

Watersysteem- en bronanalyse knelpunten stedelijk water

deelrapport Slievenvijver te Somereren



**Watersysteem- en bronanalyse
knelpunten stedelijk water****deelrapport Slievenvijver te
Somerem**

referentie	projectcode	status
HT449-1/14-006.904	HT449-1	definitief 02
projectleider	projectdirecteur	datum
drs.ing. A. Balla	ir. Th.G.J. Witjes	2 april 2014

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	6
2.2.3. Nutriëntenbelasting vs. kritische belasting	6
2.3. Lichtklimaat	6
2.4. Productiviteit bodem	7
3. FUNCTIONEREN WATERSYSTEEM SLIEVENVIJVER	9
3.1. Algemeen	9
3.2. Hydrologische uitgangspunten	10
3.2.1. In- en uitlaatpunten	10
3.2.2. Grondwatersysteem	10
3.2.3. Oppervlaktewaterstand	11
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 belasting	14
4.2.1. Belastingbronnen	14
4.2.2. Externe P-belasting vs. kritische belasting	15
4.3. Kanttekeningen	17
5. WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE	20
5.1. Nutriënten	20
5.1.1. Nutriëntenconcentraties	20
5.1.2. N:P-ratio	22
5.2. Lichtklimaat	22
5.2.1. Doorzicht en beschaduwing	22
5.2.2. Algengroei	23
5.3. Waterbodem	23
5.4. Zuurstof	24
5.5. Ecologie	25
5.5.1. Vegetatie	25
5.5.2. Vis	25
5.5.3. Watervogels	26
6. SYNTHESE OP BASIS VAN ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN	28
6.1. Opbouw synthese	28
6.2. Uitwerking synthese	28
6.2.1. Sleutelfactor 1	28
6.2.2. Sleutelfactor 2	28
6.2.3. Sleutelfactor 3	28

7. AANBEVELINGEN VOOR MAATREGELEN EN VERVOLGONDERZOEK	30
7.1. Mogelijke maatregelen	30
7.2. Afweging maatregelen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
7.3. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	32
7.3.1. Visstandonderzoek	32
7.3.2. Tellingen watervogels	33
7.3.3. Monitoren oppervlaktewaterkwaliteit	33
8. REFERENTIES	34
laatste bladzijde	35
BIJLAGEN	aantal blz.
I Gehanteerde verdampingsfactoren	1
II Neerslag en verdamping meetstation Volkel	1

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Waterschap Aa en Maas heeft zich voorgenomen om samen met de gemeenten voor zes 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.

In deze waterpartijen is sprake van negatieve beleving of ernstige waterkwaliteitsproblemen zoals blauwalgen, botulisme en/of vis- en vogelsterfte. 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 vijf 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 vijf waterpartijen, maatregelen voor te stellen waarmee we de juiste randvoorwaarden verzorgen voor het verkrijgen van heldere en plantenrijke waterpartijen. Hierbij wordt gericht op het vaststellen van kansrijke maatregelen. Maatregelen zijn daarbij kansrijk indien ze voldoende effectief en duurzaam zijn.

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, grond- en oppervlaktewaterstanden en de aanwezigheid van kwel en/of wegzijging;
- 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 drie 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.

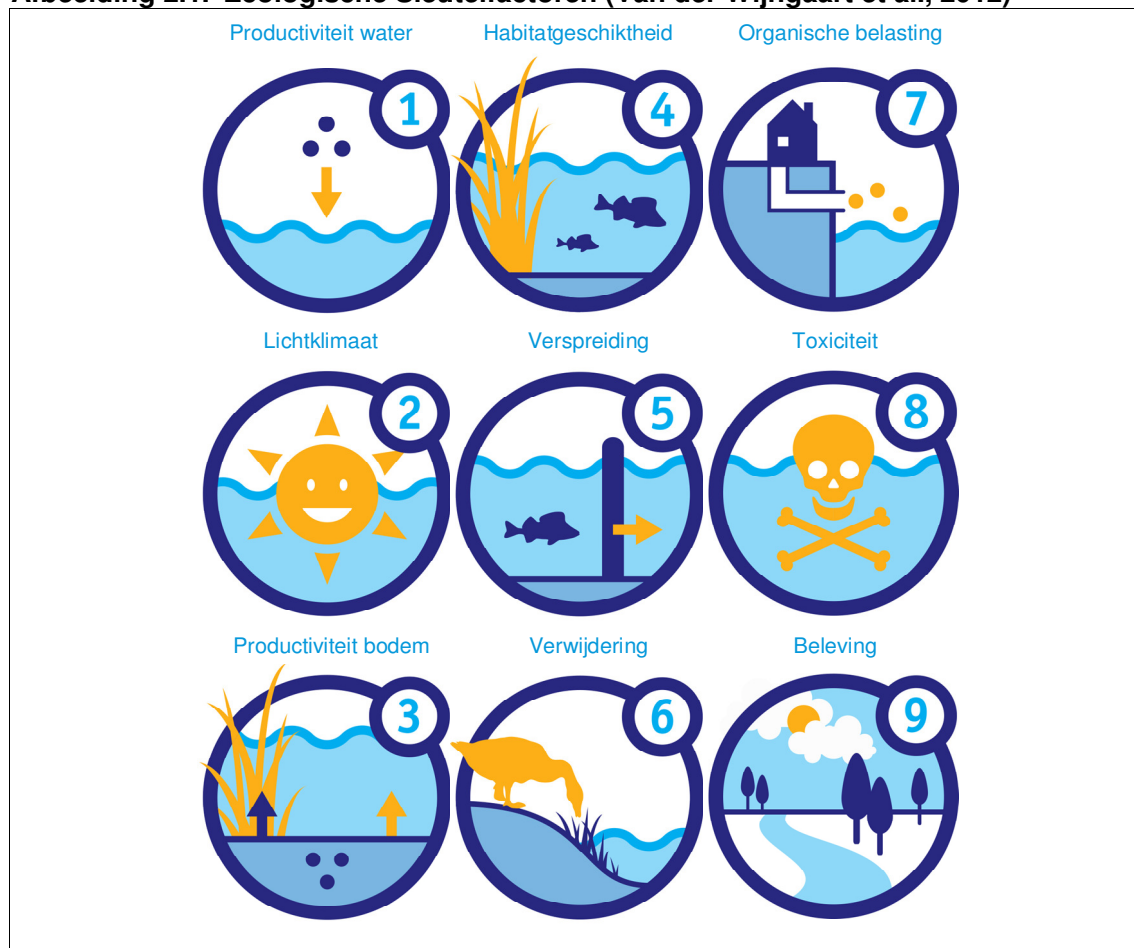
In deze rapportage is de watersysteemanalyse beschreven voor waterpartij de Slievenvijver in Someren.

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 drie 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 drie 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 drie 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 et cetera). Bij een nutriëntenbelasting boven de kritische belasting zullen algen naar alle waarschijnlijkheid 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 twee bakjes (afbeelding 2.2):

- balans open water;
- balans percelen ¹.

Het uitgangspunt is de balans voor het open water. In afbeelding 2.2 is een voorbeeld weergegeven van een natte periode. Het betreft hierbij een systeem zonder in- en uitlaatpunten (zoals de Slievenvijver). 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.

¹ Met het bakje percelen, wordt een waterbalans voor het grondwater in de percelen doorgerekend.

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;
3. ontwatering¹ naar bakje 'open water' en intrek² vanuit bakje 'open water'.

Als het peil in het bakje 'percelen' boven het waterpeil in het bakje 'open water' uitkomt, dan is er sprake van ontwatering waarbij er water vanuit het bakje 'percelen' (door de grond) wordt afgevoerd naar het bakje 'open water'. Door ontwatering worden nutriënten met het grondwater naar het oppervlaktewater getransporteerd. Dit wordt uitspoeling van nutriënten genoemd. Als het peil in het bakje 'percelen' onder het waterpeil in het bakje 'open water' uitkomt, dan is er sprake van intrek waarbij er water (via de natte oeverzone) van het bakje 'open water' afvoert naar het bakje 'percelen'. Het bakje 'percelen' simuleert dus het grondwater in de waterpartij gelegen groenzone en daarmee de wateraanvoer en waterafvoer vanuit de naastgelegen groenzone naar het bakje 'open water'.

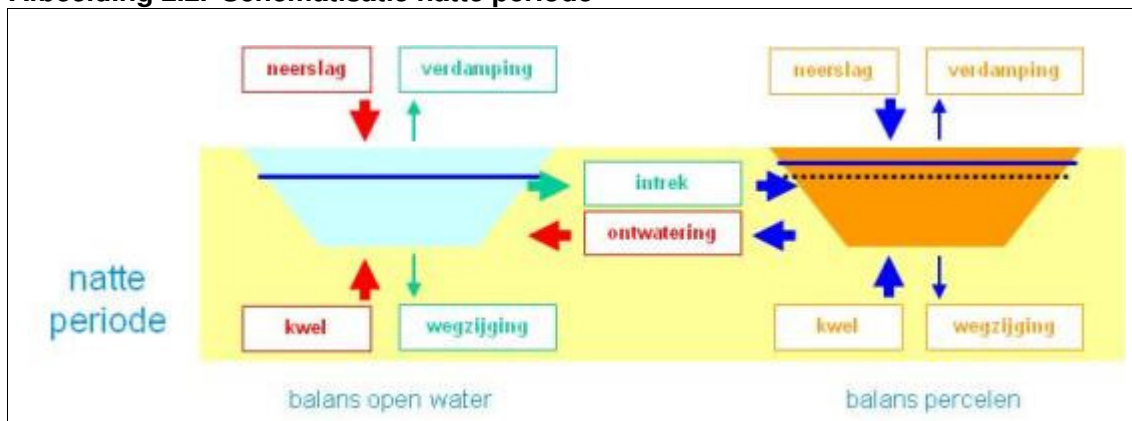
Bakje 'open water'

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. ontwatering vanuit het bakje 'open water' en intrek naar het bakje 'percelen'.

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 plus marge uitkomt. Er wordt water aangevoerd als het peil in het bakje 'open water' onder het streefpeil plus marge uitkomt. Op locatie de Slievenvijver wordt het waterpeil niet gestuurd. Het waterpeil zakt en stijgt naar gelang de beschikbaarheid van water.

Afbeelding 2.2. Schematisatie natte 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.

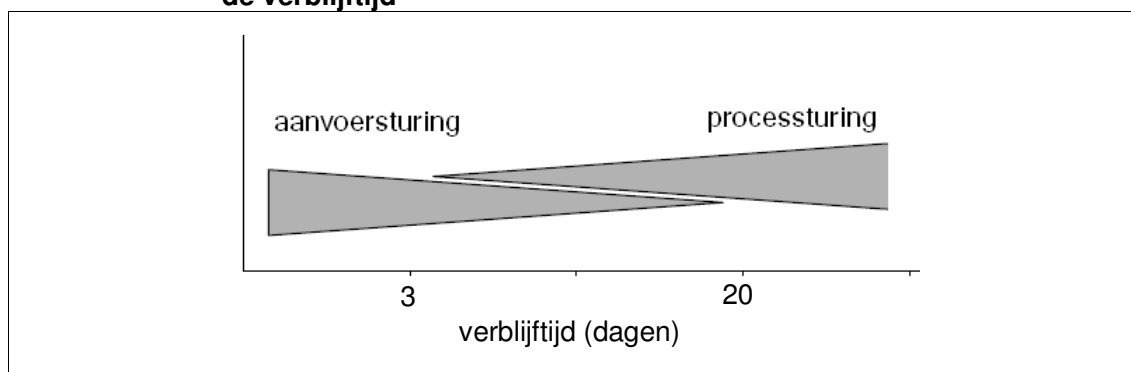
¹ Met ontwatering wordt bedoeld de afvoer van water uit percelen door de grond (en eventueel via drains).

² In hydrologische studies wordt vaak de term inzijging aangehouden. Daarmee wordt dan de neerwaartse (grondwater)stroming bedoeld. De term intrek wordt aangehouden omdat het hier een zijdelingse stroming betreft vanuit het oppervlaktewater naar het grondwater.

2.2.2. Verblijftijd

De verblijftijd wordt berekend aan de hand van het watervolume en het gemiddelde inkomende debiet (som van neerslag, ontwatering, kwel, et cetera in mm). Indien de verblijftijd in een watersysteem korter is dan drie weken, is sprake van een systeem waarbij algen en/of kroosgroei in het watersysteem zelf beperkt zal zijn. Algen en/of kroos vormen in dergelijke systemen vaak geen knelpunt voor het lichtklimaat. Andere factoren zoals zwevend stof en roestvorming door ijzeroxidatie kunnen nog wel een beperking vormen voor het doorzicht. Als de verblijftijd langer is dan drie 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 versus 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 (nalevering vanuit de bodem) 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 geschat door middel van een quickscan (zie paragraaf 5.3). 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 tussen productiviteit van de bodem en toxiciteit van de bodem. Een hoogproductieve bodem zal in de meeste gevallen namelijk ook verhoogde concentratie van onder andere sulfide bevatten. Daarom wordt bij het onderdeel productiviteit van de bodem ook de toxiciteit van de bodem meegenomen.

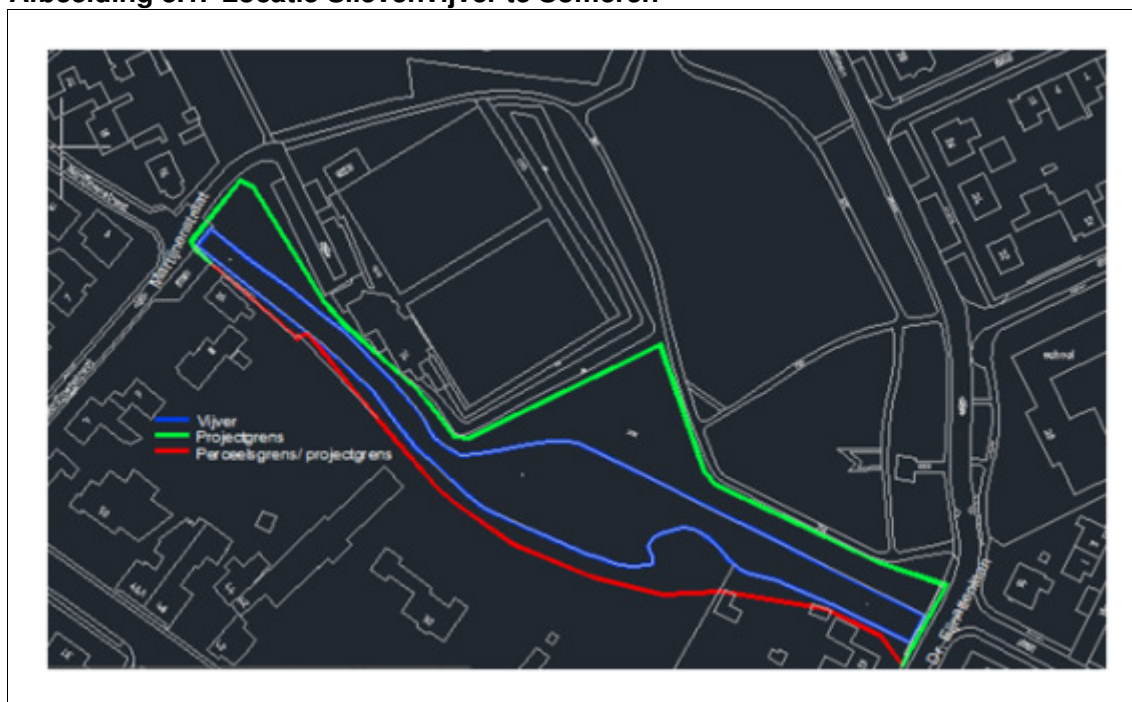
3. FUNCTIONEREN WATERSYSTEEM SLIEENVIJVER

3.1. Algemeen

De Slieenvijver ligt in de gemeente Someren en heeft een wateroppervlak van ongeveer 0,31 hectare. De naastgelegen groenzone direct langs de Slieenvijver kan beschouwd worden als afwaterend gebied op de vijver en heeft een oppervlak van ongeveer 0,42 ha. Afwatering kan daarbij plaatsvinden via oppervlakkige afstroming en ontwatering. In afbeelding 3.1 is de vijver (blauwe omlijnd) en de afwaterende oeverzone (groen en rood omlijnd) weergegeven. De grens van de afwaterende oeverzone is door de gemeente aangegeven.

De bodem van de Slieenvijver is afgedicht met een laag leem. De bodem is waarschijnlijk lek ter plaatse van de beschoeiing. In het verleden is de Slieenvijver gebruikt voor overstorten vanuit de riolering (mededeling gemeente). Tegenwoordig zijn zowel de overstort als de afvoer naar het oppervlaktewater afgesloten en is de Slieenvijver een geïsoleerde waterpartij (Van Zuilichem, 2011). De maximale diepte van de Slieenvijver bedraagt ongeveer 0,4 m. De gemiddelde diepte van de vijver bedraagt 0,3 m (gegevens uit waterbodemonderzoek, metingen uitgevoerd op 29 juli 2012). In perioden van langdurige droogte valt de Slieenvijver gedeeltelijk droog (waarneming veldbezoek en mededeling gemeente). Bij het veldbezoek is tevens geconstateerd dat het doorzicht in de vijver zeer gering is (veldbezoek 20 september 2012). Ook zijn relatief veel eenden in de vijver aanwezig en zijn grote delen van de oever begroeid met dichte bladverliezende vegetatie (bomen en struiken).

Afbeelding 3.1. Locatie Slieenvijver te Someren



De Slieenvijver is in het verleden gebaggerd. Op sommige plaatsen in de vijver is onder-tussen weer een dunne sliblaag ontstaan. Het betreft waterig tot steekvast slib met een maximale dikte tot 5 cm.

De bodem ter hoogte van de Slieenvijver bestaat de eerste meter uit matig fijn, zwak ziltig zand waarna het overgaat in zeer fijn en matig ziltig zand (grondwatermeetnet).

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 3.2.1-3.2.4 zijn de uitgangspunten voor de waterbalans bepaald.

3.2.1. In- en uitlaatpunten

De Slievenvijver betreft een hydrologisch geïsoleerde waterpartij. Er zijn geen in- of uitlaten aanwezig. In de directe omgeving van de Slievenvijver zijn ook geen hoofdwatgangen aanwezig (afbeelding 3.2). De Slievenvijver wordt gevoed door hemelwater. De leemlaag in de vijver is beschadigd. Dit resulteert in het deels droogvallen van de vijver in perioden van droogte. Het is niet bekend waardoor de leemlaag beschadigd is.

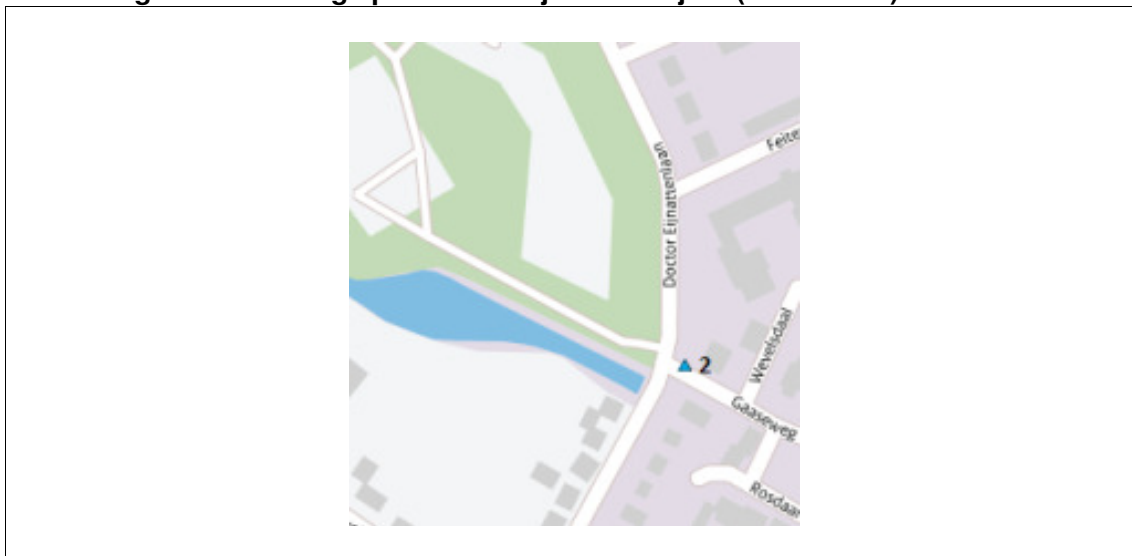
Afbeelding 3.2. Aanwezige watgangen in Someren (wateratlas Noord-Brabant)



3.2.2. Grondwatersysteem

In afbeelding 3.3 is de een peilbuis in de directe omgeving van de Slievenvijver weergegeven (DINO-loket). De peilbuis is deze afbeelding blauw gemarkeerd (met een driehoek). De bijbehorende waterstanden zijn terug te zien in afbeelding 3.4. Bij de peilbuis varieerde de grondwaterstand tijdens metingen tussen de NAP +23,1 m en de NAP +23,8 m. Dat komt neer op een fluctuatie van 0,7 m. De diepte van de filter in de peilbuis is niet aangegeven in DINO-loket.

Afbeelding 3.3. Aanwezige peilbuizen bij Slieenvijver (DINO-loket)



Afbeelding 3.4. Grondwaterstanden (cm +NAP) van peilbuis 2 (DINO-loket)



In de Wateratlas Noord-Brabant is aangegeven dat sprake is van een infiltratiegebied. Door het waterschap is het chloridegehalte in de vijver gemeten. Het gemeten chloridegehalte is laag, namelijk 9,3 mg/l (op 10 december 2012). Bij een dergelijk concentratie wordt uitgegaan van wegzijging. Bij aanwezigheid van kwel zou de chlorideconcentratie hoger zijn.

3.2.3. Oppervlaktewaterstand

Het waterpeil van de Slieenvijver is indicatief bepaald op basis van het AHN2. Het AHN is een maaiveldhoogtekaart. Op het AHN zijn ook hoogten aangegeven in delen van de Slieenvijver. Het laagste punt langs de Slieenvijver is op basis van het AHN op 24,1 m. Op basis van het veldbezoek wordt er van uitgegaan dat de waterstand in de vijver ongeveer 0,5 m onder maaiveld ligt (momentopname). Hiermee wordt voor het waterpeil van de Slieenvijver uitgegaan van een waterhoogte van NAP +23,5 m. De waarde dient als indicatief beschouwd te worden. In de praktijk zal de oppervlaktewaterstand fluctueren.

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

Op 10 december 2012 is een chlorideconcentratie gemeten van 9,3 mg/l. De chlorideconcentratie in het grondwater bedraagt ongeveer 60 mg/l (Van Vliet et al., 2010). Daarom kan er van uitgegaan worden dat er sprake is van een hemelwater gevoed watersysteem zonder kwel. Voor de Slievenvijver kan uitgegaan worden van een wegzijgingsituatie. De wegzijging wordt beperkt door de leemlaag, maar de leemlaag is (lokaal) wel beschadigd.

Met de balansberekening zijn de aan- en afvoerhoeveelheden bepaald. In tabel 4.1 zijn de jaargemiddelde hoeveelheden neerslag, ontwatering en verdamping aangegeven.

Tabel 4.1. Jaargemiddelde waarden neerslag en verdamping Slievenvijver**

post	mm
directe neerslag op de Slievenvijver	+760
ontwateringswater percelen (afvoer vanuit bakje percelen naar bakje open water) ***	+260
verdamping Slievenvijver *	-702
wegzijging/intrek naar bodem ****	+318

* 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 (zie bijlage I). Het waterschap heeft aangegeven, dat de verdamping hiermee mogelijk licht overschat wordt en dat er thans samen met andere waterschappen hier onderzoek naar uitgevoerd wordt.

** Op basis van neerslag en verdamping bij meetstation Volkel (1993-2012), zie bijlage II.

*** Berekende waarde op basis van de waterbalans van het bakje percelen.

**** Voor intrek is de berekende waarde op basis van de waterbalans: 222 mm/jr. Wegzijging is ingevoerd als een constante waarde en is 96 mm/jr.

De totale wateraanvoer naar de Slievenvijver is 1.020 mm, waarvan 760 mm directe neerslag en 260 mm aanvoer vanuit het grondwater van het naastgelegen perceel. Hiervan verdampt 702 mm. Het overig deel wordt stroomt via wegzijging en intrek de bodem in. Vanwege de fluctuatie in de grond- en oppervlaktewaterstanden, is de verwachting dat de hoeveelheid wegzijging in de tijd zal fluctueren. In de waterbalans wordt deze fluctuatie niet meegenomen.

De aanvoerposten zijn als volgt berekend/ingevoerd in de waterbalans:

- directe neerslag wordt op dagbasis berekend op basis van de gemeten neerslaghoeveelheid;
- ontwatering wordt op dagbasis berekend (indien de berekende grondwaterstand in het bakje percelen hoger is dan de waterstand in het bakje open water).

De uitgaande posten zijn als volgt berekend:

- verdamping wordt op dagbasis berekend op basis van de gemeten verdamping;
- wegzijging wordt ingevoerd in de balans als een constante waarde;

- intrek naar grondwater wordt op dagbasis berekend (indien de berekende grondwaterstand in het bakje percelen lager is dan de waterstand in het bakje open water).

4.1.2. Berekende waterstanden

De berekende grondwaterstanden bij de oeverzone fluctueren tussen NAP +23,5 m en NAP +23,9 m in de periode februari 2010 tot en met juli 2012. Bij de peilbuis varieerde de grondwaterstand tijdens metingen tussen de NAP +23,1 m en de NAP +23,8 m. Dat komt neer op een fluctuatie van 0,7 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 wegzijging. De in de waterbalans ingevoerde waterstand van de vijver is NAP +23,5 m. De waterstand fluctueert in de berekening en is daarbij maximaal NAP +24,0 m. In droge perioden daalt de waterstand tot nabij bodemniveau. Er wordt in de waterbalans aanvoer van grondwater naar de vijver berekend op het moment, dat de grondwaterstand in de waterbalans hoger is dan de waterstand in de vijver (waarde op dagbasis).

4.1.3. Verblijftijd

Met de waterbalans wordt een verblijftijd berekend van ongeveer 107 dagen (de verblijftijd wordt berekend door het wateraanvoerdebiet te delen met het watervolume). 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 ligt ook in de lijn der verwachting voor een geïsoleerde plas.

4.2. P-belasting versus kritische belasting

In deze paragraaf worden eerst de verschillende externe belastingbronnen van P bepaald. Vervolgens wordt de kritische belasting uitgezet tegen de externe belasting op de Slievenvijver. De kritische belasting is bepaald aan de hand van de diepte, het debiet en het type bodem.

4.2.1. Belastingbronnen

Kengetal

Op basis van de hydrologische uitgangspunten kan geconcludeerd worden dat de P-belasting op de Slievenvijver deels afkomstig is van neerslag en uitspoeling¹. Voor het kwantificeren van de bijdrage van deze bronnen aan de externe P-belasting zijn kengetallen gebruikt, welke zijn weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2. Kengetal P

post stoffenbalans	hydrologische term	P- concentratie (mg/l)	referentie P-concentratie
neerslag	directe neerslag	0,01	RIVM meetreeksen
uitspoeling	ontwatering	0,30	Van de Weerd & Torenbeek (2007)*

* de waarde voor uitspoeling is indicatief. Gebiedsspecifieke getallen ontbreken. Er zijn gegevens van de kwaliteit van het ondiep grondwater beschikbaar van de Natte Natuurparel Groote Peel en Stabrechtse Heide (waterschap Aa en Maas, 2011). Met het monitoringsonderzoek zijn in 2009 en 2010 monsters genomen in vijf peilbuizen in de Groote Peel en in twee peilbuizen in de Stabrechtse Heide. Uit dit onderzoek is gebleken,

¹ Met uitspoeling wordt het proces bedoeld van afvoer van stoffen via ontwatering (grondwater).

dat de P-totaal concentratie in de peilbuizen Stabrechtse Heide tussen 0,05 en 0,36 mg-P/l liggen en in de peilbuizen Grootte Peel tussen 0,05 en 2,7 mg-P/l. De gemeten concentratie van 2,7 mg-P/l is gemeten op één locatie. Op basis van de overige peilbuizen is de maximum bij de peilbuizen Grootte Peel maximaal 0,45 mg-P/l. Het hanteren van een waarde van 0,30 mg-P/l voor de uitspoeling past hiermee binnen het beeld dat verkregen wordt met de metingen in de Grootte Peel en Stabrechtse Heide. Gezien de gemeten hoge fosfaat concentratie gemeten in één peilbuis, dient er rekening mee gehouden te worden dat lokale afwijkingen groot kunnen zijn.

Berekeningen

Er vindt ook externe belasting plaats via uitwerpselen van eenden (waarneming veldbezoek), bladval (waarneming veldbezoek) en uitwerpselen van honden (Van Zuilichem, 2011). Onderstaand worden kort de uitgangspunten van de berekeningen voor P-belasting weergegeven:

- het uitgangspunt is dat elke meter oever van een stadswater door bladval van struiken en bomen voor een vracht zorgt van 8,22 mg P/dag (Witteveen+Bos, 2006). De lengte van de oever van de Slievenvijver bedraagt ongeveer 530 m. De begroeide oever langs de Slievenvijver wordt geschat op 350 m. Omdat de begroeiing op de oevers van de Slievenvijver zeer dicht is, is het te verwachten dat de belasting via het kengetal wordt onderschat. Daarom is in de analyse een begroeide oeverlengte van 400 m gebruikt;
- de P-belasting door eenden is bepaald op 0,15 - 0,17 kg P/eend/jaar (STOWA, 2002; Arcadis & hoogheemraadschap Krimpenerwaard, 2006). Deze kengetallen worden landelijk veelvuldig in waterkwaliteitsonderzoeken gebruikt. In de belasting voor de Slievenvijver is uitgegaan van gemiddeld 25 eenden per dag en een belasting van 0,16 kg P/eend/jaar. Het aantal eenden is bepaald op basis van twee veldbezoeken. Tijdens het veldbezoek van Witteveen+Bos werden 10 eenden waargenomen. Tijdens een bezoek van het waterschap werden 40 eenden waargenomen. Op basis hiervan is het gemiddelde van 25 eenden gekozen. Daarbij dient er rekening mee gehouden te worden, dat er sprake is van een grote onzekerheid;
- het totaal aantal honden dat langs de oeverzone van de Slievenvijver wordt uitgelaten wordt geschat op 4 (inschatting op basis van ervaringsgetallen bij andere stedelijke waterpartijen, zie ook Aalderink et al., 2009). Voor het bepalen van de belasting door dit aantal honden zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd (DWR, 1997):
 - uitwerpselen bevatten tot 640 g P/jaar;
 - afspoeling van uitwerpselen bedraagt 25-50 % (oftewel er wordt uitgegaan dat 25 tot 50 % van de uitwerpselen in de vijver terecht komt).

In het 'Kwaliteitsoordeel Stadswater 2007-2010' (Van Zuilichem, 2011) wordt aangegeven dat de Slievenvijver ook een viswater is. De gemeente heeft echter aangegeven dat er tegenwoordig niet of nauwelijks gevisst wordt. Belasting door sportvisgebruik is daarom niet meegenomen in de berekeningen.

4.2.2. Externe P-belasting vs. kritische belasting

De berekende huidige externe P-belasting bedraagt maximaal 5,95 mg/m²/d (bij een afstroming van hondenuitwerpselen van 50 % naar de waterpartij). De belasting is berekend aan de hand van een langjarige gemiddelde belasting (2000-2011). De grootste belastingbronnen zijn eenden (3,5 mg/m²/d) en bladval (1,11 mg/m²/d). De belasting door honden bedraagt 0,6 mg/m²/dag (25 % afstroming) tot 1,2 mg/m²/dag (50 % afstroming). De belasting door uitspoeling en neerslag bedraagt respectievelijk 0,21 en 0,02 mg/m²/d (afbeelding 4.1).

Waterbirds

Ter controle is een berekening van de belasting door watervogels met het programma Waterbirds uitgevoerd. Deze berekening laat zien dat de belasting door 25 eenden op de Slieenvijver ongeveer 0,28 mgP/m²/d bedraagt. Dit betreft de gemiddelde belasting per dag berekend op basis van een heel jaar. De belasting berekend met Waterbirds ligt een factor 13 lager dan de belasting berekend met de aangehouden kengetallen die onder andere in diverse rapporten gebruikt zijn waaronder in het rapport Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies?, Haskoning en Arcadis 2009, in opdracht van Rioned. Mogelijk onderschat het programma Waterbirds de belasting door watervogels. De indruk bestaat dat het programma Waterbirds niet specifiek gericht is op stedelijke waterpartijen en zich richt op alle zoetwatersystemen (vooral meren), waarbij er rekening mee gehouden wordt, dat veel plantenetende watervogels hun voedsel op het land zoeken, in weilanden en hooilanden, maar 's avonds terugkeren naar de meren. Mogelijk is de belasting door watervogels bij stedelijke waterpartijen groter, omdat er sprake is van het voeren door bewoners met onder andere brood. Daarnaast dient er rekening mee gehouden te worden dat de belasting door de watervogels in de stoffenbalans mogelijk overschat wordt. Vooralsnog blijft onduidelijk waar het verschil door veroorzaakt wordt.

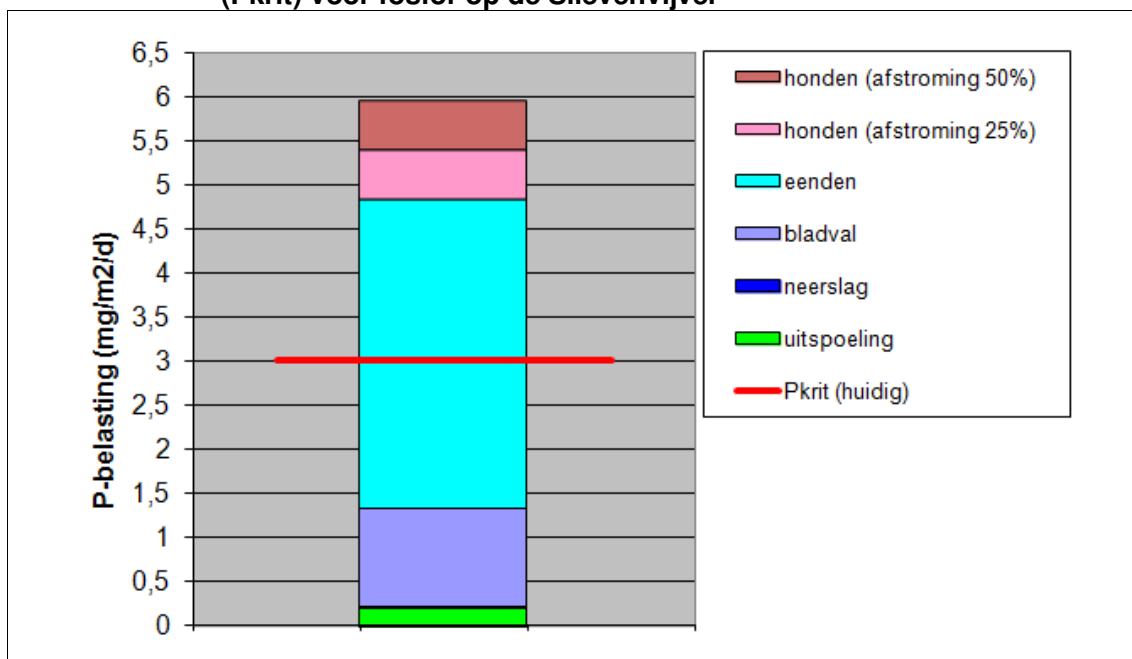
Met het model PCDitch is bepaald dat de kritische P-belasting voor de Slieenvijver 3 mg/m²/dag bedraagt (afbeelding 4.1). De beperkte waterdiepte is een belangrijke factor die kritische belastingswaarde van de Slieenvijver bepaald.

Tabel 4.3. Input en berekende kritische belasting met PCDitch (waterpartij met zandbodem)

input	waarde	eenheid
waterdiepte	0,3	meter
debiet	2,8	mm/d
kritische P-belasting	3,0	mg/m ² /dag

Afbeelding 4.1 laat zien dat de geschatte huidige externe P-belasting, bij afstroming van 50 % van de hondenpoep, boven de kritische belasting ligt. Op basis van deze gegevens is de fosfaatbelasting op de Slieenvijver een limiterende factor voor het verkrijgen van een helder, plantenrijk watersysteem. Verder wordt opgemerkt, dat de waterdiepte van de Slieenvijver beperkt is. Een relatief lage belasting kan hierdoor leiden tot relatief hoge concentraties.

Afbeelding 4.1. Gemiddelde externe belasting (2000-2011) en kritische belasting (Pkrit) voor fosfor op de Slievenvijver *



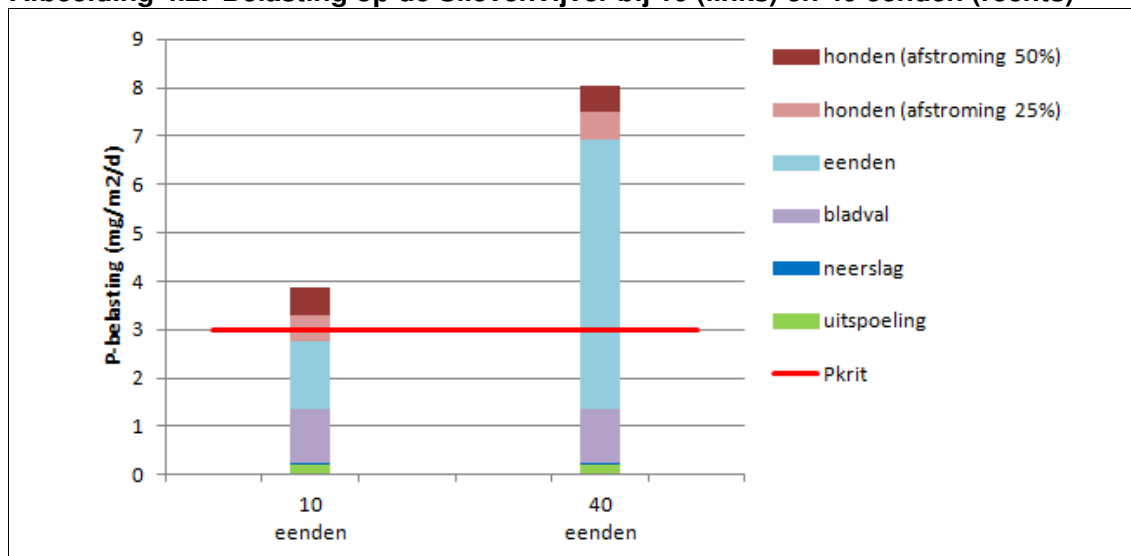
*) de post honden (afstroming) is de post, die berekend is (er van uitgaande dat 25 tot 50 % in de vijver terecht komt).

4.3. Kanttekeningen

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

- fluctuaties in wegzijginghoeveelheden worden niet meegenomen. Het verloop van het waterpeil gedurende het jaar wordt hierdoor niet goed meegenomen. Omdat de waterbalans richt op het verkrijgen van inzicht in de gemiddelde verblijftijden en de omvang van de aanvoerposten ten behoeve van de jaarlijkse nutriëntenvrachten, is dit geen beperking voor de nadere analyse van de water- en stoffenbalans. De vracht uitspoeling is berekend met een algemeen kengetal. Lokaal kan er sprake zijn van grote verschillen;
- met de aangehouden verdampingsfactoren wordt de verdamping mogelijk (licht) overschat. De aangehouden verdampingsfactoren zijn waarden, die gangbaar zijn voor het toepassen bij water- en stoffenbalansen. Naar verwachting vormt de foutmarge voor het doel van het project geen beperking;
- de belasting op de Slievenvijver is onder andere bepaald door middel van kengetallen. Hierdoor blijven onzekerheden in de bepaling van de belastingen bestaan. Opvallend is het verschil in de berekende belasting door de watervogels met de aangehouden landelijk veelvuldig gebruikte kengetallen met de belasting die berekend wordt met het programma Waterbirds. Mogelijk wordt de belasting door de watervogels sterk overschat in de stoffenbalans;
- de belasting door watervogels (25 stuks) berust op een schatting van aantallen watervogels tijdens twee veldbezoeken. In afbeelding 4.2 is de belasting op de Slievenvijver weergegeven bij respectievelijk 10 en 40 eenden.

Afbeelding 4.2. Belasting op de Slievenvijver bij 10 (links) en 40 eenden (rechts)



Indien het aantal eenden beperkt is, dan benaderd de berekende belasting de kritische belasting.

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 Slievenvijver 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 Slievenvijver. De gegevens, die in onderstaande paragrafen besproken worden, zijn afkomstig van het waterschap Aa en Maas.

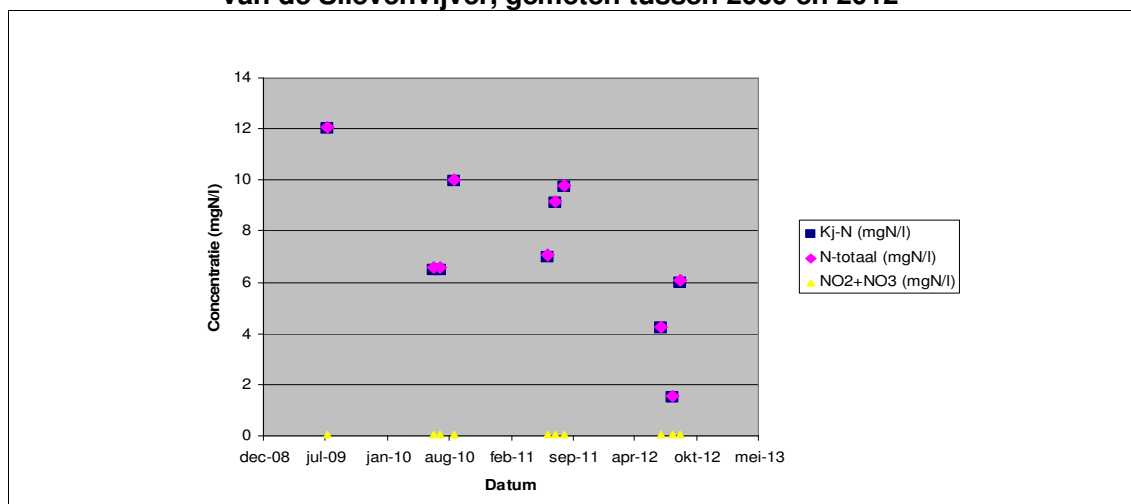
5.1. Nutriënten

In afbeelding 5.1-5.3 zijn grafieken opgenomen met de verschillende concentraties N-totaal (afbeelding 5.1), Kjeldahl-N (afbeelding 5.2) en P-totaal en P-ortho (afbeelding 5.3). De waterkwaliteitsmetingen zijn steeds in de zomer gemeten. In 2009 is één meting uitgevoerd. In 2010 tot en met 2012 zijn steeds drie metingen uitgevoerd. De concentratie P-ortho is alleen geanalyseerd in 2011 en 2012. In afbeelding 5.4 is de N:P-ratio weergegeven.

5.1.1. Nutriëntenconcentraties

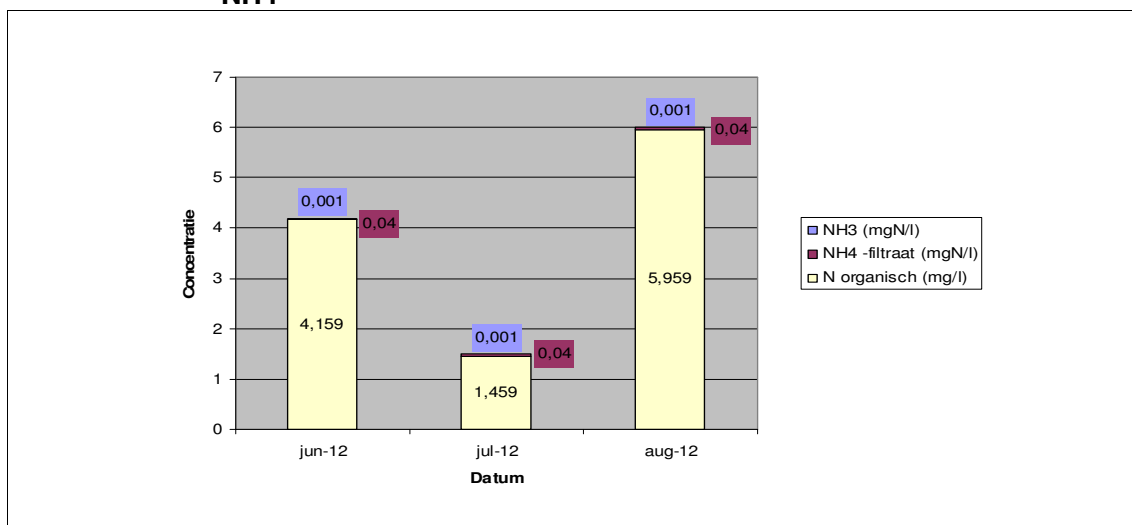
De concentratie N-totaal varieerde in de periode 2009-2012 tussen 1,5-12,0 mg/l. In 2012 zijn de gemeten concentraties lager dan in voorgaande jaren N-totaal is opgebouwd uit het Kjeldahl-N, NO₂ en NO₃. NO₃ kan door algen benut worden voor groei. De som van de NO₂ en NO₃ concentraties is bij alle metingen erg laag. Vrijwel al het aanwezige stikstof bestaat dus uit Kjeldahl-N.

Afbeelding 5.1. Concentraties N-totaal, Kjeldahl-N en NO₂ plus NO₃ in de waterfase van de Slievenvijver, gemeten tussen 2009 en 2012



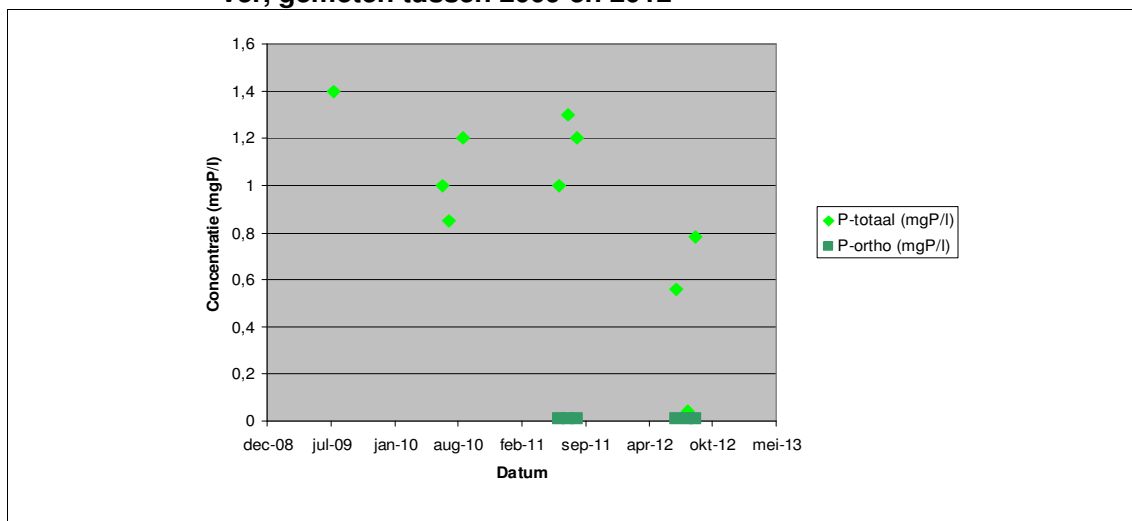
In afbeelding 5.2 is de opbouw van het Kjeldahl-N in de Slievenvijver weergegeven (in 2012 zijn gegevens beschikbaar van de concentraties NH₃ en NH₄). Het grootste deel van het Kjeldahl-N is aanwezig in de vorm van organisch gebonden N (in algen en overig zwevend materiaal).

Afbeelding 5.2. Kjeldahl-N in 2012, opgebouwd uit organisch gebonden N, NH3 en NH4



De P-totaal en P-ortho concentraties zijn weergegeven in afbeelding 5.3. De concentraties P-ortho zijn gering (onder de detectiegrens van 0,01 mg P/l). Door de zeer lage concentratie P-ortho is het waarschijnlijk dat het grootste deel van het aanwezige fosfaat zich in de algen bevindt (zie ook paragraaf 5.2.2.).

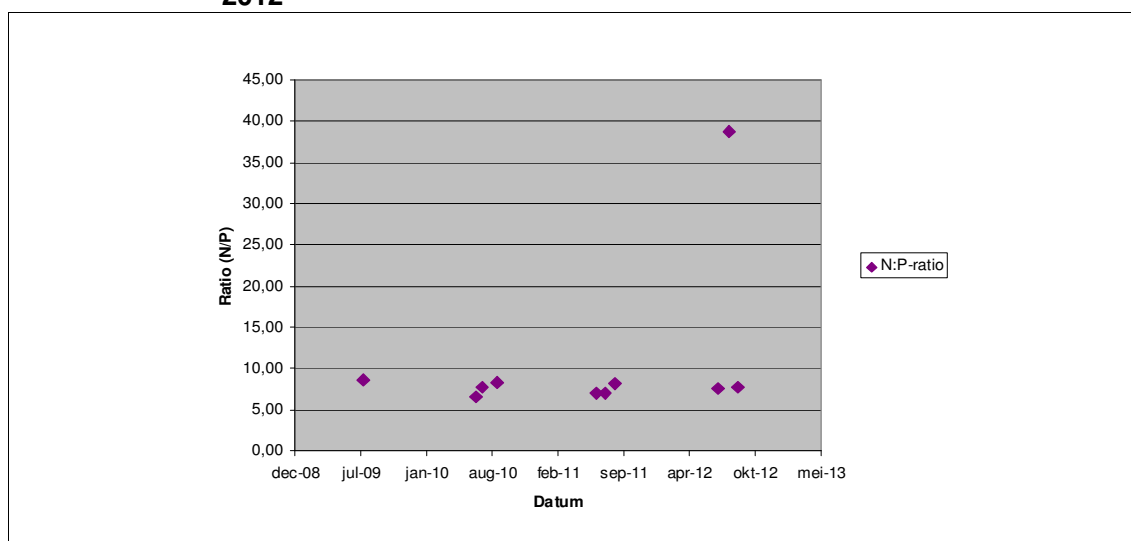
Afbeelding 5.3. Concentraties P-totaal en P-ortho in de waterfase van de Slievenvijver, gemeten tussen 2009 en 2012



5.1.2. N:P-ratio

De N:P-ratio is de hoeveelheid N ten opzichte van de hoeveelheid P en is weergegeven in afbeelding 5.4. Bij een ratio boven de 7,2 (Redfield-ratio) kan de hoeveelheid P limiterend zijn voor de algengroei in een waterpartij (Loeb & Verdonshot, 2008). Hiervoor dient de fosfaatconcentratie wel voldoende laag te zijn om limiterend te werken. In de Slievenvijver schommelt de N:P-ratio rond de Redfield-ratio van 7,2, met een uitschieter naar 35,0. 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 Slievenvijver (zie paragraaf 5.1.1 en afbeelding 5.3). Nagenoeg al het aanwezige fosfaat wordt benut voor de groei van algen.

Afbeelding 5.4. N:P-ratio (N-totaal/P-totaal (mg/l)) in de Slievenvijver tussen 2009 en 2012



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 Slievenvijver algen zijn aangetroffen en of beschaduwning door bomen en struiken beperkend kan zijn voor de ontwikkeling van waterplanten.

5.2.1. Doorzicht en beschaduwning

Het doorzicht in de Slievenvijver is zeer gering. Het doorzicht varieert van 0,05 tot 0,2 m. Om herstel van ondergedoken waterplanten te realiseren is een doorzicht: diepte-ratio noodzakelijk van ten minste 0,6. In de Slievenvijver varieert het doorzicht: diepte-ratio, op basis van een diepte van gemiddeld 0,3 m, tussen de 0,15 en 0,65. Dit betekent dat in (een groot deel van) de vijver te weinig licht doordringt voor de groei en ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Bij hogere waterstanden in de Slievenvijver kan verwacht worden dat deze ratio verder afneemt.

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de concentraties chlorofyl-a of zwevend stof. Gezien het geringe oppervlak zal zwevend stof hier niet bepalend zijn voor het geringe doorzicht, tenzij er een hoge biomassa aan bodemwoelende vis aanwezig is (als het wateroppervlak groot is, dan zorgt wind voor opwerveling van bodemmateriaal). Waarschijnlijk wordt het geringe doorzicht veroorzaakt door algen.

Op de zuidwestelijke oever van de Slievenvijver is een plantsoen aanwezig met dichte vegetatie. Grote bomen en struiken hangen over het water en zorgen voor een beperkte lichtinval. Beplanting op een zuidwestelijke oever is in algemene zin erg ongunstig voor lichtinval. Hierdoor is er te weinig licht beschikbaar voor de groei en ontwikkeling van waterplanten.

Afbeelding 5.5. Dichte vegetatie op de zuidwestelijke oever (links)



5.2.2. Algengroei

Het waterschap heeft medegedeeld dat er in de afgelopen jaren (2009-2012) geen blauwalgen in de Slievenvijver aangetroffen zijn (mede gebaseerd op metingen). Tijdens het veldbezoek is waargenomen dat het water een groene kleur heeft, waardoor het aannemelijk is dat er grote hoeveelheden groenalgen aanwezig zijn. Gegevens hierover ontbreken echter. Als gevolg van de aanwezigheid van algen wordt de lichtinval op de waterbodem verder beperkt.

5.3. Waterbodem

De waterbodem van de Slievenvijver is in het verleden gebaggerd. Op de bodem van de Slievenvijver is nadien een waterige tot steekvaste sliblaag ontstaan (met een maximale dikte van 5 cm). Uit ervaring is bekend dat de bodem een belangrijke bron van nutriënten kan vormen. Daarnaast kan een productieve waterbodem toxisch zijn voor waterplanten als gevolg van vorming van onder andere sulfide in het bodemvocht. Ten slotte is de waterbodem ook belangrijk als substraat voor waterplanten. Een waterige sliblaag is ongunstig voor de groei en ontwikkeling van waterplanten.

In 2011 is er een waterbodemonderzoek uitgevoerd bij de Slievenvijver. In dit onderzoek zijn onder andere 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 5.6). 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.

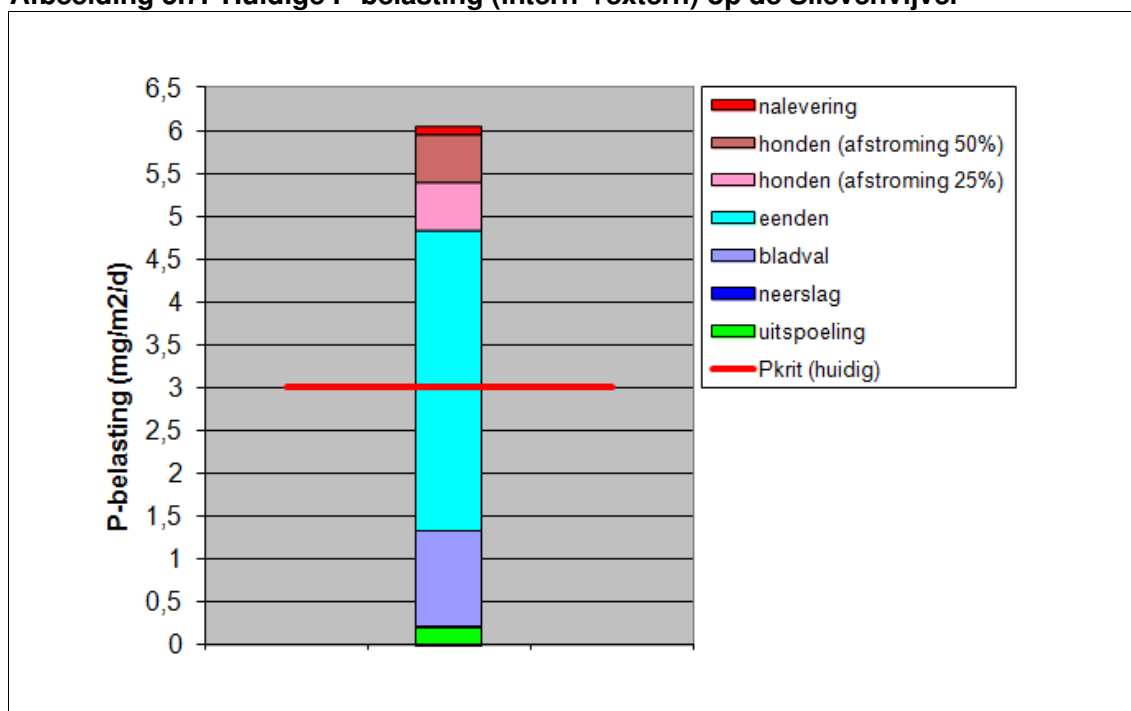
Uit de quickscan komt naar voren dat het gemeten P-totaal in de bodem dusdanig laag is, dat er niet of nauwelijks nalevering optreedt.

Afbeelding 5.6. Quickscan waterbodembodem locatie Slievenvijver

op basis drooggewicht				
	invoer	(Fe-S)/P-ratio bodem (molbasis)	schatting porievocht (mg P/l)	schatting flux naar waterlaag bij 15°C (mg P/m ² /d)
Totaal bodem	mg/kg (DW)		$R^2 = 0.62$	$R^2 = 0.62$
P totaal	122,2	25,2	$(Fe-S)/P < 1.4$ $(Fe-S)/P > 1.4 \text{ \& } < 4$ $(Fe-S)/P > 4$	$< 1,5$
Fe	6900			
S	770			
				0 – 1

In afbeelding 5.7 is de P-belasting (intern+extern) weergegeven.

Afbeelding 5.7. Huidige P-belasting (intern*+extern) op de Slievenvijver**



* nalevering is op 0,1 mg P/m²/d gesteld;

** rode lijn geeft de kritische P-belasting weer

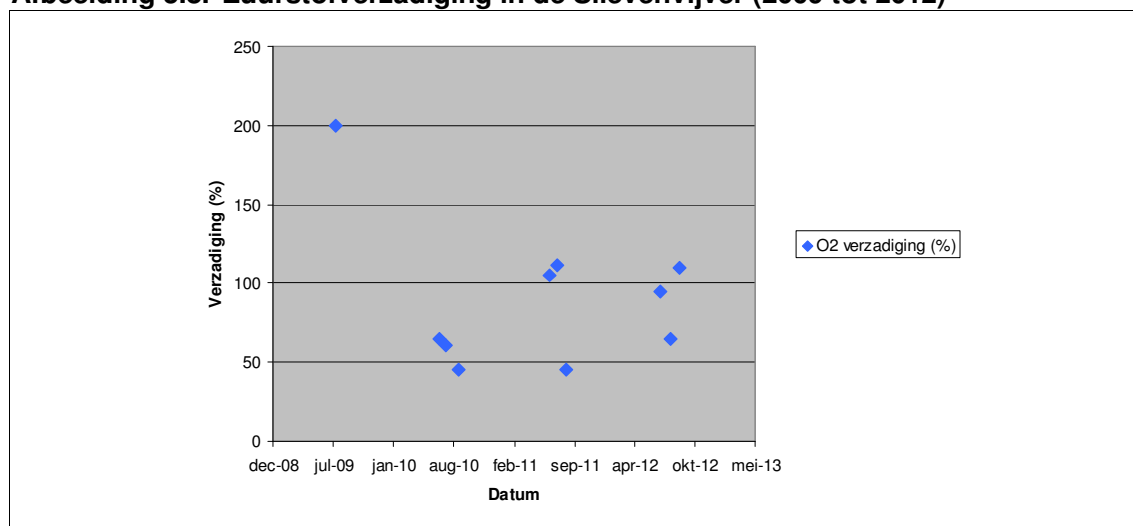
5.4. Zuurstof

De gemeten zuurstofconcentraties in de Slievenvijver zijn weergegeven in afbeelding 5.8.

De mate van zuurstofverzadiging wordt voornamelijk bepaald door afbraak- en productieprocessen. Afbraakprocessen (van bijvoorbeeld organisch slib) consumeren zuurstof, daar waar productie (door bijvoorbeeld algen of waterplanten) zorgt voor een toename in verzadiging. Uit de gegevens, die het waterschap heeft aangeleverd, blijkt dat de zuurstofverzadiging in de ochtend en vroege middag (07.30-14.00 uur) is gemeten.

De gemeten zuurstofverzadiging in de Slievenvijver ligt tussen de 45 % en 120 %, met een uitschieter van 200 % in 2009. Als vuistregel wordt gehanteerd dat een verzadiging tussen de 75-120 % als goed wordt beoordeeld ¹. Alle waarden boven of onder deze range worden als slecht beoordeeld. De zuurstofverzadiging in de Slievenvijver ligt in de helft van de meetdagen onder de grens van 75 %. Deze gemeten waarden laten zien dat voornamelijk zuurstofconsumerende afbraakprocessen in bepaalde perioden een belangrijke rol spelen in de Slievenvijver. Mogelijke bronnen van zuurstofconsumptie zijn de organische sliblaag, algen (gedurende de nacht) en de organische belasting als gevolg van bladval en ontlasting van eenden.

Afbeelding 5.8. Zuurstofverzadiging in de Slievenvijver (2009 tot 2012)



5.5. Ecologie

5.5.1. Vegetatie

Het is niet bekend in hoeverre er ondergedoken waterplanten in de vijver voorkomen. Gezien het beperkte doorzicht is de verwachting, dat er weinig tot geen ondergedoken waterplanten voorkomen. Ook tijdens het veldbezoek zijn er geen waterplanten waargenomen. De oevervegetatie is slecht ontwikkeld. De hoge beschoeiing en schaduwvorming door grote bomen en struiken op met name de zuidwestelijke oever beperken de groei en ontwikkeling van oevervegetatie (afbeelding 5.5).

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 Slievenvijver.

¹ Voor KRW waterlichamen van het type M1a (gebufferde sloten) geldt reeds een goed ecologisch potentieel bij een zuurstofverzadiging van 45 %. Deze sloten verschillen sterk met de Slievenvijver. Ze zijn over het algemeen namelijk zeer ondiep en hoog productief. Hierdoor treedt in de zomermaanden sneller zuurstofloosheid op. Onder normale omstandigheden (geen overmatige algenbloei of productiviteit van de waterbodem) zouden er in de Slievenvijver (gezien het oppervlak en relatief grotere diepte) geen lage zuurstofconcentraties gevonden moeten worden. Gezien de functie van de Slievenvijver is een zuurstofconcentratie lager dan 75 % ook niet gewenst.

5.5.3. Watervogels

Tijdens twee veldbezoeken werden in de Slievenvijver 10 en 40 eenden waargenomen. Van nature eten eenden waterplanten. Door het droogvallen van vijverdelen en de geringe diepte van de vijver zijn (kiemende) waterplanten gemakkelijk bereikbaar. Het is te verwachten dat eenden door vraat de ontwikkeling van waterplanten beperken.

6. SYNTHESE OP BASIS VAN ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN

6.1. Opbouw synthese

Zoals in paragraaf 2.1 wordt genoemd, is het watersysteem van de Slievenvijver geanalyseerd volgens de Ecologische Sleutelfactoren (afbeelding 2.1). Hierbij is gefocust op de eerste drie 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 drie 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 op de Slievenvijver ligt net boven de kritische belasting van het systeem. De belasting op de Slievenvijver is dus een beperkende factor in het verkrijgen van een helder en plantenrijk watersysteem. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de externe belasting is gebaseerd op kengetallen waardoor er een zekere onzekerheidsmarge bestaat. Echter, er is aan te nemen dat er niet wordt voldaan aan de voorwaarden voor de eerste Sleutelfactor 'productiviteit water'. Deze Sleutelfactor is daarom rood ingekleurd in tabel 6.1.

6.2.2. Sleutelfactor 2

Het doorzicht in de Slievenvijver is niet voldoende voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Waterplanten zijn vermoedelijk (in verband met het beperkte doorzicht) niet aanwezig in de Slievenvijver. Een doorzicht: diepte-ratio van minimaal 0,6 is nodig zijn voor de ontwikkeling van waterplanten in de vijver (Jaarsma et al., 2008). De doorzicht: diepte-ratio in de Slievenvijver voldoet hier op de meeste plaatsen niet aan (is thans circa 0,15-0,65). Algen zorgen voor beperking van het doorzicht. Een eventuele visstand kan bovendien een rol spelen in het beperkte doorzicht (opwerveling bodemmateriaal). Daarnaast wordt de lichtinval sterk beperkt door de beschaduwing van de bomen en struiken op de zuidwestelijke oever. 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

Er is in de vijver nauwelijks slib aanwezig. De organische sliblaag in de Slievenvijver vormt geen knelpunt. Er treedt niet of nauwelijks nalevering op. De structuur van het substraat lijkt geschikt te zijn voor de groei en ontwikkeling van waterplanten. Er wordt voldaan aan de voorwaarden voor de derde Sleutelfactor 'productiviteit bodem'. Daarom is deze Sleutelfactor is groen ingekleurd in tabel 6.1.

Tabel 6.1. Diagnose waterkwaliteit Slievenvijver (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. Eenden en bladval zorgen hierbij voor een relatief hoge externe P-belasting op het systeem, ondanks een hoge kritische belasting als gevolg van de relatief lage waterdiepte
2. lichtklimaat	doorzicht onvoldoende voor groei van ondergedoken waterplanten	onder andere algen zorgen voor een slecht lichtklimaat. Daarnaast is schaduwvorming door bomen en struiken op de oever een beperkende factor. Het doorzicht is niet voldoende voor de groei van ondergedoken waterplanten. De visstand heeft mogelijk invloed op het doorzicht
3. productiviteit bodem	niet of nauwelijks nalevering van P vanuit de waterbodem	de waterbodem bestaat uit een relatief dunne, organische sliblaag. Het substraat lijkt geschikt voor waterplanten. Naar verwachting speelt de toxiciteit van de bodem geen rol

7. AANBEVELINGEN VOOR MAATREGELEN EN VERVOLGONDERZOEK

7.1. Mogelijke maatregelen

Aan de hand van de Stoplichtenmethodiek van Ecologische Sleutelfactoren zijn de mogelijke maatregelen voor de Slievenvijver bepaald (tabel 7.1).

Tabel 7.1. Mogelijke maatregelen Slievenvijver

maatregel	omschrijving	werkzaamheden
stoplicht 1: productiviteit water		
1	reducen bladval	verwijderen beplanting op met name zuidwestelijke oever
2	reducen belasting door watervogels	beperken foerageermogelijkheden, rust- en broedplaatsen
3	reducen uitspoeling hondenpoep	instellen van een opruimplicht voor hondenpoep
stoplicht 2: lichtklimaat		
4	verhogen lichtinval	verwijderen beplanting op met name zuidwestelijke oever
stoplicht 4: habitatgeschiktheid		
5	vergroten begroeibaar areaal waterplanten	flauwe taluds aanbrengen
stoplicht 6: verwijdering		
6	beperken vraat door watervogels	aanleg enclosures*

* Gaasconstructie indien sprake is van vraat door watervogels.

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.

Het is niet bekend in hoeverre er ondergedoken waterplanten in de vijver voorkomen. Gezien het beperkte doorzicht is de verwachting dat er weinig tot geen ondergedoken waterplanten voorkomen. De hoge beschoeiing en schaduwvorming door grote bomen en struiken op met name de zuidwestelijke oever beperken de groei en ontwikkeling van oevervegetatie. Aanbevolen wordt om de hoogopstaande beplanting aan de zuidwestzijde van de (gedeeltelijk) te verwijderen. Overwogen kan worden om oevervegetatie aan te brengen zodat het ecologisch systeem een impuls krijgt. Deze maatregelen kunnen beschouwd worden als duurzame maatregelen.

In de huidige situatie is de leemlaag beschadigd, wat bijdraagt aan het deels droogvallen van de waterpartij. Voor het ecologisch functioneren van het watersysteem is dit echter geen knelpunt, de potenties tot het doordringen van licht tot aan de bodem is hierdoor hoog. Bij een eventueel herstel van de leemlaag, dient rekening gehouden te worden met toename van de waterdiepte en afname van de lichtdoordringing tot aan de bodem. De beschadiging in leemlaag draagt daarnaast bij een hydrologisch gezien natuurlijk watersysteem (er is sprake van peilfluctuaties onder invloed van wisselende weersomstandigheden).

7.2. Discussie en onzekerheden

Het geadviseerde maatregelenpakket is gebaseerd op een systeemanalyse, waarbij gebruik is gemaakt van inzichten uit het veldbezoek, metingen waterkwaliteit, water- en stofbalans en de kritische belastingsberekening met PCDitch. Daarbij zijn er een aantal onzekerheden geconstateerd. Belangrijk is om meer te gaan meten.

In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de onzekerheden en de impact voor de watersysteemanalyse en geadviseerde maatregelenpakket. In de tabel wordt tevens aangegeven welke vervolgacties er aanbevolen worden.

Tabel 7.3. Onzekerheden, impact en advies

onderdeel	onzekerheden	impact en advies
uitspoeling	- de fosfaatvracht uitspoeling is berekend met een indicatieve fosfaatconcentratie (0,30 mg-P/l). De waarde zit in de range van de metingen van het ondiepe grondwater in de Natte Natuurparel Stabrechtse Heide en Groote Peel. Uitzondering is een meting van in een peilsbuis in de Groote Peel waar hoge concentratie gemeten zijn. Er dient rekening mee gehouden te worden, dat lokale verschillen groot kunnen zijn - de mate uitspoeling is mede afhankelijk van het verschil tussen de grondwaterstand en de oppervlaktewaterstand. De oppervlaktewaterstand is ingeschat op basis van het AHN	- met behulp van monitoring van de grondwaterkwaliteit kan de vracht uitspoeling beter bepaald worden - met metingen van de oppervlaktewaterstand kan een beter inzicht verkregen worden hoeveel de aanvoer van water vanuit de percelen via ontwatering naar het oppervlaktewater is
verdamping	- met de gehanteerde verdampingsfactoren wordt de verdamping mogelijk overschat	- de gehanteerde verdampingsfactoren zijn gangbaar, er wordt geen grote impact op de waterbalans verwacht (vanuit de doelstelling van de gehanteerde waterbalans/scope van het project). Er is hiermee geen impact op het advies
kengetallen belasting	- er worden algemene kengetallen aangehouden - met name het aangehouden kengetal voor watervogels is een discussiepunt, mogelijk wordt de belasting door watervogels overschat (factor 13)	- de watervogels zijn op basis van de stoffenbalans een grote bron, maar de belasting wordt mogelijk overschat - voor het verifiëren van het kengetal is meer (algemeen) onderzoek nodig. Afstemming met Rioned/Stowa wordt aanbevolen gericht op verificatie van de bruikbaarheid van Waterbirds voor stedelijke waterpartijen (algemeen advies). Een verschil is bijvoorbeeld het mogelijk voeren van eenden met brood - alleen indien de belasting door watervogels lager is, kan een helder en plantenrijk watersysteem verkregen worden. In het advies is aangegeven welke maatregelen in dat geval toegepast kunnen worden
aantal watervogels	- het is onduidelijk hoeveel watervogels er jaarrond in de Slievenvijver verblijven	- de watervogels zijn op basis van de stoffenbalans een grote bron, maar de belasting wordt mogelijk overschat - alleen indien de belasting door watervogels lager is, kan een helder en plantenrijk watersysteem verkregen worden. In het advies is aangegeven welke maatregelen in dat geval toegepast kunnen worden - aanbevolen wordt om het aantal watervo-

		gels jaar rond te tellen (zie ook paragraaf 7.4.2)
visstand	- samenstelling en dichtheid vis is onbekend	- visstand kan er toe bijdragen dat de gewenste maatregelen na het treffen van de maatregelen niet bereikt wordt; - daarom is aanbevolen wordt om de visstand te monitoren (zie ook paragraaf 7.4.1) en indien nodig maatregelen te treffen; - er is hiermee geen aanvullende impact op het advies
kritische belasting	- de kritische belasting wordt berekend met een theoretisch model, de praktijksituatie kan afwijken. De mate van afwijking is niet goed bekend. Bij het toepassen van ecologische modellen is er altijd enige onzekerheid. Het toegepaste model is thans het meest gangbare model voor het afleiden van de kritische belasting voor stedelijk water. De rekenresultaten zijn vooral indicatief bedoeld	- mogelijk is de inzet van meer of minder (intensieve) maatregelen nodig om de beoogde situatie te bereiken - voortschrijdende monitoring van de waterkwaliteit wordt aanbevolen (zie ook paragraaf 7.4.3) - er is hiermee geen impact op het advies
nalevering waterbodembodem	- voor de nalevering door de waterbodembodem is de quickscan methode gebruikt. De methode achter de quickscan is gebaseerd op naleveringsexperimenten. De resultaten van deze experimenten zijn vertaald naar rekenregels voor het bepalen van de nalevering uit de waterbodembodem	- gezien de beperkte sliblaag en de quickscan wordt er geen grote nalevering verwacht

In de onderstaande paragrafen zijn de aanbevolen onderzoeksactiviteiten nader toegelicht.

7.3. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

In tabel 7.4 is een overzicht van aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

Tabel 7.4. Samenvattende tabel voorgestelde aanbevelingen voor vervolgonderzoek Slievenvijver

aanbeveling	omschrijving	werkzaamheden
1	onderzoeken visstand	visstandbemonstering
2	vogeltellingen	jaarrond watervogels tellen
3	monitoren	monitoren grond- en oppervlaktewater

7.3.1. Visstandonderzoek

Er zijn geen gegevens bekend over de visstand in de Slievenvijver. Een hoge dichtheid van bodemwoelende vis (zoals karpers en grote brasems) kan van grote invloed zijn op de waterkwaliteit. Een grote hoeveelheid bodemwoelende vis in een ondiep kan 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 de huidige 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 dat de visstand, die zich heeft ontwikkeld bij de huidige belastingen, het systeem na de uitvoer van maatregelen verstoort.

7.3.2. Tellingen watervogels

Het is onduidelijk hoeveel watervogels er jaarrond op de Slievenvijver verblijven. Mede daardoor is de belasting door watervogels moeilijk in te schatten. Om beter grip op de belasting door vogels te krijgen, adviseren wij om jaarrond vogeltellingen uit te voeren.

Als blijkt dat de belasting door watervogels daadwerkelijk lager blijkt te zijn dan de berekende belasting in dit rapport, kan dat invloed hebben op de te nemen maatregelen. Als voorbeeld: bij een lagere belasting door watervogels zou het reduceren van bladval en het instellen van een opruimplicht een groter positief effect kunnen hebben op de waterkwaliteit.

7.3.3. Monitoren grond- en oppervlaktewater

Metten van de grondwaterkwaliteit wordt aanbevolen, zodat een beter beeld verkregen wordt van de fosfaatvrucht van de post uitspoeling. Daarnaast is thans de waterstand niet goed bekend. Door de oppervlaktewaterstand te meten, kan de berekende waarde voor de ontwatering geverifieerd worden (en daarmee ook de post uitspoeling).

Wij adviseren verder om de ontwikkelingen in waterkwaliteit (nutriëntenconcentraties, zuurstofhuishouding, doorzicht) van de Slievenvijver te volgen. Door monitoring kan daarnaast een koppeling worden gemaakt tussen de voorgestelde maatregelen en het ecologisch en hydrologisch functioneren van het systeem. Daarnaast kunnen de gegevens gebruikt worden voor een eventuele toekomstige watersysteem- en bronanalyse. Voor monitoring dienen de volgende parameters jaarrond bepaald te worden (voor de stoffen twaalf keer per jaar):

- oppervlaktewaterstanden (ten opzichte van 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;
- gloeirest;
- zwevend stofgehalte.

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 bladzijde.
4. Merkelbach, R. 2012. Onderzoek Stadswateren Toestand en Trend. Analyserapport Aquon, in opdracht van Waterschap Aa & Maas.
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 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.
8. Van Zuilichem, H. 2011. Kwaliteitsoordeel stadswater 2007-2010. Rapport waterschap Aa & Maas.
9. Waajen, G., 2012. Conceptnotitie ten behoeve van achtergrondrapport Kansrijke Innovatieve Maatregelen Bestrijding Blauwalgenoverlast: vijver Mgr. Schaepmanlaan Dongen, waterschap Brabantse Delta.
10. Witteveen+Bos, 2006. Waterkwaliteitsspoor Moordrecht. In opdracht van hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard.
11. www.rivm.nl.
12. www.stowa.nl/upload/publicaties/QuickScan%20v1%2002.xls.
13. www.waterbodem.nl.
14. Verkenning grondwaterkwaliteit in Natte Natuurparels in het beheergebied van waterschap Aa en Maas, waterschap Aa en Maas, 2011.

BIJLAGE I GEHANTEERDE VERDAMPINGSFACTOREN

Tabel I.1. Van Penman naar Makkink, een nieuwe berekeningswijze voor de klimatologische verdampingsgetallen, KNMI/CHO, rapporten en nota's, no.19

maand	maand	e_o/e_r	e_r/e_o
jan	1	0,400	2,500
feb	2	0,933	1,071
maart	3	1,267	0,789
april	4	1,300	0,769
mei	5	1,300	0,769
juni	6	1,310	0,763
juli	7	1,267	0,789
aug	8	1,193	0,838
sept	9	1,170	0,855
okt	10	0,900	1,111
nov	11	0,700	1,429
dec	12	0,000	1,000

BIJLAGE II NEERSLAG EN VERDAMPING MEETSTATION VOLKEL

Tabel II.2. Neerslag en verdamping meetstation Volkel

jaar	neerslag [mm]	verdamping [mm]
1993	758	545
1994	841	561
1995	655	609
1996	600	537
1997	535	593
1998	977	520
1999	747	609
2000	863	552
2001	839	589
2002	863	569
2003	562	652
2004	862	580
2005	759	607
2006	701	602
2007	847	584
2008	699	579
2009	688	617
2010	769	595
2011	776	606
2012	842	589

In de tabel zijn jaarwaarden opgenomen, in de waterbalans zijn dagwaarden opgenomen.