen) fluctueren tussen NAP +3,8 m en NAP +4,3 m in de periode februari 2010 t/m juli 2012. Bij peilbuis 9 varieert de gemeten grondwaterstand in deze periode tussen minimaal NAP +3,30 m en maximaal NAP +4,45 m. De berekende fluctuatie is dus kleiner dan de gemeten fluctuatie. Dit kan verklaard worden doordat de fluctuatie in werkelijkheid groter is door de seizoenwisselingen in kwel/infiltratie. De berekende oppervlaktewaterstanden De Wiel fluctueren tussen NAP +3,75 m en NAP +4,5 m.

4.1.3. Verblijftijd

Met de waterbalans wordt een verblijftijd berekend van gemiddeld ongeveer 1431 dagen (ongeveer 4 jaar). Vanwege de fluctuatie in kwel- en wegzigging zullen de werkelijke verblijftijden enigszins korter zijn. Desondanks kan uitgegaan worden van lange verblijftijden. De oorzaak van de lange verblijftijd is de geïsoleerde ligging van het waterlichaam. Er wordt geen water in- of uitgelaten. Door de hoge verblijftijd is het systeem procesgestuurd. Dat wil zeggen dat fysisch-chemische en ecologische processen in het gebied bepalend zijn voor de waterkwaliteit. Dit is ook in de lijn der verwachting voor een geïsoleerde plas.

4.2. P-belasting vs. kritische P-belasting

In deze paragraaf wordt de kritische belasting uitgezet tegen de externe belasting op De Wiel. De externe belasting door bladval is berekend. Voor de overige bronnen zijn kengetallen gebruikt. De kritische belasting is bepaald aan de hand van de diepte, het debiet en het type bodem.

4.2.1. Kengetallen

Op basis van de analyse is de P-belasting op De Wiel geheel afkomstig van neerslag, kwel, uitspoeling, afstroming en bladval. Op 3 augustus 2010 zijn er tijdens een belevingsonderzoek bij De Wiel 6 wilde eenden en 1 witte gans geteld. Op basis van deze telling en op basis van waarnemingen tijdens het veldbezoek op 20 september 2012 zijn er echter geen vogels waargenomen. De belasting door watervogels en eendenvoer is niet meegenomen in de analyse. Voor het kwantificeren van de bijdrage van de bronnen aan de externe P-belasting zijn kengetallen gebruikt, welke zijn weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kengetallen P-belasting

post	waarde	eenheid	verwijzing
neerslag	0,01	mg/l	RIVM meetreeksen
kwel	0,40	mg/l	Van Viet et al(2010)
uitspoeling	0,30	mg/l	Van de Weerd & Torenbeek (2007)
afstroming van oppervlak	0,69	mg/l	Waajen, 2011
bladval	8,22	mg/meter oever/d	Witteveen+Bos, 2006

De externe P-belasting als gevolg van bladval is bepaald op basis van de lengte van de oever en de begroeiing. De Wiel wordt omringd door dicht bosplantsoen (800 m²), bestaande uit struikgewas (2-4 m hoog) en enkele middelgrote tot grote bomen (waarnemingen veldbezoek; Moonen & Graatsma, 2012). Het uitgangspunt is dat elke meter begroeid oever (bomen, struiken) van een stadswater voor een vracht zorgt van 8,22 mg P/dag (Witteveen+Bos, 2006).

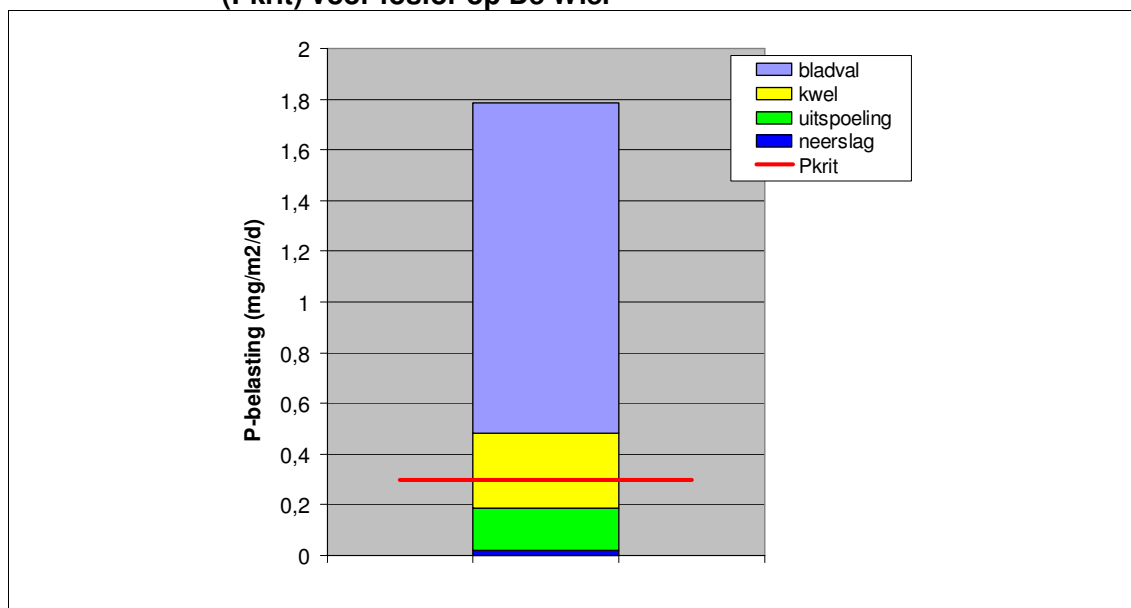
4.2.2. Externe P-belasting vs. kritische belasting

De berekende huidige externe P-belasting bedraagt ongeveer 1,8 mg/m²/d. De belasting is berekend aan de hand van een langjarige gemiddelde belasting (2000-2011). Bladval zorgt voor een belasting van 1,3 mg/m²/d. Kwel zorgt voor een belasting van 0,3 mg/m²/d. De belasting door uitspoeling en neerslag bedraagt respectievelijk 0,18 en 0,02 mg/m²/d. Bladval vormt dus de belangrijkste externe bron (afbeelding 4.1).

Met het model PCDitch is bepaald dat de kritische P-belasting voor dit systeem 0,3 mg/m²/dag bedraagt (afbeelding 4.1). De kritische belasting is relatief laag omdat het debiet van het inkomende water (neerslag en uitspoeling) laag is. Daarnaast is de gemiddelde waterdiepte groot.

Afbeelding 4.1 laat zien dat de geschatte huidige externe P-belasting ver boven de kritische belasting ligt. Door het lage debiet en bijbehorende lange verblijftijd spelen nutriënten een belangrijke rol in het ecologisch functioneren van De Wiel.

Afbeelding 4.1. Gemiddelde externe belasting (2000-2011) en kritische belasting (Pkrit) voor fosfor op De Wiel



4.3. Kanttekeningen

De volgende opmerkingen worden geplaatst ten aanzien van de aangehouden methodiek:

- in stedelijk gebied is strooizout op wegen ook een chloridebron. Er wordt van uitgegaan dat een deel van de chloride afgevoerd wordt via de riolering. Een ander deel van de chloride in strooizout, zal het grondwater instromen. De aangehouden chlorideconcentratie in het grondwater is gebaseerd op referentiewaarden op basis van grondwatermetingen. De bijdrage van strooizout bepaald de chlorideconcentratie in het grondwater en is hierin mogelijk meegenomen bij de berekening;
- de waterbalans is afgesteld op basis van een éénmalige meting van de chlorideconcentratie. In de praktijk zal de chlorideconcentratie gedurende het jaar fluctueren (door fluctuaties in de neerslaگانvoer en verdamping). Bij waterpartijen met lange verblijftijden is de verwachting dat er geen grote fluctuatie in de chlorideconcentratie is. Het waterschap heeft bevestigd dat bij geïsoleerde plassen, de fluctuatie in de chlorideconcentratie over het algemeen beperkt is;
- fluctuaties in kwel en wegzijging worden niet meegenomen. Het verloop van het waterpeil gedurende het jaar wordt hierdoor niet goed meegenomen. De gehanteerde waterbalans richt zich daarom alleen op het verkrijgen van inzicht in de gemiddelde verblijftijden en de omvang van de aanvoerposten ten behoeve van de jaarlijkse nutriëntenvrachten;
- de belasting op De Wiel is o.a. bepaald door middel van kengetallen. Hierdoor blijven onzekerheden in de bepaling van de belastingen bestaan.

5. WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE

Voor een beoordeling van de waterkwaliteit is een analyse gemaakt van de aanwezige nutriënten. Hiervoor is gekeken naar de nutriëntenconcentraties en de verhouding tussen de concentratie stikstof en fosfor (N:P-ratio). Vervolgens is het lichtklimaat in De Wiel beschouwd. Belangrijk is of het lichtklimaat voldoet, of algen en/of kroos een probleem vormen voor het lichtklimaat en of andere factoren van belang zijn. Vervolgens is de productiviteit van de bodem onderzocht. Daarna is de zuurstofconcentratie geanalyseerd. Ten slotte is een korte beschrijving gegeven van de ecologie in De Wiel. De gegevens die in onderstaande paragrafen besproken worden, zijn afkomstig van het waterschap Aa en Maas.

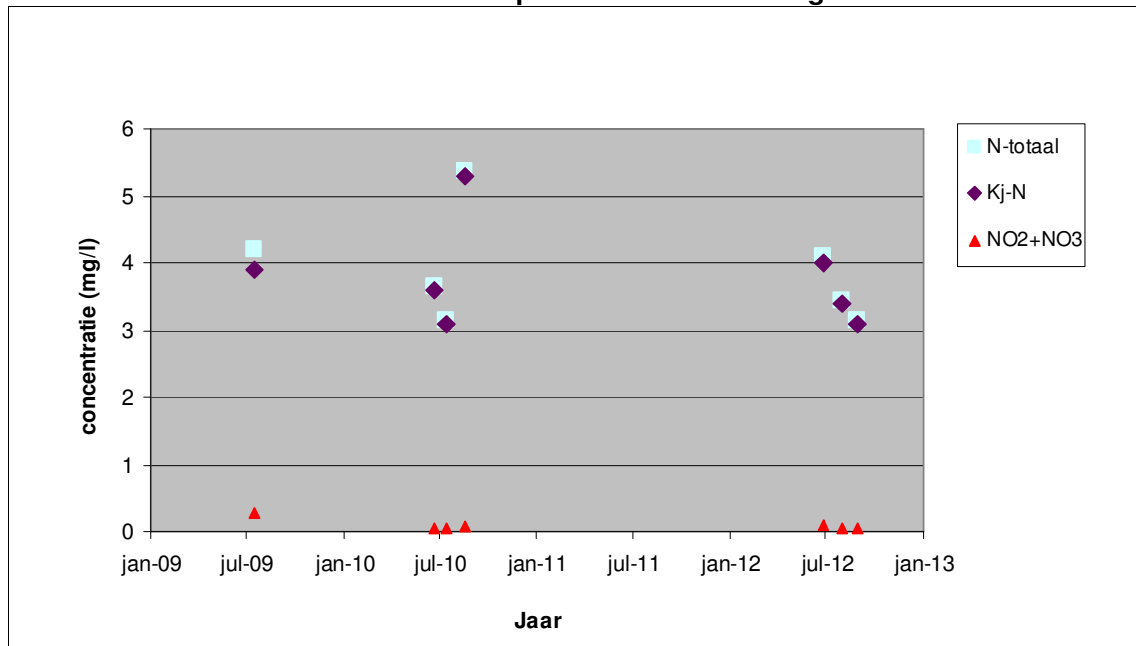
5.1. Nutriënten

In afbeeldingen 5.1-5.3 zijn de gemeten zomerconcentraties weergegeven voor N-totaal (afbeelding 5.1), Kjeldahl-N (afbeelding 5.1 en 5.2) en P-totaal en ortho-P (afbeelding 5.3). In 2009 is de waterkwaliteit één keer gemeten. In zowel 2010 en 2012 zijn 3 waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd. Voor 2011 zijn geen gegevens beschikbaar.

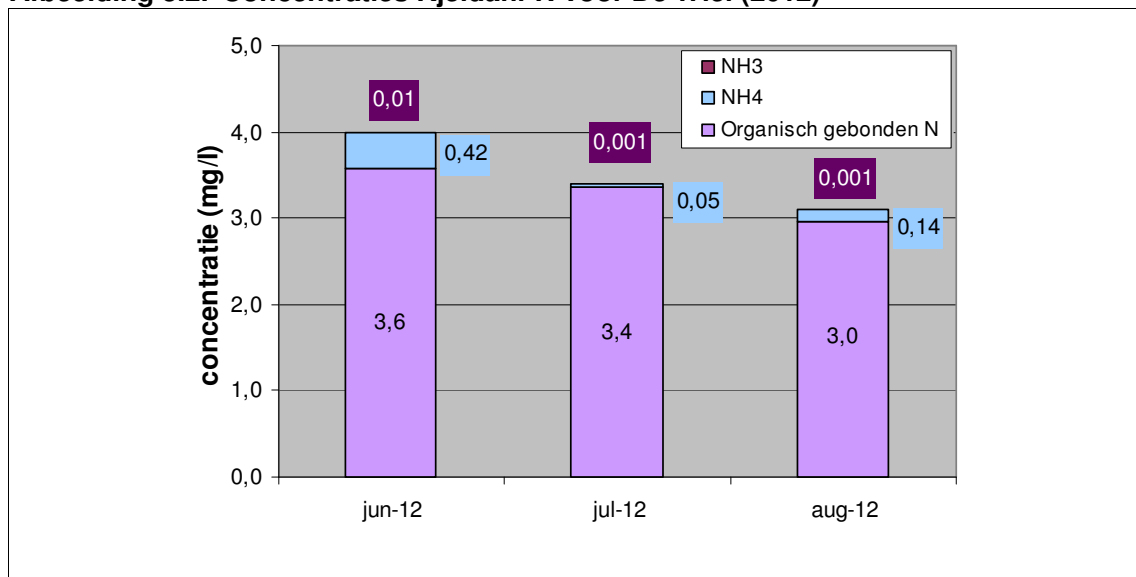
5.1.1. Nutriëntenconcentraties

De concentraties N-totaal en Kjeldahl-N lijken constant te zijn over de periode 2010-2012 en liggen tussen de 3 en 5,5 mg/l (afbeelding 5.1). N-totaal bestaat uit Kjeldahl-N, NO₂ en NO₃. NO₃ kan door algen opgenomen worden tijdens het groeiproces. Vrijwel al het aanwezige stikstof in de waterfase is echter als Kjeldahl-N aanwezig. Er is nauwelijks nitraat aanwezig. In afbeelding 5.2 is het Kjeldahl-N voor het jaar 2012 opgesplitst in de componenten organisch gebonden N, NH₃ en NH₄. Voor de overige jaren zijn hier geen gegevens van beschikbaar. De concentratie organisch gebonden N is berekend door de concentraties NH₄ en NH₃ af te trekken van de concentratie Kjeldahl-N. Uit de afbeelding komt naar voren dat het grootste deel van Kjeldahl-N uit organisch gebonden stikstof bestaat. De hoeveelheid biologisch beschikbaar stikstof betreft dus slechts een zeer klein deel van de concentratie N-totaal. Met andere woorden: vrijwel al het gebonden stikstof zit in de vorm van Kjeldahl-N in (een drijf laag van) algen (het overig deel bevindt zich dan in overig zwevend materiaal).

Afbeelding 5.1. Concentraties N-totaal, Kjeldahl-N en NO₂+NO₃ in de waterfase in De Wiel. Concentratie in 2010 en 2012 zijn bepaald o.b.v. 3 metingen; de concentratie in 2009 op basis van één meting



Afbeelding 5.2. Concentraties Kjeldahl-N voor De Wiel (2012)

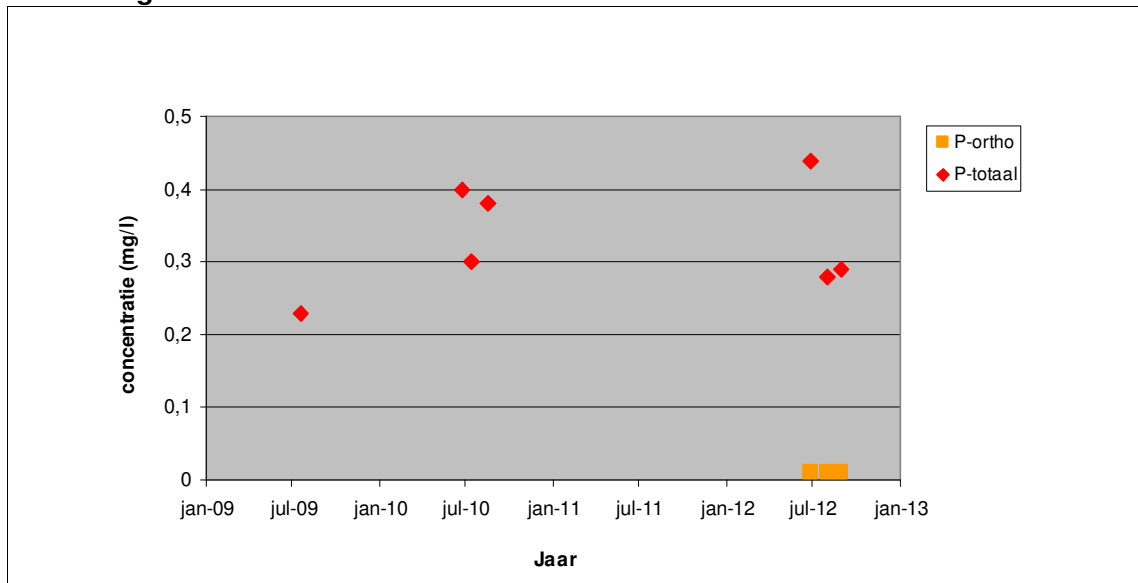


De concentraties P-totaal in de zomers van 2010 en 2012 zijn relatief gelijk (afbeelding 5.3). Ze liggen tussen ongeveer 0,28-0,45 mg/l. De gemeten concentratie P in 2009 (0,23 mg/l) ligt lager dan de gemeten concentraties in 2010 en 2012.

In de zomer van 2012 is ook de concentratie ortho-P gemeten (afbeelding 5.3). Ortho-P is de biologisch beschikbare fractie. Dat wil zeggen dat o.a. algen deze fractie direct kunnen benutten. De concentraties ortho-P liggen onder de detectiegrens van 0,001-0,01 mg/l.

De hoeveelheid biologisch beschikbaar fosfaat betreft dus slechts een zeer klein deel van de concentratie P-totaal. Met andere woorden: vrijwel al het gebonden fosfaat zit in (een drijf laag van) algen.

Afbeelding 5.3. Concentraties P-totaal en ortho-P in de waterfase in De Wiel



5.1.2. N:P-ratio

De N:P-ratio (totaal-N/totaal-P in mg/l) in De Wiel varieerde in de zomermaanden van 2009 tot en met 2012 tussen de 9 en 18 met een gemiddelde van ongeveer 12. Bij een ratio boven de 7,2 (Redfield-ratio) kan P een limiterend nutriënt voor de groei van algen zijn (Loeb & Verdonschot, 2008). Hierbij dient de fosfaatconcentratie voldoende laag te zijn om limiterend te werken. Als P de limiterende factor voor algengroei is, dan zal de concentratie ortho-P gedurende de zomer laag zijn. Dit is het geval in De Wiel (afbeelding 5.3). Omdat P op basis van de analyse de limiterende factor blijkt te zijn, is Stoplicht 1 'productiviteit water' uitgewerkt voor P. Sturen op het gelimiteerde nutriënt heeft naar verwachting namelijk het grootste effect. Daarbij wordt opgemerkt dat de analyse gebaseerd is op twee meetjaren met een beperkt aantal metingen.

5.2. Lichtklimaat

Onderstaand wordt besproken in hoeverre het doorzicht beperkend is voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Daarnaast wordt besproken in welke mate in De Wiel, vanaf 2010, algen zijn aangetroffen.

5.2.1. Doorzicht

Het doorzicht in De Wiel is gering. In de zomermaanden van 2009 tot en met 2012 varieerde het doorzicht tussen de 0,25 en 0,40 m. Voor herstel van ondergedoken waterplanten is een doorzicht:diepte-ratio vereist van 0,6. In De Wiel bedraagt deze ratio slechts 0,1 tot 0,2 (de gemiddelde waterdiepte is 2 m, met fluctuatie in de tijd). Dit betekent dat er te weinig licht tot de bodem doordringt voor de groei en ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de concentraties chlorofyl-a of zwevend stof. Gezien het geringe oppervlak en relatief grote waterdiepte zal zwevend stof hier niet bepalend zijn voor het geringe doorzicht, tenzij er een hoge biomassa aan bodemwoelende vis

aanwezig is. Waarschijnlijk wordt het geringe doorzicht veroorzaakt door groen- en blauwalgen.

5.2.2. Algengroei

Sinds 2010 worden er bloeien van blauwalgen waargenomen in De Wiel. Het aantal waargenomen blauwalgen per ml is in juni 2010 bepaald op ongeveer 83.000, behorende tot de soorten Aphanizomenon, Microcystis, Planktothrix en Woronichinia. In november 2010 waren er nog bijna 60.000 algen per ml aanwezig (enkel Aphanizomenon).

In de zomer van 2012 is het aantal waargenomen blauwalgen per ml zowel in juli als in augustus vastgesteld. In juli werden er ongeveer 174.000 algen geteld (Aphanizomenon, Microcystis en Planktothrix). In augustus waren dit er ongeveer 495.000 algen geteld (Aphanizomenon, Microcystis, Planktothrix en Woronichinia). In 2012 is er op 1 oktober een blauwalgenhoeveelheid gemeten van ruim 960.000 algen per ml (Microcystis, Planktothrix en Woronichinia).

De aanwezigheid van blauwalgen duidt op een hoog productief systeem. Algen zijn, in vergelijking met waterplanten, veel sneller in staat om vrij beschikbare nutriënten in biomassa om te zetten. Algen zijn daarmee een concurrent voor waterplanten om nutriënten. Daarnaast vormen algen ook concurrentie om licht. Zolang algen in grote hoeveelheden aanwezig zijn in De Wiel, zullen waterplanten niet goed in staat zijn tot ontwikkeling te komen.

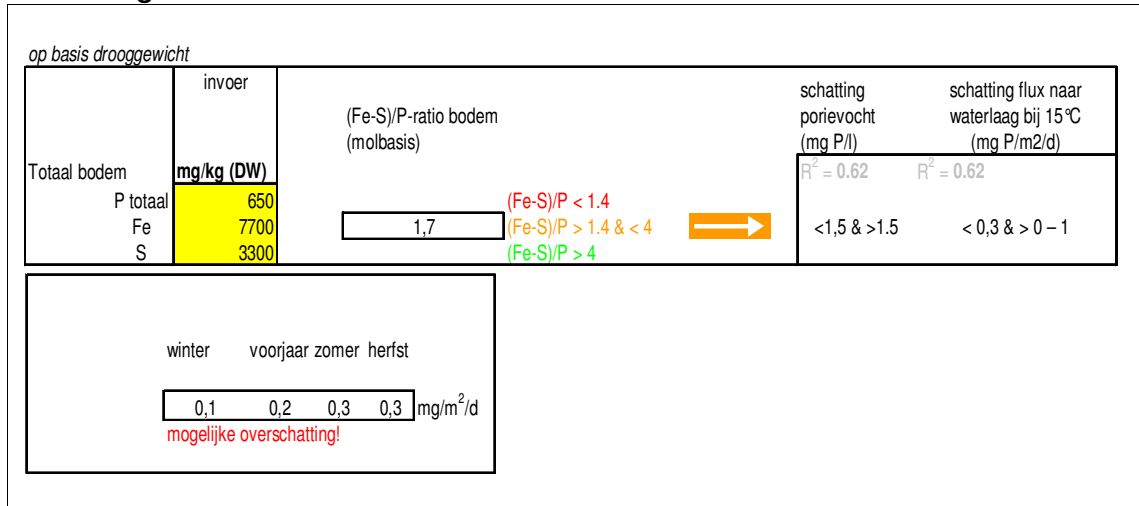
5.3. Waterbodem

De vijver is, voor zover bekend, nooit gebaggerd. Al het organisch materiaal dat in het verleden op de bodem terecht gekomen is, heeft zich al die jaren heeft opgehoopt tot een sliblaag van ongeveer gemiddeld 0,70 m dik (Van Nuenen, 2012). Uit ervaring is bekend dat de bodem een belangrijke bron van nutriënten kan vormen. Daarnaast kan de waterbodem toxisch zijn voor waterplanten als gevolg van vorming van o.a. sulfide in het bodemvocht. Ten slotte is de waterbodem ook belangrijk als substraat voor waterplanten. Een dikke, waterige sliblaag is ongunstig voor de groei en ontwikkeling van waterplanten.

In 2012 is er een waterbodemonderzoek uitgevoerd op locatie De Wiel (Van Nuenen, 2012). In dit onderzoek zijn o.a. Fe, P en S op basis van drooggewicht bepaald. Op basis van deze waarden is de nalevering van fosfaat uit de waterbodem bepaald. Hierbij is gebruik gemaakt van een waterbodem quickscan (afbeelding 5.4). De quickscan, inclusief uitleg over de methodiek, is te downloaden via de website van de STOWA. De methodiek achter de quickscan is gebaseerd op naleveringsexperimenten. De resultaten van deze experimenten zijn vertaald naar rekenregels voor het bepalen van de nalevering uit de waterbodem.

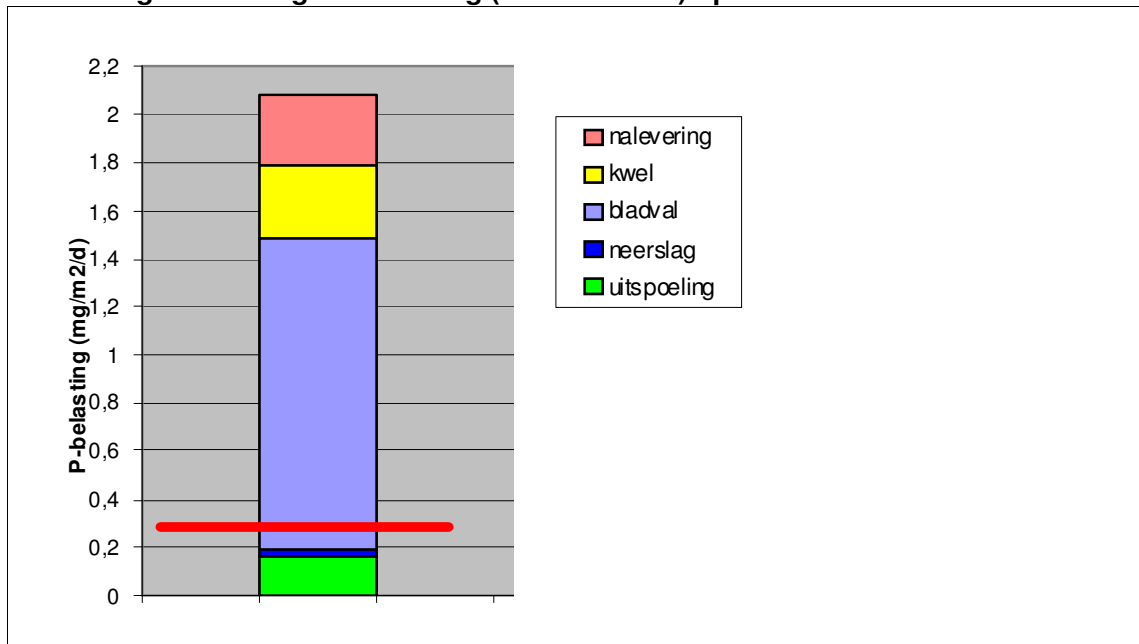
Uit de quickscan komt naar voren dat de nalevering uit de waterbodem gedurende de zomer wordt geschat op maximaal 0,3 mg P/m²/dag. Deze nalevering is net zo hoog als de kritische belasting (afbeelding 4.3). Alleen de nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem zou in theorie al in grote mate sturend kunnen zijn voor de waterkwaliteit van De Wiel.

Afbeelding 5.4. Quickscan waterbodem locatie De Wiel



In afbeelding 5.5. is de P-belasting (intern+extern) weergegeven.

Afbeelding 5.5. Huidige P-belasting (intern+extern) op De Wiel*



* rode lijn geeft de kritische P-belasting weer

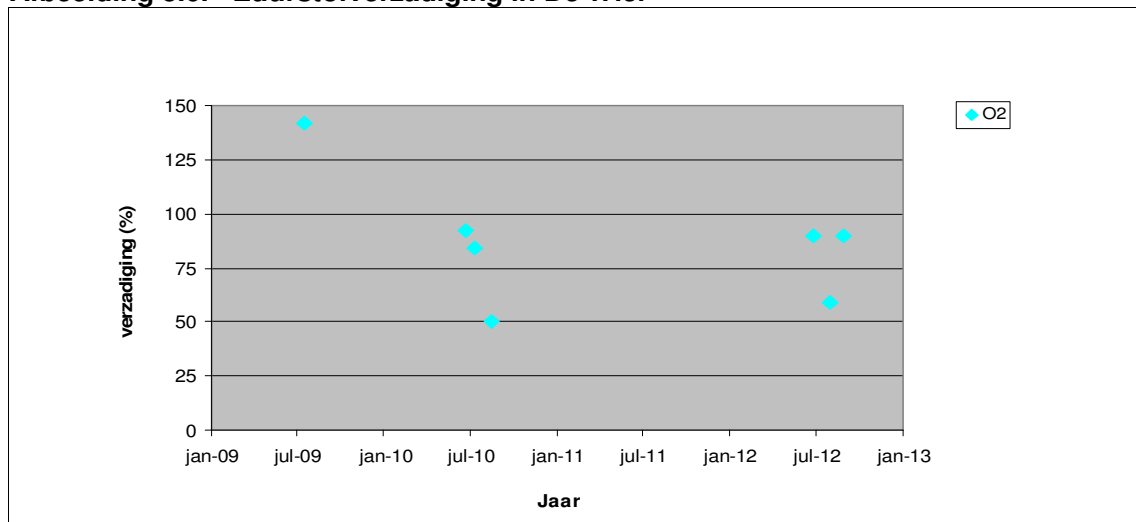
5.4. Zuurstof

De gemeten zuurstofverzadiging over de periode 2010-2012 is weergegeven in afbeelding 5.6. De mate van zuurstofverzadiging wordt voornamelijk bepaald door afbraak- en productieprocessen. Afbraakprocessen consumeren zuurstof, daar waar productie zorgt voor een toename in verzadiging. Het waterschap heeft aangegeven, dat de zuurstofverzadiging in de ochtend en vroege middag (10.00-13.00 uur) is gemeten. De metingen zijn vanaf de oever, in eerste 0,5 m waterkolom, uitgevoerd.

De gemeten waarden van verzadiging liggen tussen 50 % en 140 %. In 2010 en 2012 ligt de zuurstofverzadiging echter tussen de 50-90 %. Als vuistregel wordt gehanteerd dat een

verzadiging tussen de 75-120 % als goed wordt beoordeeld. Alle waarden boven of onder deze range worden als slecht beoordeeld. De verzadiging op locatie De Wiel valt in de meeste gevallen dus net binnen deze range. Deze gemeten waarden laten zien dat voornamelijk zuurstofconsumerende afbraakprocessen in bepaalde perioden een belangrijke rol spelen in De Wiel. Mogelijke bronnen van zuurstofconsumptie zijn de organische sliblaag, de organische belasting als gevolg van bladval en algen (gedurende de nacht) in het watersysteem zelf. Gezien zuurstofverzadiging overdag valt te verwachten dat de verzadiging tijdens de nacht sterk tot onder de 75 %.

Afbeelding 5.6. Zuurstofverzadiging in De Wiel



5.5. Ecologie

5.5.1. Vegetatie

Het is niet bekend in hoeverre er ondergedoken waterplanten in de vijver voorkomen. Gezien het beperkte doorzicht in combinatie met de relatief grote diepte is de verwachting dat er geen ondergedoken waterplanten voorkomen. Ook tijdens het veldbezoek zijn er geen waterplanten waargenomen. Ook de oevervegetatie is slecht ontwikkeld. Grote bomen aan de oevers van de vijver zijn verantwoordelijk voor beschaduwing en ook de aanwezige beschoeiing beperkt de ontwikkeling van oeverplanten.

5.5.2. Vis

Bodemwoelende vis kan een substantiële rol spelen in de nalevering van nutriënten vanuit de waterbodem naar de waterfase. Er zijn echter geen gegevens bekend over de visstand in De Wiel.

6. SYNTHESE OP BASIS VAN ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN

6.1. Opbouw synthese

Zoals in paragraaf 2.1 wordt genoemd, is het systeem in De Wiel geanalyseerd volgens de Ecologische Sleutelfactoren (afbeelding 2.1). Hierbij is gefocust op de eerste 3 Sleutelfactoren, te weten de externe nutriëntenbelasting (productiviteit water: bepalend voor algengroei), het lichtklimaat en de productiviteit van de waterbodem. In tabel 6.1 is een korte samenvatting gegeven van bovenstaande analyse. De 3 Sleutelfactoren zijn hierbij in de eerste kolom weergegeven. In de tweede kolom wordt een korte diagnose per Sleutelfactor gegeven: wordt aan de voorwaarden van de Sleutelfactor voldaan (aangegeven in groen) of niet (aangegeven in rood). In de derde kolom wordt het effect van de diagnose beschreven.

6.2. Uitwerking synthese

6.2.1. Sleutelfactor 1

De externe P-belasting blijkt veel hoger te zijn dan de draagkracht van het systeem (de kritische belasting). Dit is het gevolg van zowel een hoge externe belasting als een lage kritische belasting. Bladval is veruit de grootste belastingbron op het systeem. Kwelwater is ook een grote belastingbron op De Wiel. De lage kritische belasting is het gevolg van de relatief grote waterdiepte en in mindere mate het beperkte inkomende debiet. Daarnaast is de verblijftijd van het water in De Wiel lang. Dit betekent dat De Wiel een procesgestuurd systeem is. Fysisch-chemische en ecologische processen in het systeem zijn bepalend voor de waterkwaliteit. Het gevolg is dat het water troebel is en gedomineerd wordt door algen. Er wordt dus niet voldaan aan de voorwaarden voor de eerste Sleutelfactor 'productiviteit water'. Deze Sleutelfactor is rood ingekleurd in tabel 6.1.

6.2.2. Sleutelfactor 2

Het doorzicht in De Wiel is niet voldoende voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Deze zijn vermoedelijk (i.v.m. het beperkte doorzicht en de relatief grote waterdiepte) niet aanwezig in De Wiel. Op basis van een gemiddelde waterdiepte van 2,0 m zou een doorzicht: diepte-ratio van minimaal 0,6 nodig zijn voor de ontwikkeling van waterplanten in de vijver (Jaarsma et al., 2008). De doorzicht: diepte-ratio in De Wiel voldoet hier niet aan (is thans ca. 0,1-0,2). Het slechte doorzicht wordt waarschijnlijk veroorzaakt door algen. Er wordt dus niet voldaan aan de voorwaarden voor de tweede Sleutelfactor 'lichtklimaat'. Deze Sleutelfactor is om deze reden rood ingekleurd in tabel 6.1.

6.2.3. Sleutelfactor 3

Ten slotte vormt ook de relatief dikke organische sliblaag een knelpunt. De sliblaag zorgt voor nalevering van nutriënten. De nalevering vanuit de waterbodem wordt geschat op ongeveer 0,3 mg/m²/dag en bedraagt ongeveer evenveel als de kritische belasting van het systeem. De structuur van het substraat is daarnaast niet geschikt voor de groei en ontwikkeling van waterplanten. Ook kan de waterbodem zorgen voor toxische condities voor ondergedoken waterplanten, waardoor deze zich in ondiepe delen niet kunnen ontwikkelen. Er zijn echter geen gegevens beschikbaar over de hoeveelheid toxische stoffen in de waterbodem. Er wordt niet voldaan aan de voorwaarden voor de derde Sleutelfactor 'productiviteit bodem'. Daarom is deze Sleutelfactor is rood ingekleurd in tabel 6.1.

Tabel 6.1. Diagnose waterkwaliteit De Wiel (rood: voorwaarde voldoet niet, groen: voorwaarde voldoet wel, grijs: onbekend)

ecologische sleutelfactor	diagnose	effect
1. productiviteit water	belasting hoger dan kritische grens	de externe P-belasting ligt boven de kritische grens van het systeem. Bladval en kwel zorgen hierbij voor een relatief hoge externe P-belasting op het systeem. De lage kritische belasting is het gevolg van de relatief grote waterdiepte.
2. lichtklimaat	doorzicht onvoldoende voor groei van ondergedoken waterplanten	algen zorgen voor een slecht lichtklimaat. Het doorzicht is mede vanwege de grote waterdiepte niet voldoende voor de groei van ondergedoken waterplanten.
3. productiviteit bodem	significante nalevering van P vanuit de waterbodem	de waterbodem bestaat uit een relatief dikke, organische sliblaag. Door nalevering van fosfaat wordt algengroei gestimuleerd. Het substraat is niet geschikt voor waterplanten. Naar verwachting speelt de toxiciteit van de bodem ook een rol. De visstand heeft mogelijk invloed op het doorzicht.

7. AANBEVELINGEN VOOR MAATREGELEN EN VERVOLGONDERZOEK

7.1. Mogelijke maatregelen

De focus van maatregelen die getroffen moeten worden om het systeem in een heldere, plantenrijke toestand te verkrijgen, moet liggen op het terugdringen van de externe belasting en het vergroten van de draagkracht van het systeem. De nutriëntenbelasting dient daarbij onder de kritische belasting te komen.

Aan de hand van de Stoplichtenmethodiek van Ecologische Sleutelfactoren zijn de mogelijke maatregelen voor De Wiel bepaald (tabel 7.1). In de tabel is verder aangegeven welke maatregelen reeds verwerkt zijn in het herinrichtingsplan van de gemeente Maasdonk (Moonen & Graatsma, 2012). In de tabel is ook aangegeven als maatregelen gecombineerd uitgevoerd kunnen worden.

Tabel 7.1. Mogelijke maatregelen De Wiel

maatregel	omschrijving	werkzaamheden	opgenomen in herinrichtingsplan	te combineren met maatregel
stoplicht 1: productiviteit water				
<i>externe belasting</i>				
1	reduceren bladval	beperken groen op de oevers	ja	4
2	reduceren kwel	aanbrengen leemlaag op waterbodembodem	nee	3 & 5
<i>kritische belasting</i>				
3	verondiepen (verhogen draagkracht)	zand storten	deels*	2 & 5
stoplicht 2: lichtklimaat				
4	verhogen lichtinval	beperken groen op de oevers	ja	1
stoplicht 3: productiviteit bodem				
5	reduceren nalevering waterbodembodem	sliblaag afzanden	nee	2 & 3
stoplicht 4: habitatgeschiktheid				
6	stimuleren emerse vegetatie	aanbrengen riet of rietmaaisel	ja **	-

* enkel de oevers

* aanbrengen brengen van rietmaaisel wordt niet benoemd, maar wel het aanbrengen van riet

7.2. Afweging maatregelen

Voor de afweging van maatregelen zijn een aantal factoren van belang:

1. de maatregelen dienen voldoende effectief te zijn om een helder plantenrijk systeem te krijgen. Het toepassen van meerdere maatregelen kan hiervoor nodig zijn;
2. de maatregelen dienen duurzaam te zijn. Het ecologisch systeem dient op de lange termijn evenwichtig te zijn en dient te passen bij de natuurlijke eigenschappen van het watersysteem.

In tabel 7.2 is de effectiviteit en duurzaamheid van de verschillende mogelijke maatregelen beoordeeld.

Tabel 7.2. Effect en duurzaamheid van mogelijke maatregelen De Wiel

maatregel	omschrijving	effect	duurzaamheid
stoplicht 1: productiviteit water			
<i>externe belasting</i>			
1	reduceren bladval	enkel het verwijderen van alle bladverliezende vegetatie zou de externe P-belasting verlagen met maximaal 1,3 mg P/m ² /dag tot 0,5 mg P/m ² /dag (zie afbeelding 4.1). Hierbij komt de P-belasting niet onder de kritische P-belasting van 0,3 mg P/m ² /dag uit (zie afbeelding 4.1). Maatregel zelfstandig uitvoeren is onvoldoende effectief	ja
2	reduceren kwel	enkel het volledig reduceren van kwel zou de externe P-belasting verlagen met maximaal ca. 0,3 mg P/m ² /dag (zie afbeelding 4.1). Hierbij komt de P-belasting niet onder de kritische P-belasting uit van 0,3 mg P/m ² /dag (zie afbeelding 4.1). Maatregel zelfstandig uitvoeren is onvoldoende effectief	nee, de van nature aanwezige kwel- en infiltratie worden sterk beïnvloed, alsmede de natuurlijke oppervlaktewaterstanden
<i>Kritische belasting</i>			
3	verondiepen (verhogen draagkracht)	het terugbrengen van de gemiddelde waterdiepte van 2,0 m naar 1,0 m, zal resulteren in een toename van de kritische P-belasting tot 0,79 mg/m ² /d. De huidige belasting ligt echter hoger dan 0,79 mg/m ² /d. Maatregel zelfstandig uitvoeren is onvoldoende effectief	ja, het hydrologisch karakter van het watersysteem veranderd niet
Stoplicht 2: lichtklimaat			
4	verhogen lichtinval	een verhoogde lichtinval vanaf de oever resulteert in betere groeiomstandigheden voor waterplanten. In de huidige situatie domineren algen echter, waardoor waterplanten niet kunnen ontwikkelen. Maatregel zelfstandig uitvoeren is onvoldoende effectief	ja, maatregel draagt bij aan een evenwichtig ecosysteem
Stoplicht 3: productiviteit bodem			
5	reduceren nalevering waterbodem	het reduceren van de nalevering uit de waterbodem zou de interne P-belasting verlagen met maximaal 0,3 mg P/m ² /dag (zie afbeelding 4.1). De externe P-belasting is dusdanig hoog dat enkel het reduceren van de nalevering niet het gewenste effect zal hebben. Maatregel zelfstandig uitvoeren is onvoldoende effectief	ja, maatregel draagt bij aan een evenwichtig ecosysteem

maatregel	omschrijving	effect	duurzaamheid
Stoplicht 4: habitatgeschiktheid			
6	stimuleren emerse vegetatie*	emersie vegetatie kan dienen als habitat voor verschillende diersoorten. Op dit moment vormt schaduwvorming door bomen en struiken een beperking. Maatregel zelfstandig uitvoeren is onvoldoende effectief	ja, maatregel draagt bij aan een evenwichtig ecosysteem

* rietstrooisel aanbrengen op een droge oever wordt hiervoor geadviseerd (Westendorp, 2012)

7.3. Advies maatregelenpakket

Uit tabel 7.2 kan geconcludeerd worden dat afzonderlijke maatregelen onvoldoende effect hebben om De Wiel in een heldere en plantenrijke situatie te krijgen. In tabel 7.3 is een pakket aan maatregelen opgenomen om De Wiel in een heldere en plantenrijke situatie te krijgen. Bij de keuze van de maatregelen is rekening gehouden met het uitgangspunt van het realiseren van een duurzaam watersysteem.

Tabel 7.3. Maatregelenpakket en effecten

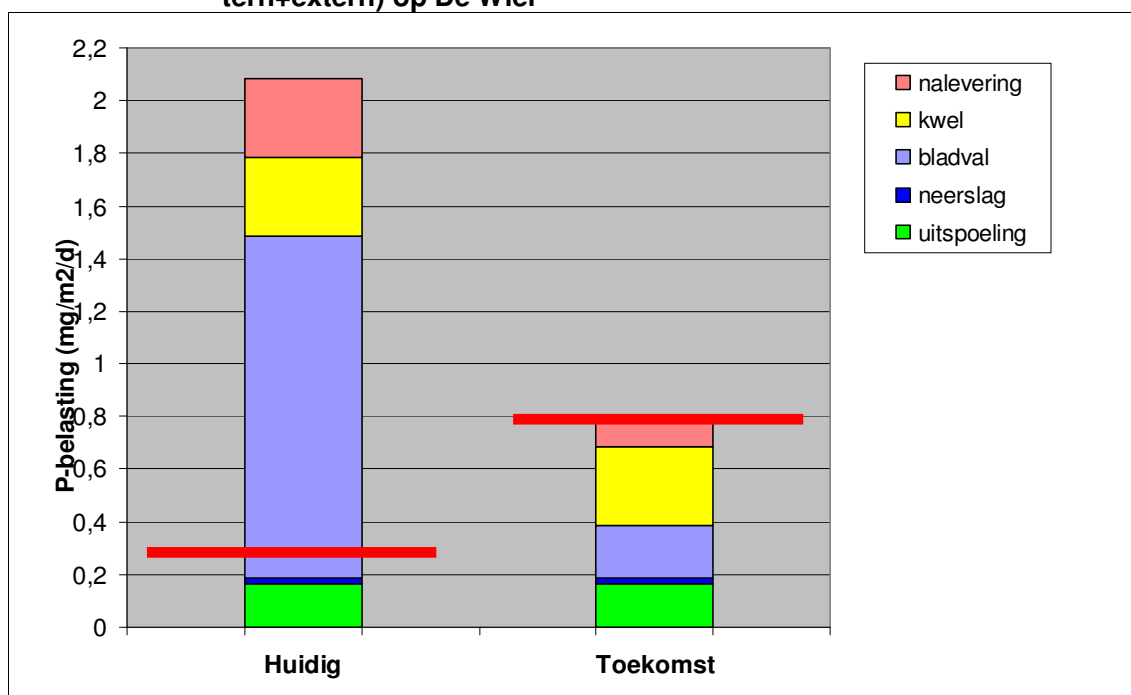
maatregel	omschrijving	effect	duurzaam
verondiepen *	zand storten tot een gemiddelde diepte van 1 m is bereikt	P_{krit} verhoogd tot 0,79 mg P/m ² /dag	ja
reduceren bladval	reduceren begroeid areaal met bomen en struiken tot 20 m	reductie externe belasting van 1,1 mg P/m ² /dag	ja
reduceren nalevering waterbodembodem	sliblaag afdekken met zand	reductie interne belasting van 0,2 mg P/m ² /dag**	ja

* bij het aanbrengen van zand om te verondiepen dient nader bepaald te worden welk type zand gebruikt gaat worden. Een ijzer-, kalk- en/of aluminiumrijke en nutriëntenarme component wordt geadviseerd. IJzer heeft (onder zuurstofrijke condities) namelijk een sterke bindingscapaciteit voor P, waardoor P uit de waterfase en waterbodembodem wordt gebonden en niet zal bijdragen aan algengroei.

** schatting op basis van expert judgement

In afbeelding 7.1. is de berekende belasting en kritische belasting weergegeven. Het maatregelenpakket resulteert in een belasting van 0,74 mg P/m²/dag. De toelaatbare berekende kritische P-belasting bedraagt 0,79 mg P/m²/dag. De belasting is hiermee lager dan de kritische belasting. Daarnaast heeft de maatregel 'verondiepen' tot effect dat zonlicht eerder de bodem bereikt en dat de verblijftijd van het watersysteem wordt verkort. Hierdoor hebben ondergedoken waterplanten meer kansen om tot ontwikkeling te komen.

Abbeelding 7.1. Huidige en toekomstige (na maatregelenpakket) P-belasting (intern+extern) op De Wiel*



* rode lijn geeft de kritische P-belasting weer

Met het voorgestelde maatregelenpakket zal er een sterke impuls gegeven worden aan het verbeteren van de waterkwaliteit en ecologie van De Wiel. Op basis van de analyse en berekeningen kan gesteld worden dat het realiseren van een heldere plantenrijke waterpartij kansrijk is. Daarbij wordt opgemerkt dat de gehanteerde methode een theoretische aanpak is met de op dat moment beschikbare informatie. Bovendien ligt de berekende belasting net onder de berekende kritische belasting. Er zijn verder bij de berekeningen diverse aannames uitgevoerd. Er kan hiermee niet met zekerheid gesteld worden, dat een plantenrijke en heldere situatie verkregen worden. Desondanks is duidelijk dat de maatregelen wel sterk zullen bijdragen aan een verbetering van de waterkwaliteit.

7.4. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

In tabel 7.4 is een overzicht van aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

Tabel 7.4. Samenvattende tabel voorgestelde aanbevelingen voor vervolgonderzoek De Wiel

aanbeveling	omschrijving	werkzaamheden
1	watervogels	controleren aanwezigheid watervogels
2	onderzoeken visstand	visstandbemonstering
3	monitoren waterkwaliteit	monitoren grond- en oppervlaktewater

7.4.1. Watervogels

De belasting door watervogels is niet meegenomen bij het bepalen van de actuele belasting op de Wiel (afbeelding 7.1). Er kan namelijk niet met zekerheid geconcludeerd worden of watervogels jaarrond op De Wiel verblijven. De invloed van enkele watervogels kan echter al bepalend zijn op het bereiken van een helder en plantenrijk systeem in een toekomstige situatie. Wij adviseren daarom de aantallen watervogels op De Wiel jaarrond te moni-

toren. Indien er aanleiding voor is, adviseren we om omwonenden te informeren over de invloed van het voeren van eenden op de waterkwaliteit en eventueel een voerverbod in te stellen. Hierdoor zal de belasting door watervogels beperkt blijven.

7.4.2. Visstandonderzoek

Er zijn geen gegevens bekend over de visstand in De Wiel. Een hoge dichtheid van bodemwoelende vis (zoals karper en grote brasem) kan echter van grote invloed zijn op de waterkwaliteit. Via opgewerveld bodemmateriaal en uitwerpselen mobiliseren ze nutriënten uit de waterbodem naar de waterfase. Daarnaast kunnen bodemwoelende vissen een belangrijke rol spelen in het doorzicht van een systeem. Als de bodem uit gemakkelijke op te wervelen bodemdeeltjes bestaat (zoals slib), kan activiteit van bodemwoelende vis resulteren in troebel water. Met het oog op de eventuele maatregelen en het streven naar een helder en plantenrijk watersysteem, is het van belang de grootte en samenstelling van visstand te weten. Daarom wordt aanbevolen om de visstand te onderzoeken. Afhankelijk van de grootte en de samenstelling van de visstand, kan overwogen worden hierop in te grijpen. Ingrijpen voorkomt dan, dat de visstand die zich ontwikkeld heeft bij de huidige belastingen het systeem met de belastingen na de maatregelen verstoord.

7.4.3. Monitoren grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Omdat uit de P-concentraties van het grondwater blijkt dat kwel een belangrijke belastingbron is, adviseren wij de grondwaterkwaliteitsgegevens te bepalen. Hiervoor adviseren wij de volgende parameters in het grondwater op een representatief punt nabij De Wiel te bepalen (4 keer per jaar):

- fosfaatconcentraties;
- chlorideconcentraties;
- EGV;
- ijzer.

Voor een beter inzicht in de waterbalans en kwel- en infiltratiehoeveelheden worden langdurige metingen van de waterstanden van De Wiel aanbevolen (jaarreeks).

Wij adviseren verder om de ontwikkelingen in waterkwaliteit (nutriëntenconcentraties, zuurstofhuishouding, doorzicht) na herinrichting van De Wiel te volgen. Door monitoring kan o.a. een koppeling worden gemaakt tussen de voorgestelde maatregelen en het ecologisch en hydrologisch functioneren van het systeem. Voor monitoring dienen de volgende parameters jaarrond bepaald te worden (voor de stoffen 12 keer per jaar):

- oppervlaktewaterstanden (t.o.v. NAP);
- chlorideconcentraties;
- calciumconcentraties;
- EGV;
- concentraties N (N_{tot} , NO_3 , NO_2 , NH_3 , NH_4 en NKj);
- concentraties P (P_{tot} en PO_4);
- concentraties S;
- zuurstofconcentraties en zuurstofverzadiging;
- doorzicht;
- Chlorofyl-a.

8. REFERENTIES

1. Baranyi, C., Hein, T., Holarek, C., Keckeis, S., Schiemer, F., 2002. Zooplankton biomass and community structure in a Danube River floodplain system: effects of hydrology. *Freshwater Biology* 47(3): 473 - 482.
2. Jaarsma, N., Klinge, M. & Lamers, L. 2008. Van helder naar troebel... en weer terug. Rapport STOWA 2008-04. ISBN 978.90.5773.386.4.
3. Loeb, R. & Verdonschot, P.F.M., 2008. Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 128. 69 blz;
4. Moonen, K. & Graatsma, J. 2012. Herinrichtingsplan De Wiel. Afstudeerproject Hogeschool HAS, Den Bosch. Projectnummer 4212MAA4. In opdracht van gemeente Maasdonk.
5. Van de Weerd, H. & Torenbeek, R. 2007. Uitspoeling van meststoffen uit grasland - emissieroutes onder de loep. STOWA-rapport 2007-14. ISBN 978.90.5773.364.2.
6. Van der Wijngaart, T., Schep, S. & Chan, P.M., 2012. Factsheets uitkomsten watermozaiekprojecten 2009-2012: bouwstenen van kennis. STOWA.
7. Van Nuenen, J. 2012. Verkennend waterbodemonderzoek stadswater De Wiel te Geffen. Rapportage van MILON bv, in opdracht van Aquon Instituut voor wateronderzoek en advies.
8. Van Vliet, M.E., Vrijhoef, A., Boumans, L.J.M. & Wattel-Koekkoek, E.J.W. 2010. De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2008 en de verandering daarvan in 1984-2008. RIVM Rapport 680721005/2010.
9. Waajen, G., 2012. Conceptnotitie ten behoeve van achtergrondrapport Kansrijke Innovatieve Maatregelen Bestrijding Blauwalgenoverlast: vijver Mgr. Schaepmanlaan Dongen. Waterschap Brabantse Delta.
10. Westendorp, P-J. 2012. Rapportage ecologisch beheer Volgermeerpolder 2011. Rapport Witteveen+Bos, in opdracht van Ontwikkelingsbedrijf Gemeente Amsterdam.
11. Witteveen+Bos, 2006. Waterkwaliteitsspoor Moordrecht. In opdracht van hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard.
12. www.rivm.nl;
13. www.stowa.nl/upload/publicaties/QuickScan%20v1%2002.xls.