

Second opinion waterinname Apeldoorns kanaal



Foto: Onderwatervegetatie in het kanaal, mei 2010, 30 meter ten zuiden van de Vrijenbergerspreng. Zichtbaar is Teer Vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*), met ijzeraanslag

Opdrachtgever: Waterschap Veluwe
Rapportnummer: **20010.25**

Second opinion waterinname Apeldoorns kanaal

B-WARE Research Centre, Nijmegen

Auteur:



Titel rapport: *Second opinion waterinname Apeldoorns kanaal*

Opdrachtgever: *Waterschap Veluwe*

Rapportnummer: *2010.25*

Informatie:

B-WARE Research Centre
Radboud Universiteit Nijmegen
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
Tel: 024-3652817
www.b-ware.eu

© B-WARE Research Centre, Nijmegen, 2010.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Waterschap de Veluwe en in overleg met Vitens. Inhoudelijke bijdragen zijn geleverd door Peter van Beers (Waterschap Veluwe), Jolijn van Engelenburg en Henk Hunneman (Vitens)

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	4
1.1	Achtergrond van het onderzoek	4
1.2	Doelstelling en onderzoeksvragen	4
1.3	Aanpak	5
2	Sturende processen achter de hoge natuurwaarden	6
2.1	Sturende processen	6
2.2	Waterkwaliteit	9
3	Discussie	10
3.1	Samenvatting analyse zachtwatervegetatie	10
3.2	Gevolgen inname	12
3.3	Praktische aanbevelingen	13
3.4	Monitoring	15
4	Literatuur	16

1. Inleiding

1.1. Achtergrond van het onderzoek

Het Apeldoorns kanaal is een kanaal op de overgang van de Veluwe naar het IJsseldal, dat momenteel niet meer voor scheepvaart wordt gebruikt. Ter hoogte van Loenen mondt de Vrijenbergerspreng in het kanaal uit en daar heeft zich in de loop van enkele tientallen jaren een bijzondere gradiënt in de waterkwaliteit ontwikkeld. Hierdoor heeft zich onder andere een grote populatie drijvende waterweegbree ontwikkeld (Spier e.a., 2010). Daarnaast zijn grote hoeveelheden teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) en diverse andere plantensoorten van zachte wateren aangetroffen. Er is inmiddels sprake van één van de grootste groeiplaatsen van zachtwatervegetaties in Gelderland en zelfs in nationaal en internationaal opzicht is de situatie uitzonderlijk. Ook de combinatie van een groot oppervlak, waarvan de waterkwaliteit in hoge mate bepaald wordt door de toestroom van schoon sprengwater is uitzonderlijk en dus moeilijk elders te realiseren.

In het kader van de Overeenkomst Duurzame Drinkwatervoorziening Gelderland heeft Vitens met de Provincie Gelderland afgesproken om de effecten van de drinkwaterwinning Schalterberg te compenseren. Om de winning te verduurzamen, en de verdrogende effecten van de drinkwaterwinning 'Schalterberg' van Vitens (gelegen op de oostflank van het Veluwemassief) op grondwaterafhankelijke natte natuur te verminderen, wil Vitens gebiedseigen, schoon oppervlaktewater uit het Apeldoorns Kanaal infiltreren nabij de winning. De waterinname zal vlakbij de monding van de Vrijenbergerspreng plaatsvinden en kan van grote invloed zijn op zowel de kwaliteit als de vegetatie van de aanwezige gradiënt. Waterschap Veluwe en Vitens hebben daarom onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke gevolgen. Ook heeft Vitens een hydrologische studie laten uitvoeren door Witteveen & Bos (2009). Gezien de complexe aard van de situatie en de hoge natuurwaarden die in het geding zijn, vragen zij onderzoekcentrum B-ware om een second opinion.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Vanuit het Waterschap zijn de volgende vragen gesteld:

- Op welke wijze kunnen de aanwezige waardevolle watervegetaties het beste worden behouden en ontwikkeld, onafhankelijk van de waterinname?
- Wat is de range in waterkwaliteit (o.a. nutriënten, macro-ionen, buffering) waarbij de aanwezige zachtwatergemeenschappen in het Apeldoorns Kanaal kunnen voorkomen?
- Wat is de rol van de waterbodem (kwaliteit, samenstelling) bij het voorkomen van de waardevolle watervegetaties?
- Hoe is de waterkwaliteit in het eerste pand van het Apeldoorns Kanaal en specifiek in het traject bij de Vrijenbergerspreng het beste te sturen?
- Welke perioden van het jaar zijn het meest cruciaal voor de overleving/het voortbestaan van genoemde waterplantenvegetaties? En zijn de zachtwatervegetaties buiten het groeiseizoen minder gevoelig voor een andere waterkwaliteit?
- Is het mogelijk om de voorziene waterinname uit het kanaal nabij de Vrijenbergerspreng te combineren met behoud en evt. ontwikkeling van de waardevolle watervegetaties? Zo ja,

wat zijn dan de randvoorwaarden en de te nemen voorzorgsmaatregelen? Hierbij valt te denken aan:

- Situering van het innamepunt;
 - Wijze van onttrekken (technisch t.a.v. inrichting innamepunt en procesmatig door de onttrekking bijvoorbeeld geleidelijk op te schalen);
 - (Maximale) omvang van onttrekking;
 - Seizoensgestuurde inname;
- Hoe kun je eventuele effecten van de waterinname goed en efficiënt monitoren?

1.3 Aanpak

In het voorliggende stuk wordt eerst een zo compleet mogelijk beeld geschetst van de processen die hebben geleid tot het ontstaan de van de gradiënt in waterkwaliteit en de specifieke flora en fauna. Daarna wordt aangegeven hoe een eventuele waterinname deze processen kan beïnvloeden. Vervolgens worden suggesties gedaan hoe een eventuele waterinname kan worden gerealiseerd met een minimum aan effecten voor de aanwezige flora en fauna.

2 Sturende processen achter de hoge natuurwaarden

De meest bijzondere plantensoorten die zich in het Apeldoorns kanaal gevestigd hebben in de buurt van de Vrijenbergerspreng zijn Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*), Teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*), Doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*) en Waterviolier (*Hottonia palustris*). Deze plantensoorten zijn kenmerkend voor voedselarm, zacht water dat rijk is aan kooldioxide. De bodem, daarentegen, is meestal matig voedselrijk. De genoemde plantensoorten kunnen hierdoor in relatief korte tijd vrij veel biomassa produceren.

2.1 Sturende processen

Zacht water, een zeldzaam watertype

De meeste wateren in Nederland worden gevoed door water dat in aanraking is geweest met kalkhoudende lagen, zoals klei, kalkrijk zand, kalksteen of bekalkte landbouwbodem. Zo wordt meer dan de helft van Nederland gevoed door de grote rivieren, die kalkrijk water aanvoeren. Alleen op de hogere zandgronden komt op grote schaal kalkloze bodem voor en hier is het water van nature kalkarm of zelfs zuur. Maar ook in dit landschap zijn de betere (lees: minder kalkarme) gronden vaak door de mens in gebruik genomen en wordt kalkrijk water aangevoerd vanuit de grote rivieren. Zacht water is kalkarm water met een buffercapaciteit van 0,05 tot 0,5(-1) milli-equivalent per liter. Dit water komt momenteel nog slechts hier en daar voor, vooral op de overgang van de hogere zandgronden naar aangrenzende rivierdalen. De sprengen aan de oostkant van de Veluwe bevatten vrijwel allemaal zacht water.

Zacht water bevat onvoldoende opgeloste kalk (bicarbonaat) voor de fotosynthese, waardoor in zacht water alleen waterplanten voorkomen die speciale aanpassingen hebben om op andere wijzen aan voldoende koolstof te komen. Deze soorten verdwijnen indien de buffercapaciteit boven de 0,5 tot 1 milli-equivalent per liter uitkomt.

Veel koolstofdioxide in de waterlaag

Veel van de plantensoorten van zachte wateren hebben fijn verdeelde onderwaterbladeren waarmee ze voldoende koolstof (als kooldioxide) uit de waterlaag kunnen opnemen. Dit kooldioxide kan worden aangevoerd met grondwater, waardoor veel van deze plantensoorten een voorkeur hebben voor kwelplekken (bijvoorbeeld waterviolier). In het Apeldoorns kanaal is echter vrijwel overal sprake van wegzijging; de Vrijenbergerspreng is zelfs gegraven om water aan te voeren ter compensatie van deze wegzijging.

Een andere bron voor kooldioxide is de afbraak van organisch materiaal. Bij deze afbraak komen ook veel voedingsstoffen vrij. Een voedselarme waterlaag kan dan alleen in stand blijven indien er voldoende ijzer aanwezig is om vrijkomend fosfaat aan de bodem te binden. Langs het Apeldoorns kanaal zijn vrijwel overal laanbomen aanwezig en in het kanaal komen dan ook grote hoeveelheden afgevallen bladeren terecht. Bij de afbraak hiervan komt voldoende kooldioxide vrij voor de genoemde zachtwatersoorten.

IJzer zorgt voor een fosfaatarme waterlaag

De tegenstelling tussen een voedselarme waterlaag en een voedselrijkere bodem wordt in stand gehouden door een hoge beschikbaarheid van ijzer. In de anaërobe bodem is dit ijzer als gereduceerd Fe^{2+} aanwezig. Deze ijzervorm lost vrij goed op in water. Ook kan dit ijzer fosfaat binden, maar de capaciteit om fosfaat te binden is vrij gering. In de waterlaag is zuurstof aanwezig en hierdoor wordt het ijzer geoxideerd tot Fe^{3+} . Deze ijzervorm is slecht oplosbaar en slaat snel neer in de vorm van ijzerhydroxide (roest). Bij de vorming van deze neerslag, slaat ook opgelost fosfaat neer. Wanneer ijzerhydroxide zich in een gereduceerde onderwaterbodem bevindt, zal Fe^{3+} weer geleidelijk worden omgezet in Fe^{2+} . In een gereduceerde onderwaterbodem is daarom vaak

vrij veel fosfaat aanwezig in opgeloste vorm in het bodemvocht. Dit fosfaat kan echter niet naar de waterlaag diffunderen zo lang er ook minstens even veel gereduceerd ijzer aanwezig is in dat bodemvocht. Fosfaat en ijzer slaan dan op het grensvlak van water en bodem weer neer als ijzerhydroxide waaraan fosfaat gebonden zit.

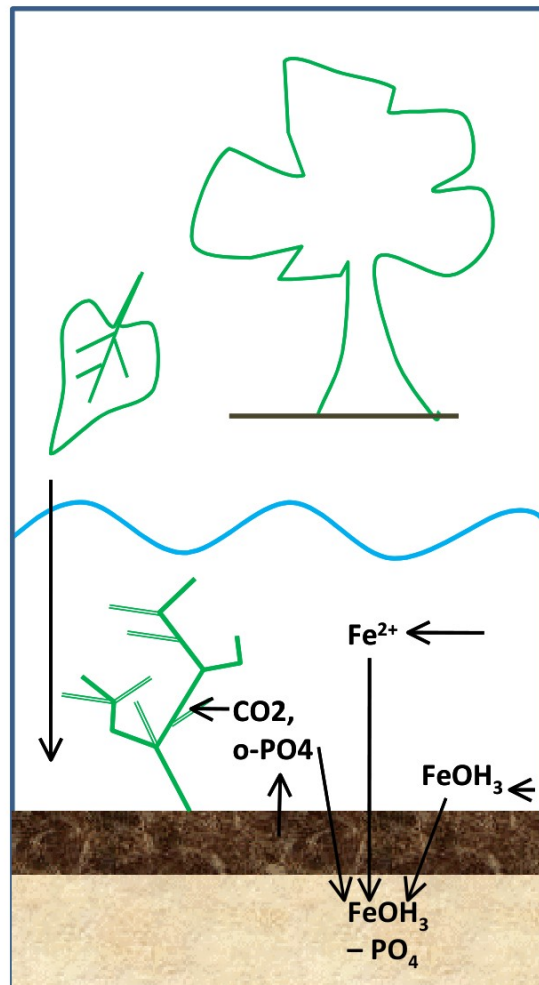
De belangrijkste randvoorwaarde voor het voorkomen van de bijzondere vegetaties is de aanvoer van zacht water. Dit water wordt via een aantal sprengen aangevoerd, waardoor het hele kanaaltraject ten zuiden van Apeldoorn (het eerste pand) dezelfde hardheid heeft: 0,4 milli-equivalent per liter. Het aangevoerde water is zeer fosfaatarm, vanwege het ijzer dat met het grondwater wordt aangevoerd en vervolgens neerslaat. Wel bevatten sommige sprengen tamelijk grote hoeveelheden nitraat, maar door de fosfaatarmoede heeft dit geen merkbaar vermestend effect. Wel worden via de invallende boombladeren vrij grote hoeveelheden fosfaat aangevoerd. Bij de afbraak van dit boomblad komt kooldioxide vrij, wat vervolgens naar de waterlaag diffundeert en kan worden gebruikt door de planten van zachte wateren. Het bij de afbraak vrijkomende fosfaat hoopt zich op in de sliblaag en heeft een vermestend effect, waardoor een groot deel van het kanaal toch weinig ondergedoken waterplanten kent. Alleen in die delen waar voldoende ijzer wordt aangevoerd om het fosfaat aan het slib of de zandbodem te binden heeft de zachtwatervegetatie zich kunnen ontwikkelen.

De Vrijenbergerspreng snijdt vrij diep in in het Veluwemassief en wordt grotendeels gevoed via grondwater. Dit grondwater is ijzerrijk en zuurstofloos. Wanneer dit grondwater de beek bereikt, komt het in contact met zuurstof en gaat het ijzer neerslaan. Deze neerslag verloopt echter niet onmiddellijk, gereduceerd ijzer heeft in zuurstofhoudend water een halfwaardetijd van enkele uren. Het snelstromende water van de Vrijenbergerspreng voert daarom zowel neergeslagen ijzerhydroxidedeeltjes aan als opgelost ijzer. Bij de monding is de concentratie opgelost ijzer ongeveer 2 milligram per liter (data Vitens). De halfwaardetijd wordt sterk beïnvloedt door de zuurgraad en de temperatuur. Hoe lager deze factoren, des te hoger is de halfwaardetijd. Zo slaat 90% van het opgeloste ijzer bij 21 graden en pH 7 in een uur neer en duurt dat bij pH 6 100 uur (<http://2the4.net/iron.htm>). Bij 5 graden (pH 7) duurt dat echter 10 uur! In de winter worden grotere hoeveelheden ijzerhoudend grondwater aangevoerd en bovendien duurt het veel langer voor het ijzer neerslaat. De verspreiding van opgelost ijzer zal dus vooral in de winter en het vroege voorjaar plaatsvinden, en vooral in koude en/of natte winters. Ook de tamelijk lage pH van 6 tot 6,5 in de spreng draagt in belangrijke mate bij aan de aanvoer van opgelost ijzer. De aanvoer van opgelost ijzer is essentieel voor het behoud en de ontwikkeling van de zachtwatervegetaties, omdat bij neerslag in het kanaal ook neerslag van fosfaat en humuszuren plaatsvindt.

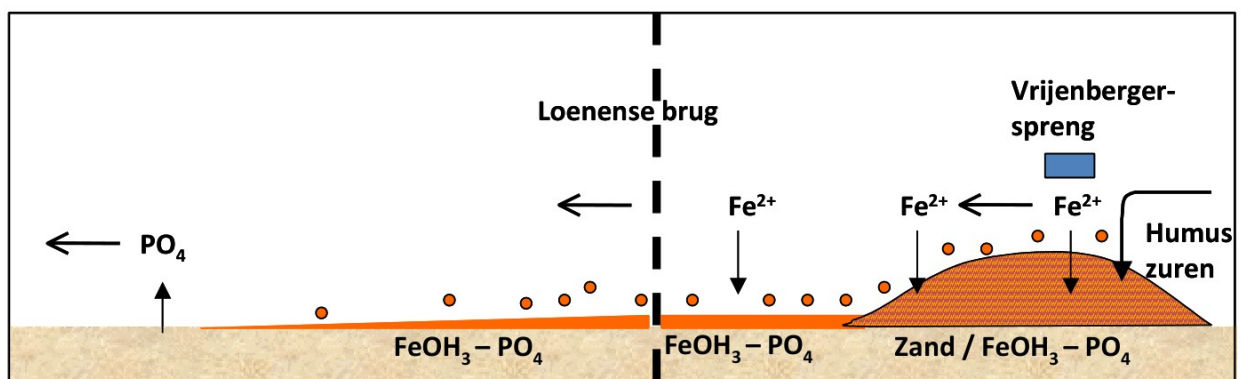
Daarnaast wordt ook veel ijzer via de spreng aangevoerd als uitgevlokte deeltjes en ook deze aanvoer is zeer veel hoger in perioden met een hoge afvoer. Deze neergeslagen deeltjes zullen zich in het kanaal echter minder makkelijk verspreiden. Bovendien binden ze alleen op langere termijn fosfaat.

In het kanaal treedt bij de monding van de Vrijenbergerspreng verzanding op omdat ook tamelijk grote hoeveelheden zand meekomen met het beekwater. Deze zandbult bestaat uit een mengsel van zand, bladafval en uitgevlokte ijzerhydroxide (figuur 2). Daar waar zich zand ophoopt, zal de bestaande zachtwatervegetatie verdwijnen. Daar staat tegenover dat het ijzerrijke water over de eigen delta tot verder in het kanaal zal reiken. Op de lange termijn wordt er dus een natuurlijke delta gevormd in een kunstmatig water en is het effect van de deltavorming op de zachtwatervegetaties neutraal. Op enkele tientallen meters afstand van de monding wordt momenteel nauwelijks meer zand afgezet, maar vindt nog wel oxidatie en neerslag van het opgeloste, gereduceerde ijzer plaats. Bij de Loenense brug wordt nauwelijks meer ijzer in het water gemeten. Transport naar meer zuidelijk gelegen delen vindt vermoedelijk vooral plaats door opwoeling van neergeslagen ijzerhydroxide-deeltjes, die vervolgens met de stroom meedrijven (figuur 2). Omdat de stroomsnelheid in het kanaal zeer laag is, is dit een zeer traag proces. Het is

dus waarschijnlijk dat er nog altijd uitbreiding in zuidelijke richting plaatsvindt van de zone met ijzerrijk sediment en dus de bijzondere waterplanten.



Figuur 1: Schets van de processen die leiden tot een waterlaag die fosfaatarm, maar rijk aan kooldioxide is.



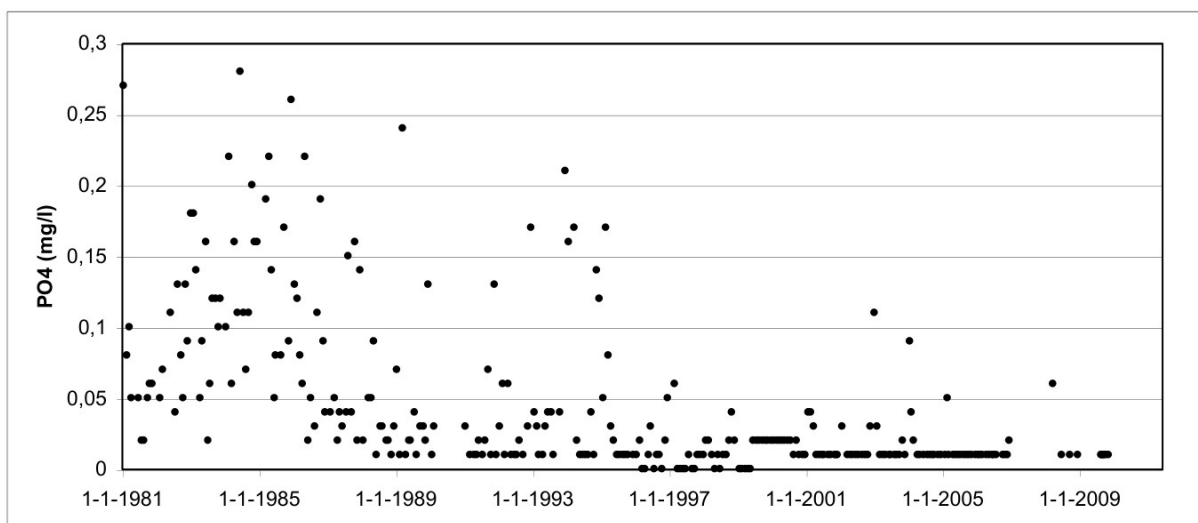
Figuur 2: Schets van de ijzer- en fosfaathuishouding in het Apeldoorns kanaal als gevolg van de aanvoer van ijzerrijk water via de Vrijenbergerspreng.

2.2. Waterkwaliteit

Waterkwaliteitsontwikkeling in de periode 1980-2010

Het meetpunt 200020, gelegen tussen de Loenense brug en de Zilvense brug, is al vanaf 1980 in gebruik. Gedurende die periode hebben zich grote veranderingen voorgedaan in de waterkwaliteit. Begin jaren zeventig is het Apeldoorns kanaal gesloten voor scheepvaart en is er gestopt met de frequente inlaat en doorvoer van IJsselwater (mondelinge mededeling Peter van Beers). Sinds die tijd wordt het kanaal dus vooral gevoed door zwak gebufferd, fosfaatarm en ijzerhoudend sprengwater. Alleen in droge zomerperioden wordt incidenteel water ingelaten bij Dieren om het water in het kanaal op peil te houden. Dit kunnen grote hoeveelheden zijn, bijvoorbeeld 80.000 m³ in juli 1989, maar ten opzichte van de sprengaanvoer is dit nog altijd vrij gering. Het is niet bekend hoe ver dit water het kanaal binnendringt. In 1989 is geen duidelijk verhoogde alkaliniteit waargenomen ter hoogte van het meetpunt 20020 (figuur 4).

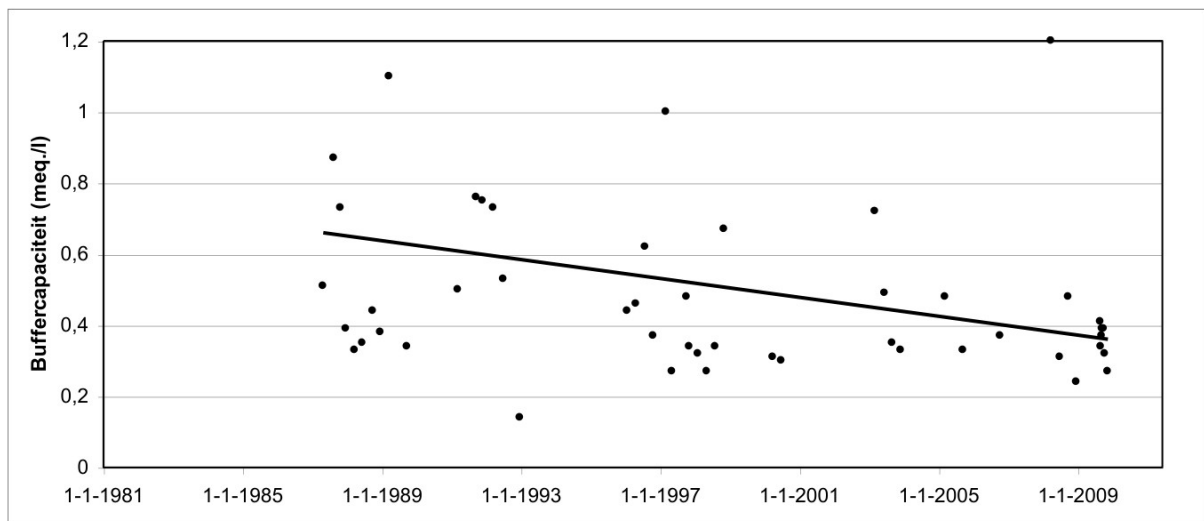
De gewijzigde hydrologie heeft geleid tot een sterke daling van de fosfaatconcentraties in de waterlaag (figuur 3). Tot midden jaren negentig liep de concentratie orthofosfaat in de waterlaag geregeld op tot meer dan 0,1 milligram per liter. De gewenste zachtwatervegetaties komen vrijwel altijd voor in water met fosfaatgehalten die beneden 0,02 milligram per liter blijven. Dergelijk lage fosfaatbeschikbaarheden worden op het meetpunt pas na 2005 bereikt. De omslag in midden jaren negentig is mogelijk mede bereikt door de extreem natte winter van 1995 en de zeer koude winter van 1996, waardoor waarschijnlijk veel opgelost ijzer is aangevoerd door de Vrijenbergerspreng.



Figuur 3: Verloop van de concentratie orthofosfaat in het Apeldoorns kanaal op meetpunt 200020, tussen de Loenense en Zilvense brug. Gegevens van Waterschap Veluwe.

Opvallend is ook het verloop van de buffercapaciteit op meetpunt 200020 (figuur 4). Deze ligt al vanaf 1980 geregeld rond de 0,4 milli-equivalent per liter, maar vertoont in het begin regelmatig pieken tot rond de 1 milli-equivalent. Ook hier geldt dat pas na 2005 vrijwel permanent sprake is van zacht water. De pieken in de buffercapaciteit treden vooral op in de zomer en zijn waarschijnlijk het gevolg van een verminderde aanvoer van zacht sprengwater in combinatie met de vorming van buffercapaciteit bij de anaërobe afbraak van bladmateriaal, en oplading van het

sediment als gevolg van de vroegere doorvoer van IJsselwater. Met name deze laatste factor zal geleidelijk van minder betekenis worden wanneer het sterker gebufferde sediment langzaam wordt afgedekt met minder gebufferd (en ijzerrijker en zwavelarmer) sediment.



Figuur 4: Verloop van de buffercapaciteit in het Apeldoorns kanaal op meetpunt 200020, tussen de Loenense en Zilvense brug. Gegevens van Waterschap Veluwe.

Niet weergegeven is het verloop van de concentraties nitraat en sulfaat. Beide concentraties zijn tussen 1980 en 2010 sterk afgenomen, waarschijnlijk als gevolg van een afname van de zwavel- en stikstofdepositie. De verminderde aanvoer van beide stoffen vanuit de Vrijenbergerspreng zal ook hebben bijgedragen aan de verdere ontwikkeling van de zachtwatervegetaties. Zwavel (sulfaat) kan immers ijzer binden onder anaërobe omstandigheden en nitraat is een belangrijke voedingsstof voor planten. Overigens zijn de nitraatconcentraties nog steeds enkele malen hoger dan wenselijk is voor de aanwezige zachtwatervegetaties.

De ontwikkelingen in de waterkwaliteit die zich op meetpunt 200020 hebben, hebben zich ook voorgedaan in grote delen van de rest van het traject Dieren-Apeldoorn. Ze lijken dus vooral een afspiegeling te zijn van het verdwijnen van de invloed van rivierwater en de afgenomen depositie. De vraag rijst dan waarom zich in de overige delen van het eerste pand van het kanaal geen zachtwatervegetaties hebben ontwikkeld. Plaatselijk komen wel uitgebreide vegetaties van Smalle waterpest voor in helder water. Vermoedelijk vindt hier toch enig fosfaattransport plaats vanuit het sediment naar de waterlaag. Dit fosfaat wordt direct opgenomen door waterplanten of algen, en wordt niet teruggemeten in de waterlaag. Ook kan uit ijzerarme sedimenten makkelijker fosfaat worden opgenomen dan uit ijzerrijk sediment, iets wat bijvoorbeeld in het voordeel kan zijn van een veel voorkomende soort als Smalle waterpest.

Een derde factor die mogelijk een rol speelt is de neerslag van humuszuren met ijzer. Bij de afbraak van bladmateriaal kunnen grote hoeveelheden humuszuren vrijkomen, die het water een bruine kleur geven en daarmee het doorzicht verminderen. Het gereduceerde ijzer dat vlak bij de sprengmondong neerslaat zorgt ervoor dat humuszuren die vanuit het noorden worden aangevoerd ook neerslaan. Dit geklaarde water stroomt vervolgens naar het zuiden en mengt steeds verder met het daar aanwezige, bruine water. In 2009 was het doorzicht in het kanaal ter hoogte van Lieren (punt 200030) gemiddeld 64 cm, terwijl dit in het traject met zachtwaterplanten rond de 170 cm was.

3 Discussie

3.1. Samenvatting analyse zachtwatervegetatie

Een groot deel van het traject Dieren-Apeldoorn bevat de laatste jaren zacht, fosfaatarm en helder water. Toch komt alleen in het deel dat gevoed wordt door water uit de Vrijenbergerspreng de hierbij horende zachtwatervegetatie voor. Vermoedelijk is de aanvoer van ijzer uit de spreng noodzakelijk om het vermestende effect van bladval tegen te gaan. Het ijzer zorgt ervoor dat fosfaat nog beter aan de onderwaterbodem gebonden blijft en draagt vermoedelijk ook bij aan de helderheid van het water. Gezien de recent sterk verbeterde waterkwaliteit in het kanaal, mag worden verwacht dat de zachtwatervegetatie zich nog altijd uitbreidt in zuidelijke richting. Aanvoer van het benodigde ijzer vindt voornamelijk in de winter en in het vroege voorjaar plaats, omdat dan het debiet het hoogst is en de watertemperatuur het laagst.

In de inleiding is een aantal vragen gesteld, die hieronder worden voorzien van een antwoord:

- *Op welke wijze kunnen de aanwezige waardevolle watervegetaties het beste worden behouden en ontwikkeld, onafhankelijk van de waterinname?* Antwoord: Allereerst handhaven van de lage buffercapaciteit in het eerste pand van het kanaal en ten tweede zorgen voor een blijvende toestroom van ijzerhoudend oppervlaktewater. Theoretisch is een verdere ontwikkeling van kwaliteit en kwantiteit van de vegetaties mogelijk door te zorgen voor meer ondiepe delen in het water, geleidelijke en deels droogvallende oevers, een uitzakkend waterpeil in de zomer en door bladwinwaai zo veel mogelijk te voorkomen.
- *Wat is de range in waterkwaliteit (o.a. nutriënten, macro-ionen, buffering) waarbij de aanwezige zachtwatergemeenschappen in het Apeldoorns Kanaal kunnen voorkomen?* Antwoord: zie tabel 1.
- *Wat is de rol van de waterbodem (kwaliteit, samenstelling) bij het voorkomen van de waardevolle watervegetaties?* Antwoord: Uit de bodem wordt kooldioxide nageleverd uit afbrekend blad. Dit kooldioxide is nodig voor de koolstofvoorziening van de zachtwatervegetaties. Voorts wordt het meekomende fosfaat aan de bodem gebonden door het opgehoopte ijzer.
- *Hoe is de waterkwaliteit in het eerste pand van het Apeldoorns Kanaal en specifiek in het traject bij de Vrijenbergerspreng het beste te sturen?* Antwoord: De waterkwaliteit wordt grotendeels bepaald door de aanvoer en doorvoer van sprengwater, en dus door processen die plaatsvinden in de spreng en het inzijsgebied daarvan. Daarnaast wordt de waterkwaliteit mogelijk negatief beïnvloedt door het ontbreken van droogvallende oevers en de inwaai van boomblad.
- *Welke perioden van het jaar zijn het meest cruciaal voor de overleving/het voortbestaan van genoemde waterplantenvegetaties? En zijn de zachtwatervegetaties buiten het groeiseizoen minder gevoelig voor een andere waterkwaliteit?* Antwoord: In de zomer is de aanvoer van sprengwater het kleinst en de watertemperatuur het hoogst. Er kan dan interne eutrofiering optreden. Aan de andere kant vindt de verspreiding van ijzer voornamelijk plaats in de winter en het vroege voorjaar. Dit ijzer is belangrijk voor de overleving op de lange termijn.
- *Is het mogelijk om de voorziene waterinname uit het kanaal nabij de Vrijenbergerspreng te combineren met behoud en evt. ontwikkeling van de waardevolle watervegetaties?* Antwoord: zeer waarschijnlijk wel. Zo ja, wat zijn dan de randvoorwaarden en de te nemen voorzorgsmaatregelen? Hierbij valt te denken aan:
 - o *Situering van het innamepunt;* Antwoord: alleen inname aan de noordkant, daar waar niet of nauwelijks meer ijzer zit opgelost in het kanaalwater. Het kan nuttig

- zijn om de ijzerrijkdom van de bodem te meten alvorens een innamepunt vast te stellen, dat geeft waarschijnlijk een beeld van hoe ver het ijzerrijke water komt.
- *Wijze van onttrekken (technisch t.a.v. inrichting innamepunt en procesmatig door de onttrekking bijvoorbeeld geleidelijk op te schalen);* Antwoord: Start en opschalen onttrekking laten samen gaan met monitoring. Mogelijkheid inbouwen om onttrekking tijdelijk stil te kunnen leggen.
 - *(Maximale) omvang van onttrekking;* Antwoord: het verspreidingspatroon van het ijzerrijke sprengwater mag niet ingrijpend worden gewijzigd. De maximale onttrekking is mede afhankelijk van de afstand van het innamepunt tot de sprengmonding en van de mate waarin de sprengaanvoer door de infiltratie wordt vergroot.
 - *Seizoensgestuurde inname;* Antwoord: inname tijdens droge zomerperioden wordt afgeraden. Ook is het raadzaam om in de periode mei-september de inname te halveren. Verder verdient het overweging om tijdens pieken in de ijzerverspreiding (zeer hoge debieten van de spreng, langere vorstperioden in de winter) geen water in te nemen, zodat het ijzerrijke water zich dan maximaal kan verspreiden. Mogelijk lopen de ijzerconcentraties bij het innamepunt dan ook (te ver) op.
- *Hoe kun je eventuele effecten van de waterinname goed en efficiënt monitoren?* Voorstel: Monitoring van de waterkwaliteit aan de sprengmonding, bij de Loenense brug en aan de zuidkant van de zachtwatervegetaties, bijv. 4x per jaar. Monitoring van de bodem op bijv. 5 plaatsen door de hele gradiënt, 1x per 2 jaar. Ook de gevolgen van eventuele hydrologische aanpassingen aan de spreng dienen nauwlettend te worden gevolgd. Daarnaast jaarlijks monitoring van de vegetatie, bij voorkeur in de periode juni-juli. Monitoring starten ruim voor de start van de waterinname.

3.2 Gevolgen inname

Het kanaal ontvangt per jaar meer dan 10 miljoen kuub sprengwater. Dit komt voornamelijk binnen via de Vrijenbergerspreng en twee in Apeldoorn gelegen sprengen. Het overschot vanuit Apeldoorn stroomt in zuidelijke richting. Het effect van een jaarlijkse inname van maximaal 2 miljoen kuub is sterk afhankelijk van de plaats waar deze plaatsvindt. Indien deze ver (meer dan een kilometer) noordelijk van de Vrijenbergerspreng plaatsvindt, wordt vrijwel alleen water ingenomen dat uit de Apeldoornse sprengen afkomstig is en zal er geen effect zijn op de zachtwatervegetatie. Het andere uiterste is dat de inname vlakbij de monding van de spreng plaatsvindt. Grofweg de helft van het sprengwater zou dan worden afgevangen, wat er waarschijnlijk toe zal leiden dat de uitbreiding van de zachtwatervegetatie zal omslaan in een inkrimping.

Inname van zuiver water uit de Vrijenbergerspreng is echter ook om technische redenen omgewenst, en wel om de hoge concentraties opgelost ijzer. Vitens heeft een sterke voorkeur voor een mengwatertype, waarin zowel de ijzerconcentraties (uit de Vrijenbergerspreng) als de concentraties aan organische vervuilingen (uit de Apeldoornse sprengen) laag zijn. Dit water kan worden ingenomen op enige afstand ten noorden van de Vrijenbergerspreng. Een innamepunt ten noorden van de Albaplas is voor Vitens technisch en praktisch niet haalbaar, waardoor de speelruimte beperkt blijft tot het traject van de monding van de Vrijenbergerspreng tot de zuidkant van de Albaplas. Het verdient dan sterk de voorkeur om zo noordelijk mogelijk in dit traject water in te nemen. Gezien de dominante stroming in zuidelijke richting en de vegetatie die wijst op beperkte invloed van de Vrijenbergerspreng, bestaat het water hier grotendeels uit sprengwater dat uit het noorden wordt aangevoerd. De gevolgen van de inname zijn dan gemengd. De stroming uit het noorden wordt deels afgevangen, waardoor enerzijds minder doorstroming plaatsvindt en

water uit de Vrijenbergerspreng minder snel naar zuidelijke richting wordt afgevoerd. Anderzijds treedt minder verdunning op met water uit het noorden. Mogelijk neemt de lengte van de gradiënt dus iets af (of minder snel toe), maar neemt de kwaliteit van de vegetatie toe. Zonder gedetailleerde hydrologische studie is hier echter weinig met zekerheid van te zeggen.

Een positief effect wordt gevormd door de verwachte verhoogde afvoer van de Vrijenbergerspreng als gevolg van de infiltratie van het kanaalwater. Zowel de lengte als de kwaliteit van de gradiënt zullen hier in theorie van profiteren. Vooral de verhoogde debieten in het zomerseizoen zijn in dat verband belangrijk, zodat de temperatuur van het kanaalwater nabij de sprengmonding laag blijft en er minder snel IJsselwater hoeft te worden ingelaten in droge perioden. Waterschap Veluwe neemt momenteel enkele hydrologische maatregelen in de Vrijenbergerspreng en het inrijgsgebied hiervan. Dit heeft mogelijk effecten op de kwantiteit en kwaliteit van het sprengwater. Het is daarom belangrijk om zowel de kwaliteit als de kwantiteit aan de sprengmonding goed te volgen.

Wanneer de locatie enkele honderden meters noordelijk van de Vrijenbergerspreng wordt gekozen, lijken de gevolgen van waterinname en infiltratie eerder positief dan negatief.

3.3 Praktische aanbevelingen

Seizoensvariatie in innamecapaciteit

In de winter en het vroege voorjaar vind de meeste aanvoer van ijzerrijk grondwater plaats. Ook worden dan bij maximale debieten vermoedelijk de meeste ijzerhydroxide-deeltjes aangevoerd over het sediment. Dit zou een argument kunnen zijn om in die periode geen water in te nemen. Echter, wanneer de afstand tot de spreng voldoende groot is, zal juist in die periode een groot overschot van de Apeldoornse sprengen naar het zuiden worden afgevoerd en de stroming dus duidelijk naar het zuiden gericht zijn. Waarschijnlijk kan in de winter dus zonder veel gevolgen water worden ingenomen.

In de zomer is de ijzeraanvoer gering, maar bestaat wel kans op watertekorten en oplopende temperaturen. Veel waardevolle macrofauna is waarschijnlijk juist aangewezen op jaarrond lage temperaturen en een bijbehorende laag zuurstofverbruik boven het sediment. Bij grote droogte neemt ook de kans toe dat IJsselwater moet worden ingelaten aan de zuidkant van het eerste kanaalpand. Dit moet dan stroomopwaarts naar het noorden bewegen en zal dus niet onmiddellijk de gradiënt beïnvloeden. Echter, ook een geringe alkalinisatie van het kanaalwater kan snel een einde maken aan de aanwezigheid van de zachtwatervegetatie, want de buffercapaciteit bevindt zich al niet ver van de bovengrens van voor zachte wateren kenmerkende waarden. Het risico op alkalinisatie moet dus zo klein mogelijk blijven. Voor het behoud van de gradiënt in waterkwaliteit is de alkaliniteit de belangrijkste sturende factor. Ook is de waterkwaliteit verder naar het zuiden recent ook sterk verbeterd en liggen hier dus kansen voor verdere uitbreiding van zachtwatervegetaties.

Het wordt dus aanbevolen om de inname van water uit het kanaal in de zomer wat te verminderen en bij grote droogte geheel stil te leggen. Dit ook om de inname van IJsselwater zo veel mogelijk te voorkomen. Er kan bijvoorbeeld naar gestreefd worden om tweederde van de benodigde hoeveelheid water in de winter en het voorjaar in te laten en de rest in de zomer en herfst.

Hydrologische wijzigingen Vrijenbergerspreng

Er bestaan plannen om de Vrijenbergerspreng op te stuwen en de voorbereidingen hiervoor zijn al in uitvoering. Dit kan grote gevolgen hebben voor de hoeveelheid ijzer die aangevoerd wordt naar het kanaal. Door de opstuwing wordt minder ijzerhoudend grondwater aangetrokken en stijgt de verblijftijd in de spreng, vooral als zich voor de stuw een breed waterlichaam vormt. Het water kan dan meer opwarmen. De langere verblijftijd en de hogere temperatuur kunnen leiden tot een sterke daling van de ijzerconcentratie in het sprengwater. Ook kan een deel van de neergeslagen ijzerdeeltjes achter de stuw sedimenteren, waardoor ook minder particulier ijzer wordt

aangevoerd. De voordelen (minder ontwatering) moeten dus zorgvuldig worden afgewogen tegen de nadelen (minder ijzer in het kanaal) en bij opstuwing moet de vorming van brede, min of meer stagnante wateren worden voorkomen.

Waterkwaliteit

Veel van de deelvragen van het Waterschap hebben betrekking op (het sturen van) de waterkwaliteit. De meetgegevens laten echter zien dat de waterkwaliteit in een groot deel van het kanaal dezelfde is: fosfaat beneden de detectielimiet, alkaliniteit 0,4 milli-equivalent per liter en nitraat iets verhoogd. Locale ingrepen, zoals de waterinname, zullen dus weinig effect hebben op de waterkwaliteit. Wel is de goede waterkwaliteit pas vrij recent tot stand gekomen als gevolg van het stopzetten van de inlaat van IJsselwater en de afgenomen stikstof- en zwaveldepositie. Zo lang er geen IJsselwater wordt ingelaten, zal de waterkwaliteit vermoedelijk goed blijven. Voor een goede ontwikkeling van de watervegetatie is het wel van belang om een flink doorzicht te hebben, liefst bodemzicht. Het doorzicht wordt waarschijnlijk vergroot door de neerslag van ijzer met fijne humusdeeltjes en humuszuren.

Ter referentie is een tabel toegevoegd met de ideale range in waterkwaliteit waarin de belangrijkste sturende factoren zich bevinden (tabel 1). De gemiddelde waterkwaliteit over een langere periode zou zich in deze range moeten bevinden. Ook zijn enkele kritieke grenswaarden opgenomen. Indien deze worden overschreden dreigt al op korte termijn achteruitgang van de aanwezige zachtwatervegetaties en is snel ingrijpen dus dringend gewenst.

	Zuurgraad pH	Buffercapaciteit milli-eq./liter	Orthofosfaat	Nitraat	Ammonium
Referentiewaarden	5,0 - 6,0	0,1 - 0,5	< 0,1 micromol/l < 0,01 mg/l	< 10 micromol/l < 0,62 mg/l	< 10 micromol/l < 0,18 mg/l
Kritieke grenswaarde	6,5	1	0,2 micromol/l 0,02 mg/l	100 micromol/l 6,2 mg/l	40 micromol/l 0,72 mg/l

Tabel 1: Geschatte referentiewaarden voor zachtwatervegetaties van het type zoals deze voorkomen in het Apeldoorns kanaal. Weergegeven is de range in waterkwaliteit zoals deze van nature zou moeten zijn en een kritieke grenswaarde die hooguit incidenteel mag worden overschreden.

Sedimentsamenstelling

Aangezien de waterkwaliteit goed is en weinig verschillen meer laat zien, is de samenstelling van het sediment waarschijnlijk meer bepalend voor de verspreiding van zachtwatervegetaties. Over de sedimentsamenstelling is echter weinig bekend. Door de aanvoer van IJsselwater, van relatief zwavelrijk blad, en door de wegzijgingssituatie was de bodem in het recente verleden vermoedelijk niet rijk aan ijzer en het aanwezige ijzer grotendeels gebonden door zwavel. De aanvoer van nieuw ijzer uit de spreng, en de verminderde zwavelaanvoer via bladval (afgenomen S-depositie!) en de IJssel, leiden er waarschijnlijk toe dat de condities in het sediment over een steeds groter oppervlak verbeteren.

Bladval door laanbomen

Zoals vermeld heeft de bladval vermoedelijk zowel een positief effect (aanvoer kooldioxide) als negatieve effecten (aanvoer voedingsstoffen, bruinkleuring water door humuszuren). Voor de zachtwatervegetatie is het niet noodzakelijk om opgehoopt blad te verwijderen. De aanwezige soorten groeien ook prima op organische bodem, zo lang deze ijzerrijk en niet te voedselrijk is. Op

de langere termijn, wanneer het water te ondiep wordt, zal het echter nodig worden om een deel van het sediment te verwijderen. Ook draagt de bladval bij aan de bruine kleur van het water en verhindert dus uitbreiding van zachtwatervegetaties.

Verzanding sprengmonding

De spreng voert behalve water ook vrij grote hoeveelheden zand aan, waardoor het kanaal ter hoogte van de monding aan het verzanden is. Wanneer besloten wordt om dit zand te verwijderen, kan het ijzerrijke zand desgewenst gebruikt worden om elders in of buiten het kanaal de waterbodem te verbeteren. Dit geldt ook voor het materiaal dat vrijkomt bij het schonen van de spreng. Afdekken van slib met het genoemde ijzerrijke materiaal is een goede methode om fosfaatsniveaus naar de waterlaag tegen te gaan.

Kanaaloever

De kanaaloeveren zijn nu overal steil tot loodrecht. De kansen voor de groei van zachtwaterplanten zouden sterk toenemen door hier en daar deze oevers af te vlakken of vlakke oeverdelen te creëren in het huidige water of door minder diepe delen te laten ontstaan. Hiervoor kan bijvoorbeeld het zand worden gebruikt uit de monding van de spreng.

Peilbeheer

De aanwezige zachtwatervegetatie is goed bestand tegen droogval. De abiotische omstandigheden zouden zelfs sterk worden verbeterd indien het sediment in de zomer enkele weken droogvalt. Stikstof en organisch materiaal worden versneld afgevoerd, fosfaat wordt gebonden en de buffercapaciteit zal nog iets verder teruglopen. Voor de zachtwatervegetatie is het dus niet gunstig om vast te houden aan een vast zomerpeil.

3.4 Monitoring

De aanwezige zachtwatervegetatie in het Apeldoorns kanaal heeft een hoge natuurwaarde en de processen achter het ontstaan hiervan zijn niet tot in detail bekend. Het wordt daarom sterk aanbevolen om de situatie goed te volgen wanneer overgegaan wordt tot waterinname. Uiteraard dient monitoring al te starten voor de start van de waterinname. Gedacht kan worden aan de volgende parameters:

Vegetatie

De omvang en samenstelling van de zachtwatervegetaties kunnen met relatief weinig moeite worden gevolgd. De vegetatie moet minstens 1x per jaar worden bekeken, omdat er tussen jaren grote, natuurlijke fluctuaties kunnen zitten. Omdat later in het jaar de invloed van droge en/of warme zomers en de eventuele inlaat van IJsselwater van invloed kan zijn, kan de vegetatie het beste in de periode juni-half juli worden bekeken. Meerdere jaren van krimp aan het zuidelijk uiteinde van de gradiënt of achteruitgang van de kwaliteit in de gradiënt, zijn duidelijke alarmsignalen. Overigens mag worden verwacht dat, gezien de recente verbetering in waterkwaliteit de zachtwatervegetatie zich geleidelijk verder zal uitbreiden. Het uitblijven van zo'n uitbreiding kan dus mogelijk ook een negatief signaal zijn.

Waterkwantiteit

De stromingsrichting van het water en de afvoer over de sluizen moeten frequent worden gevolgd, indien dat ter plekke mogelijk is. Bij een omkeer van de stromingsrichting moet de waterinname worden gestaakt of sterk verminderd. Bij een sterke vermindering van de stroomsnelheid verdient het aanbeveling om de inlaat te verminderen. Daarnaast dient uiteraard het debiet van de spreng te worden gevolgd, liefst bij de monding van de spreng.

Waterkwaliteit

Het wordt aanbevolen om op de vaste meetpunten en op het innamepunt ook standaard de concentratie opgelost ijzer mee te meten, vooral in de winter. Ook verdient het aanbeveling om een vast meetpunt in te richten in de monding van de spreng, in verband met de te verwachte toename in waterafvoer en de hydrologische wijzigingen in en om de spreng. Op de meetpunten moeten ook het doorzicht, de pH, buffercapaciteit en concentraties nitraat, ammonium, orthosfosfaat en totaal fosfaat worden gemeten.

Bodemsamenstelling

Een verdere aanbeveling is om aanvullende metingen te verrichten aan de bodemsamenstelling van de toplaag van het sediment. Hiermee kan de hypothese getoetst worden dat de hoeveelheid ijzer in het sediment bepalend is voor de vegetatiesamenstelling in het kanaal. Om meer inzicht te krijgen in de processen die de beschikbaarheid van fosfaat bepalen, is het ook bijzonder nuttig om de hoeveelheden calcium, zwavel, fosfor en organisch stof te meten. In bodems is de variatie in de ruimte vaak groot, maar is de variatie in de tijd vrij gering. Er kan dus worden volstaan met een geringe monitoringsfrequentie van bijvoorbeeld 1x per jaar of 1x per 2 jaar. Wel moeten er dan mengmonsters worden genomen op vaste trajecten en moeten monsters worden verzameld van dezelfde diepte in de bodem. Dit laatste kan lastig zijn, omdat de overgang tussen water en bodem in bladrijke situaties niet altijd duidelijk is. Het is echter wel heel belangrijk om steeds op dezelfde diepte te monstern, omdat er vaak sprake is van forse verticale gradiënten.

4 Literatuur

- Spier, J.L., R.J.W. van de Haterd, P.B. Broekx, R. Munts & M. Vastenburg, 2010. Inlaat IJsselwater in het Apeldoorns Kanaal. Bureau Waardenburg, rapport 10.043. In opdracht van Waterschap Veluwe.
- Witteveen & Bos, 2009. Natuurtoets, onderbouwing innamenlocatie en vergunningsaspecten infiltratie Schalterberg. In opdracht van Vitens.