



Uitwerking Ecologische Sleutelfactor Organische Belasting

Achtergronddocument: nadere analyse

STOWA

26 april 2018

Project Uitwerking Ecologische Sleutelfactor Organische Belasting
Opdrachtgever STOWA

Document Achtergronddocument: nadere analyse
Status Concept 01
Datum 26 april 2018
Referentie STO211-2/18-006.581

Projectcode STO211-2
Projectleider Sebastiaan Schep
Projectdirecteur Marcel Klinge

Auteur(s) Marieke Fennema (W+B)
 Arno Kok (Van Hall Larenstein)
 Bob Brederveld (W+B)
 Martin Droog (Dactylis)
 Nico Jaarsma (Nico Jaarsma Aquatische ecologie & fotografie)

Gecontroleerd door Sebastiaan Schep (W+B)
Goedgekeurd door Sebastiaan Schep (W+B)

Paraaf

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
 Van Twickelostraat 2
 Postbus 233
 7400 AE Deventer
 +31 (0)570 69 79 11
 www.witteveenbos.com
 KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR ORGANISCHE BELASTING	5
1.1	Inleiding	5
1.2	Achtergrond	6
2	RANDVOORWAARDEN GESCHIKTHEID INSTRUMENTEN	9
2.1	Toestand	9
2.2	Hydrologie, ruimtelijke en temporele variatie	10
2.3	Voorwaarden	10
2.4	Samenvatting	11
3	INVENTARISATIE WATERKWALITEITSMODELLEN	12
4	PCLAKE EN PCDITCH	17
4.1	Casus Beuningen	17
4.2	Conceptuele toepassing	19
4.3	SOBEK-PCDitch	21
5	SOBEK-DELWAQ	22
6	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	24
	Laatste pagina	26
	Bijlage(n)	Aantal pagina's

1

DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR ORGANISCHE BELASTING

1.1 Inleiding

Dit achtergrondrapport maakt onderdeel uit van het project 'ESF 7: organische belasting', waarin een methodiek is ontwikkeld om de invloed van organische belasting op de waterkwaliteit in 'stilstaande wateren' te bepalen. Een methodiek die toepasbaar is voor sloten, kanalen en ondiepe meren en plassen. De ecologische sleutelfactor (ESF) organische belasting maakt deel uit van het ESF-raamwerk bestaande uit acht ecologische sleutelfactoren. Het ESF-raamwerk is bedoeld om invulling te geven aan watersysteemanalyses, waarbij de diagnose van het hydrologisch en ecologisch functioneren centraal staat.

In de methodiek wordt van grof naar fijn gewerkt: van een quick scan via een globale analyse naar een gedetailleerde analyse, waarbij tussentijds steeds de vraag wordt gesteld of een de volgende analysestap noodzakelijk is. Door deze gefaseerde aanpak wordt voorkomen dat veel tijd verloren gaat aan onnodig gedetailleerde analyses. Het doel is om te bepalen of de huidige organische belasting een knelpunt vormt voor de waterkwaliteit en wat de oorzaken hiervoor zijn. De focus ligt daarbij op de zuurstofhuishouding. Dit achtergrondrapport gaat in op de laatste stap van de analyse: de nadere analyse.

De eerste stap, quick scan, is de eenvoudigste. Deze is bedoeld om de situaties waarbij sprake is van een ongewenste situatie te scheiden van de situaties waarbij dat naar verwachting niet het geval is. In de globale analyse wordt een stap verder gezet voor de locaties waar organische belasting mogelijk wel een knelpunt vormt. Hierbij worden de bronnen nader in beeld gebracht en gekwantificeerd, in relatie tot de kenmerken van het watersysteem en de eisen aan de waterkwaliteit. Dat moet leiden tot een beter inzicht in de oorzaken en effecten van organische belasting. Deze analyses worden gefaciliteerd met een Exceltool, die de naam Oxy-val heeft gekregen.

In de laatste stap, de 'nadere analyse', kan met behulp van complexere modellen de zuurstofhuishouding en organische belasting in detail worden onderzocht. Deze stap komt pas in beeld wanneer de voorgaande stappen onvoldoende inzicht geven in de problematiek of de mogelijke oplossingen (maatregelen). Op dit moment zijn er, zoals in deze rapportage wordt toegelicht, nog geen instrumenten beschikbaar die een volledig antwoord geven op de vragen die in de nadere analyse beantwoord moeten worden.

Dit rapport gaat in op de nadere analyse. In hoofdstuk 2 worden de randvoorwaarden besproken waaraan een dergelijke instrument zou moeten voldoen. Hoofdstuk 3 bevat een inventarisatie van de toepasbaarheid van bestaande waterkwaliteitsmodellen voor de nadere analyse. In hoofdstuk 4 en 5 wordt specifiek ingegaan op de vraag hoe geschikt PCLake/PCDitch en DELWAQ zijn voor de nadere analyse. Hoofdstuk 6 gaat in op de vraag hoe een waterbeheerder een waterkwaliteitsvraagstuk rondom organische belasting in de nadere analyse wel op kan pakken met de instrumenten die nu beschikbaar zijn en worden aanbevelingen gedaan voor de verdere ontwikkeling van instrumenten voor de nadere analyse.

1.2 Achtergrond

Zuurstofhuishouding en organische belasting

Historisch perspectief

In het verleden was organische belasting van watersystemen een groot probleem. Er vonden veel ongezuiverde lozingen op het watersysteem plaats, waardoor de waterkwaliteit in veel gevallen sterk negatief beïnvloed werd. Zelfs grotere rivieren en meren hadden periodiek te kampen met vissterfte door lozingen van (organisch) afvalwater. In die tijd vond ook de biologische waterbeoordeling zijn opkomst. Veel van de vroegere biologische beoordelingssystemen waren primair gericht op de organische belasting.

Tegenwoordig vormt organische belasting in Nederland zelden nog een probleem op grote schaal (lees: een heel watersysteem). Lokaal bestaan echter nog wel knelpunten, bijvoorbeeld bij overstorten van rioolwater op (stedelijke) watersystemen, lozingen van RWZI's, septic tanks en IBA's, mest, bladval en (gecombineerde) bronnen als hondenpoep, vogels voeren en lokvoer voor vis.

De effecten van organische belasting

Als organisch materiaal in het watersysteem terecht komt, wordt dit afgebroken door bacteriën tot onder andere nutriënten en koolstofverbindingen. Dat proces verbruikt zuurstof. Bij een grote lozing van organisch materiaal kan de zuurstofhuishouding dus verstoord raken, tot een niveau waarbij de organismen in het water wegtrekken dan wel afsterven.

De snelheid waarmee materiaal in het water afbreekt verschilt per soort organisch materiaal en is afhankelijk van factoren zoals de temperatuur en de beschikbaarheid van zuurstof voor de afbraak. Een deel van het materiaal is makkelijk af te breken en zorgt zo voor een 'snelle' zuurstofvraag. De zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater daalt dan snel: de welbekende dippen in de zuurstofconcentraties. Als de zuurstof in het watersysteem 'op' is dan stopt de afbraak. Het resterende materiaal zinkt naar de bodem en wordt afgebroken zodra daar weer zuurstof beschikbaar is. Voor een deel van het materiaal is een langere tijd nodig om af te breken. Dat materiaal bezinkt op de waterbodem, en kan zo over een langere periode voor verlaagde zuurstofconcentraties zorgen. Voor de zuurstofvraag van organisch materiaal is dus de afbraaksnelheid van belang.

In metingen kan de zuurstofvraag van organisch materiaal op verschillende wijzen worden gemeten, waarbij deels rekening wordt gehouden met afbraaksnelheid en 'biobeschikbaarheid':

- het biochemisch zuurstofverbruik (BZV) is een maat voor de hoeveelheid zuurstof die door de 'normale' processen in het watersysteem wordt afgebroken. Kort door de bocht wordt dit getal verkregen door een monster uit oppervlaktewater enige tijd te laten staan, en dan te meten hoeveel zuurstof wordt verbruikt. De toevoeging achter BZV (5, 20 of u) geeft aan hoe lang dat monster heeft gestaan en dus over hoeveel tijd het organische materiaal is afgebroken: 5 dagen, 20 dagen of 'ultimate' (d.w.z. totdat al het materiaal is afgebroken);
- het chemisch zuurstofverbruik (CZV) is een maat voor de hoeveelheid zuurstof die door afbraak van de totale hoeveelheid oxideerbaar materiaal wordt verbruikt. Het verschil met BZV is dat ook biologisch 'inactieve' stoffen worden afgebroken (oftewel stoffen die niet door de normale processen in het watersysteem worden afgebroken). Daarom is CZV meestal hoger dan BZV₅ of BZV₂₀. In theorie zou het BZV_u ongeveer gelijk moeten zijn aan het CZV. Biologisch inactief is niet een geheel correcte term: na verloop van tijd worden immers alle stoffen afgebroken, ook de biologisch inactieve (denk aan tot-P versus PO₄-P);
- het sediment zuurstofverbruik (SZV) is een maat voor de hoeveelheid zuurstof die wordt verbruikt door organisch materiaal in de bodem.

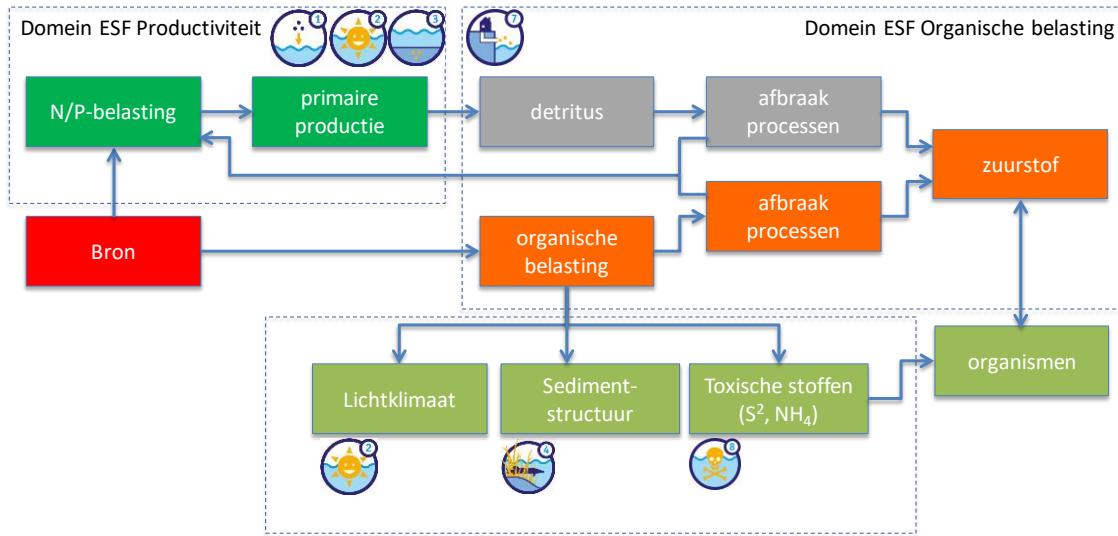
Ammonium wordt in géén van de bovenstaande metingen gemeten (ammonium is geen organische stof), maar heeft wel een effect op de zuurstofhuishouding, zie daarvoor de volgende paragraaf, 'relatie met andere sleutelfactoren'.

Naast de afbraaksnelheid maakt ook de verspreiding van materiaal door het watersysteem (de hydrologische eigenschappen) uit hoe de belasting met organisch materiaal in het watersysteem tot uitdrukking komt, en wordt de beschikbaarheid van zuurstof beïnvloed door *reaeratie*, het aanvoerwater en het voedselweb.

Relatie met andere sleutelfactoren

Organische belasting zorgt voor een daling van de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater. Daarom is in de uitwerking van de ESF *organische belasting* gekozen voor zuurstof als parameter waarmee de toestand van het watersysteem wordt gemeten. De zuurstofhuishouding wordt echter niet alleen beïnvloed door organische belasting, maar ook door primaire productie en ammonium (zie onderstaande afbeelding 1.1).

Afbeelding 1.1 Overzicht relatie ESF organische belasting en andere ESF's.



De ESF *productiviteit water* is op meerdere manieren verweven met organische belasting. Door primaire productie ontstaat biomassa in het watersysteem, wat na verloop van tijd afbreekt. Deze afbraak verbruikt zuurstof en produceert nutriënten, wat weer kan worden opgenomen door nieuwe biomassa. Het voedselweb kan daarom ook als een (interne) bron van organisch materiaal worden gezien. Daarnaast zorgt de vegetatie in het watersysteem voor een productie van zuurstof (en neemt deze deels ook weer op).

In principe is het proces van zuurstofproductie, respiratie en afbraak van organisch materiaal in evenwicht. Als er echter een hoge belasting is met nutriënten en/of organisch materiaal, dan raakt dat proces verstoord. Dat kan door de directe afbraak van organisch materiaal, maar ook doordat door een hoge nutriëntenbeschikbaarheid veel biomassa wordt geproduceerd. Er wordt dan 'teveel' zuurstof geproduceerd, wat na oververzadiging van het water het water verlaat. 's Nachts wordt er door respiratie en door de afbraak van de grote hoeveelheid biomassa zoveel zuurstof verbruikt dat het gehalte te laag wordt voor de organismen die in het water leven.

Ammonium is een stikstofverbinding (nutriënt) die enerzijds bijdraagt aan de belasting met nutriënten in het watersysteem, maar anderzijds ook een toxische werking heeft (*ESF toxiciteit*), onder andere doordat er zuurstof wordt verbruikt door de (nitrificerende) bacteriën die ammonium omzetten in nitraat (via nitriet).

Om dus de huidige toestand (zuurstofhuishouding) in het oppervlaktewater te kunnen verklaren is niet alleen kennis nodig van de hoeveelheid organische belasting, maar ook van de nutriëntenhuishouding en ammonium.

Modelleren van zuurstofhuishouding

In de globale analyse ontstaat inzicht in de huidige toestand, bronnen van organisch materiaal en de verdeling van deze bronnen.¹ Pas als dat inzicht niet voldoende is om het ecologisch functioneren van het watersysteem op orde te krijgen, zijn er (bijvoorbeeld) complexere modellen nodig. Zo'n model moet dus aanvullende aspecten rondom de zuurstofhuishouding in beeld kunnen brengen en de bronnen en toestand in meer detail. In hoofdstuk 2 wordt uitgebreider ingegaan op de voorwaarden waar een dergelijk model aan zou moeten voldoen.

Er zijn al modellen beschikbaar die de zuurstofhuishouding en organische belasting in beeld brengen. Op dit moment worden deze modellen veelal nog niet in de context van de watersysteemanalyse ingezet. Er zijn twee type modellen die in Nederland op dit moment worden ingezet om de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater te beoordelen:

- modellen die worden ingezet om de effecten van lozingen op de oppervlaktewaterkwaliteit te beoordelen;
- modellen die worden ingezet om de ecologische waterkwaliteit te beoordelen, te onderzoeken of maatregelen te formuleren.

Modellen voor het beoordelen van lozingen op oppervlaktewater

In 2014 heeft STOWA/RIONED de publicatie 'het denkstappenmodel, handreiking voor de aanpak van vraagstukken over stedelijk water' uitgebracht. In de publicatie worden een aantal modellen benoemd waarmee de effecten van lozingen op de oppervlaktewaterkwaliteit kunnen worden beoordeeld, waaronder: TEWOR en 'knelpuntenbeoordeling waterkwaliteitsspoor'.

Op dit moment worden deze modellen regelmatig ingezet, met name om de effecten van (gemengde) rioolwateroverstorten in beeld te brengen. Veelal worden de modellen gebruikt om de effecten van overstorten onderling te vergelijken, bijvoorbeeld door te rekenen met standaard-achtergrondconcentraties en vuilvrachten van de rioolwateroverstorten. Daarmee zijn de modellen nog niet direct geschikt om in een watersysteemanalyse in te zetten.

In een watersysteemanalyse wordt vanuit de huidige (ecologische) toestand van het oppervlaktewater onderzocht welke voorwaarden de toestand bepalen. Dat betekent dat eerst wordt bekeken of het watersysteem in de huidige situatie lage zuurstofgehalten kent, en vervolgens welke voorwaarden daaraan bijdragen: Welke bronnen van organisch materiaal zijn er aanwezig? Hoe verhouden deze zich tot elkaar? Welke processen in het watersysteem (zoals reëratie en zuurstofconsumptie/-productie van het voedselweb) dragen bij aan de lage zuurstofconcentraties? Met een watersysteemanalyse kunnen daarom (door het vergrootte inzicht) zinvoller maatregelen worden gedefinieerd. Om een watersysteemanalyse uit te voeren voor organische belasting is dus een verdergaand inzicht nodig in het functioneren van het watersysteem dan bij een beoordeling van de effecten van lozingen.

Dat de modellen tot op heden meestal niet voor watersysteemanalyses worden ingezet wil echter niet zeggen dat de modellen niet geschikt zijn; zie de navolgende hoofdstukken.

Modellen ecologische waterkwaliteit

In watersysteemanalyses worden momenteel modellen ingezet om als tool om grip te krijgen op het ecologisch functioneren van watersystemen. De bekendste daarvan zijn PCLake en PCDitch. Tot op heden worden deze modellen vooral gebruikt om inzicht te krijgen in de eerste drie ecologische sleutelfactoren: de productiviteit van het water, het lichtklimaat en de productiviteit van de bodem. Voor het beoordelen van de effecten van organische belasting op de ecologische waterkwaliteit zijn de modellen tot nog toe niet of nauwelijks ingezet. Ook voor dit type modellen geldt echter dat het feit dat de modellen nog niet vaak op een dergelijke wijze worden ingezet, niet betekent dat de modellen niet geschikt zijn voor een watersysteemanalyse voor de sleutelfactor organische belasting.

¹ Zie het achtergronddocument: quick scan en globale analyse.

2

RANDVOORWAARDEN GESCHIKTHEID INSTRUMENTEN

Een instrument dat wordt ingezet voor de analyse van de ESF organische belasting moet bijdragen aan het begrip van het ecologisch functioneren van een watersysteem. Met de tools die zijn ontwikkeld voor de quick scan en de globale analyse voor de ESF organische belasting wordt dat inzicht deels al verkregen. Pas als het functioneren van het watersysteem zo complex is dat met deze tools niet voldoende grip op de problematiek wordt verkregen, is het inzetten van een complexer model in de nadere analyse aan de orde. Dat model moet dus aanvullend inzicht bieden, boven het inzicht dat al wordt verkregen met de beschikbare tools voor de voorgaande stappen. In dit hoofdstuk gaan we kort in op welke aspecten daarbij van belang zijn.

2.1 Toestand

Met toestand wordt de huidige ecologische 'staat' van het water bedoeld. Bij bijvoorbeeld de ESF 'lichtklimaat' wordt met toestand bedoeld of het water helder is of troebel. Ook bij de zuurstofhuishouding kunnen dergelijke toestanden worden onderschreden: is het watersysteem rijk of juist arm aan zuurstof? En wat is de dynamiek in de zuurstofconcentratie (het verschil tussen dag en nacht)?

Een toestand is nadrukkelijk geen beoordeling of de waterkwaliteit goed of slecht is. Ook een watersysteem met hele lage zuurstofconcentraties en/of een hoge organische belasting kan soms wenselijk zijn en komt van nature voor. Bepaalde vissoorten zijn daar ook op aangepast. Er is pas sprake van een slechte toestand als de huidige toestand niet overeenkomt met wat voor het watersysteem wenselijk of natuurlijk is. Zo is het in stadswater vaak niet wenselijk dat de zuurstofconcentratie regelmatig diep uitzakt, vanwege het risico op vissterfte of botulisme.

De huidige toestand van het watersysteem is al inzichtelijk voordat er wordt gemodelleerd. Uit de globale analyse is immers al gebleken dat de zuurstofhuishouding een knelpunt vormt (of dat er lage zuurstofconcentraties worden verwacht als gevolg van een hoge organische belasting). Bovendien is de aanleiding om een analyse aan de ESF organische belasting uit te voeren mogelijk ook al dat er in de praktijk regelmatig lage zuurstofconcentraties worden aangetroffen. Het instrument wordt naar verwachting dan ook niet ingezet om de huidige toestand in beeld te brengen, maar moet juist de al bekende huidige toestand goed reproduceren, om zo te achterhalen of organische belasting de oorzaak is van de slechte toestand. Dat is nodig om de voorwaarden die de huidige toestand veroorzaken goed in beeld te brengen en om de effecten van maatregelen op de toestand te kunnen onderzoeken.

De meeste beschikbare modellen en instrumenten rekenen met zuurstof- en BZV-concentraties, op dagbasis of met een hogere frequentie. De huidige toestand van het oppervlaktewater kan daarmee goed worden uitgedrukt. Echter ook andere parameters kunnen geschikt zijn om de zuurstofhuishouding in beeld te brengen, bijvoorbeeld zuurstofverzadiging of de levensgemeenschappen (zuurstoftolerantie). Een belangrijk aandachtspunt is de zuurstofdynamiek in instrumenten die op dagbasis (of met een lagere frequentie) rekenen. Is het inzicht in de zuurstofhuishouding voldoende op het moment dat het dag-nachtritme niet in beeld is?

2.2 Hydrologie, ruimtelijke en temporele variatie

De ruimtelijke variatie in het gebied als gevolg van onder andere de hydrologische omstandigheden wordt nog niet inzichtelijk met OXY-val (de ontwikkelde tool voor de quick scan en globale analyse). Een instrument waarmee de zuurstofhuishouding in meer detail in beeld wordt gebracht, moet ook deze ruimtelijke variatie inzichtelijk kunnen maken. Ruimtelijke variatie wordt mede bepaald door hoe het water zich vanuit een bron door het watersysteem verspreid, door verschillen in stroomsnelheden en wateroppervlak, etc.

2.3 Voorwaarden

Een instrument dat gebruikt wordt voor een nadere analyse moet de voorwaarden die de huidige toestand van het watersysteem verklaren in beeld kunnen brengen: de bronnen en processen die zuurstof in het systeem produceren/aanvoeren en de bronnen en processen die zuurstof in het watersysteem verbruiken/afvoeren.

Reaeratie en aanvoer van zuurstof

Reaeratie is een van de belangrijkste processen waarmee zuurstof in het oppervlaktewater wordt aangevuld. Het bepaalt mede de draagkracht van het watersysteem voor een belasting met organisch materiaal. Om de reactie van het watersysteem op de belasting met organisch materiaal in beeld te brengen is een productieterm voor zuurstof nodig, die waterlichaamspecifiek kan worden gedefinieerd. Er zijn verschillende manieren waarop dit in een instrument kan worden ingebouwd. Zo kan er gebruik gemaakt worden van een enkele productieterm, maar de reaeratie zou ook berekend kunnen worden uit factoren zoals stroomsnelheid, turbulentie, waterdiepte etc.

Zuurstofproductie en consumptie

Waterplanten produceren en consumeren zuurstof. Bij een hoge biomassa (algenbloei) zorgt dat voor een grote dynamiek in zuurstofconcentraties, met oververzadiging gedurende de dag en lage zuurstofconcentraties in de nacht. Een instrument waarmee de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater in beeld wordt gebracht moet de productie en consumptie van het voedselweb meenemen. Er zijn verschillende manieren waarop deze processen in een instrument kunnen worden ingebouwd. Er kan gebruik worden gemaakt van een vereenvoudigde productie en consumptieterm, maar ook van een modellering van het volledige voedselweb. Daarbij is ook de hoeveelheid biomassa van belang die door het watersysteem wordt geproduceerd en vervolgens onder invloed van zuurstof wordt afgebroken, zie ook de volgende paragraaf.

Sedimentair zuurstofverbruik

De waterbodem verbruikt zuurstof doordat er organisch materiaal aanwezig is. Dat is bijvoorbeeld de zwaardere, langzaam afbrekende fractie vanuit bronnen van organisch materiaal, maar ook resten van dode organismen. Vooral bij watersystemen die zwaar worden belast met langzaam afbrekend organisch materiaal (zoals bladval) kan de afbraak van materiaal in de waterbodem een forse zuurstofconsumptie veroorzaken. Een instrument voor verdergaande analyse van de ESF organische belasting moet deze zuurstofconsumptie meewegen. Dat kan op verschillende detailniveaus; van het toevoegen van een enkele consumptieterm gerelateerd aan de afbraak in de bodem tot een modellering van de opbouw van de waterbodem door de tijd.

Bronnen organisch materiaal

Om de (effecten van de) organische belasting in beeld te brengen moet het instrument de mogelijkheid bieden deze bronnen toe te voegen. Ook de afbraaksnelheid van het organische materiaal is daarbij van belang.

Maatregelen

Een van de randvoorwaarden voor de inzet van modellen is dat het model geschikt is om de effecten van maatregelen inzichtelijk te maken. Maatregelen grijpen in op de voorwaarden die de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater bepalen. Als de voorwaarden in het model worden meegenomen, kunnen de effecten van de zuurstofhuishouding inzichtelijk worden gemaakt.

Meetinspanning

Een belangrijke randvoorwaarde voor de inzet van modellen voor een nadere analyse is dat deze modellen geen (grote) aanvullende meetinspanning voor de waterschappen op mogen leveren. Over het algemeen wordt momenteel in oppervlaktewater regelmatig zuurstof en BZV/CZV gemeten. Daarnaast wordt soms (projectmatig) de macrofauna bemonsterd en klachten gerelateerd aan de zuurstofhuishouding geregistreerd.

Met metingen wordt de toestand van het watersysteem in beeld gebracht. Meestal wordt er niet gemeten aan de bronnen. Hier kan echter ook worden gewerkt met kentallen. Ook bij de andere ecologische sleutelfactoren (bijv. *productiviteit water*) wordt gewerkt met kentallen om de omvang van bronnen in beeld te brengen. Om de omvang van bronnen zoals bladval in beeld te brengen kan een veldinventarisatie worden uitgevoerd. Dat is ook gebruikelijk voor de andere ESF's.

Gebruiksgemak

De waterbeheerders moeten de tools en instrumenten die binnen watersysteemanalyses kunnen worden ingezet zelf in kunnen zetten. Daarom is het van belang dat de aanbevolen instrumenten ofwel al bekend zijn bij de waterschappen, ofwel zonder een uitgebreide cursus opgepakt kunnen worden. Modellen zoals SOBEK (delwaq) en PCLake/PCDitch worden momenteel al ingezet bij de waterschappen.

2.4 Samenvatting

De onderstaande opsomming geeft een samenvatting van randvoorwaarden voor de instrumenten;

- de huidige toestand moet voldoende betrouwbaar worden gereproduceerd;
- de oorzaken (systeemvoorwaarden) van de huidige toestand moeten inzichtelijk worden:
 - de bronnen van organisch materiaal moeten kunnen worden ingevoerd (net zoals in de tool Oxy-val). Ten opzichte van de tool is echter aanvullend inzicht gewenst in het temporele aspect en de verschillende afbraaksnelheden van organisch materiaal (inclusief het naar de bodem gezonken materiaal);
 - de reaeratie van het watersysteem moet in beeld worden gebracht (net zoals in de tool). Ten opzichte van de tool is echter aanvullend inzicht gewenst in de temporele en ruimtelijke variatie in reaeratie;
 - de rol van het voedselweb. Zuurstofproductie en -consumptie door het voedselweb zijn het gevolg van voorwaarden die we onder de andere ESF's scharen (zoals productiviteit water), maar vormen wel een voorwaarde die de effecten van een belasting met organisch materiaal mede bepalen. In een instrument kan dat versimpeld worden meegenomen door alleen een consumptie en productieterm mee te nemen, maar kan ook gebruik gemaakt worden van een completer voedselwebmodel.
- de hydrologie moet als basis in het model worden meegenomen, zodat de ruimtelijke en temporele variaties (fracties vanuit bronnen, variaties in stroomsnelheden, etc.) in beeld worden gebracht;
- het instrument moet geschikt zijn om de effecten van maatregelen in beeld te brengen.

Daarnaast is het ongewenst dat voor de toepassing een (grote) aanvullende meetinspanning nodig is, en moet het instrument eenvoudig genoeg zijn om ook zonder wetenschappelijke achtergrond in fysisch-chemische waterkwaliteitsprocessen inzetbaar te zijn.

3

INVENTARISATIE WATERKWALITEITSMODELLEN

De onderstaande tabel 3.1 geeft een overzicht van beschikbare instrumenten en de mate waarin zij aan de gestelde voorwaarden voldoen. De laatste voorwaarde ('de zuurstofhuishouding en organische belasting wordt voldoende en voldoende correct weergegeven om inzicht te krijgen in het ecologisch functioneren van het watersysteem') wordt pas inzichtelijk op het moment dat het model wordt getoetst aan een praktijkcase.

Bij de vergelijking van de modellen valt op dat het detailniveau van de modellering een belangrijk aandachtspunt is. De 'simpelere' modellen zijn goed bekend bij de waterbeheerders en worden ook regelmatig toegepast (zoals SOBEK-TEWOR met standaardinstellingen). Het inzicht dat wordt verkregen met dergelijke modellen in het ecologisch functioneren van het watersysteem is echter beperkt. Lozingen kunnen wel worden getoetst, maar de complexere afweging tussen de relatieve bijdrage van verschillende bronnen kan niet goed worden gemaakt, noch wordt de relatie met ESF productiviteit water duidelijk in beeld gebracht.

Er zijn wel modellen beschikbaar waarmee het ecologisch functioneren van watersystemen rondom organische belasting en zuurstofhuishouding in meer detail in beeld kan worden gebracht. Dit zijn echter modellen die vooral in wetenschappelijk onderzoek worden toegepast, deze modellen vragen om een uitgebreide kennis van de verschillende kringlopen in het watersysteem en het toepassen van waterkwaliteitsmodellen. Veelal wordt gebruik gemaakt van (een variant op) Streeter-Phelps-formule, uitgebreid met een modellering van het voedselweb (vaak alleen algen en vegetatie). Op dit moment lijkt dergelijke (sterk specialistische) kennis binnen de waterschappen niet aanwezig. Ook is het toepassen van een dergelijk instrument zwaar in verhouding tot de problematiek en in te zetten maatregelen.

De meest kansrijke instrumenten voor een gedetailleerdere analyse aan organische belasting zijn:

- SOBEK (met diverse processensets voor waterkwaliteit). SOBEK is algemeen bekend bij de waterbeheerders, inclusief de waterkwaliteitsmodule. Er zijn diverse processensets mogelijk. De meer complete processensets vragen echter wel om een meer specialistische kennis van waterkwaliteitsprocessen dan over het algemeen bij waterschappen aanwezig is;
- PCLake/PCDitch. Deze modellen worden al ingezet in het kader van watersysteemanalyses (met name ESF productiviteit water). Het is daarom praktisch als hetzelfde instrument ingezet kan worden om de ESF organische belasting te beschouwen;
- WASP7. Dit model heeft een uitgebreide module voor waterkwaliteit waarin de verschillende voorwaarden nauwkeurig en uitgebreid worden meegenomen. Een nadeel is dat het model nog niet algemeen bekend is bij de waterbeheerders. Van de onbekende modellen is WASP7 wel de meest gebruiksvriendelijke.

PCLake/PCDitch en SOBEK zijn toegepast op een praktijkcase. In de volgende hoofdstukken wordt daar uitgebreider op ingegaan, PCLake/PCDitch in hoofdstuk 4 en SOBEK in hoofdstuk 5.

Tabel 3.1 Overzicht beschikbare instrumenten

Model	Beschrijving	Toestands- beschrijving	Parameters voorwaarden	Benodigde gegevens	Bekend bij waterbeheerders
SOBEK - delwaq; processen- bibliotheek	met de processen-bibliotheek van delwaq kan zelf een zuurstof-model worden opgebouwd.	er kan worden gekozen uit diverse parameters, waaronder O ₂ (in mg/l of %) en BZV/CZV	processen waarmee de diverse voorwaarden worden beschreven zijn al aanwezig in de processenbibliotheek (groep Oxygen-BOD). Het voedselweb kan vanuit de standaard processen-bibliotheek niet worden gekoppeld (zuurstof-productie en consumptie wordt dan dus niet meegenomen). BOD is qua afbraaksnelheid verdeeld in BOD ₅ en BOD _u (totaal en de fractie die in 5 dagen afbreekt).	COD/BOD in water en bronnen. Zuurstof in water en bronnen. Voor de bronnen kan ook een aanname worden gedaan.	SOBEK is goed bekend bij de waterbeheerders. De waterkwaliteitsmodule wordt minder vaak, maar wel ingezet. De processen zelf definiëren is (nog) niet erg gebruikelijk.
SOBEK - delwaq; simple oxygen model	SOBEK kent een aantal voor-gedefiniëerde processensets, waaronder het 'simple oxygen model'	het model rekent met NH ₄ , COD, BOD ₅ en zuurstof.	bronnen kunnen in het model worden opgegeven (O ₂ , NH ₄ en CBOD ₅). Het model rekent niet met reaeratie, gedifferentieerde afbraaksnelheden, SZV en het voedselweb.	metingen O ₂ , NH ₄ , COD en BOD ₅ van water en bronnen. Voor de bronnen kan ook een aanname worden gedaan.	SOBEK is goed bekend bij de waterbeheerders, de waterkwaliteitsmodule wordt minder vaak, maar wel ingezet.
SOBEK - delwaq; TEWOR	TEWOR is een van de voor-gedefiniëerde processensets in SOBEK. Er zijn verschillende varianten beschikbaar.	het model is uitgebreider dan het simple oxygen model.	alle voorwaarden zijn te beschrijven met de processen. Het voedselweb kan alleen vereenvoudigd worden meegenomen met productie- en afbraaktermen; plantengroei kan niet worden berekend.	TEWOR is over het algemeen nog goed bekend bij de waterbeheerders vanuit de waterkwaliteitsspoortoetsingen die in het verleden zijn uitgevoerd. Wel bleek in de praktijk dat de processenset werd gevuld met standaardinstellingen omdat deze niet waterlichaamspecifiek bekend waren (zoals de reaeratie-constanten). Daardoor werd het model vooral gebruikt om de overstorten te toetsen en niet zozeer om het inzicht in het watersysteem te vergroten.	
SOBEK - delwaq; processen toevoegen	het is in delwaq mogelijk om zelf processen te definiëren (importeren in delwaq)	de beschrijving van de toestand en de voorwaarden die in het model worden meegenomen zijn volledig zelf in te vullen.		doordat de processen zelf gedefiniëerd moeten worden is het gebruiksgemak laag. De gebruiker moet immers een gedegen kennis hebben van de zuurstofhuishouding om het model op te kunnen stellen. Het lijkt zinvoller dit centraal uit te werken in een kant-en-klare module. Hier is met het simple oxygen model en TEWOR al invulling aan gegeven.	

Model	Beschrijving	Toestands- beschrijving	Parameters voorwaarden	Benodigde gegevens	Bekend bij waterbeheerders
PCLake/ PCDitch	PCLake en PCDitch zijn twee ecologische modellen waarin het voedselweb wordt gemodelleerd (opgedeeld in een aantal functionele groepen). Zuurstof wordt hierin ook meegenomen.	er wordt een daggemiddel de zuurstofconcentratie berekend. De hydrologie (o.a. ruimtelijke verspreiding vanuit de bronnen) wordt in de 0D toepassing van het model niet in beeld gebracht,	de voorwaarden kunnen goed worden beschreven met de beschikbare procesparameters. Daarvoor is echter wel een uitgebreide kennis nodig van zowel de modelwerking als de zuurstofhuishouding en het voedselweb. In de 0D-versie van het model kan het watersysteem niet ruimtelijk worden doorgerekend. De toepassing van de ruimtelijke koppeling met SOBEM is nog in een beginfase.	metingen O ₂ en BOD in water en bronnen (voor bronnen kunnen ook aannames worden gedaan op basis kentallen). Metingen zuurstofhuishouding. Daarnaast moeten veel individuele parameters worden ingevuld, hier kunnen echter ook default waarden of aannames worden gehanteerd.	PCLake en PCDitch zijn goed bekend bij waterbeheerders, ook vanuit de andere sleutelfactoren. Wel wordt er vaak gebruik gemaakt van het meta-model. Het meta-model beschrijft niet de zuurstofhuishouding. Toepassing van het 0D-model en de ruimtelijke koppeling met SOBEM wordt nog minder door de waterschappen zelf uitgevoerd.
DUFLOW - delwaq	Duflow wordt momenteel niet meer ondersteund. In het verleden werd het model veel toegepast voor waterkwaliteitsberekeningen. De functionaliteiten zijn overgenomen in SOBEM. Voor waterkwaliteitsberekeningen wordt in beide modellen de delwaq module gebruikt.				
AED (aquatic eco- dynamic)	AED is een (open source) processenbibliotheek ontwikkeld in Australië. Het is ontwikkeld om toe te passen in het FABM (framework for aquatic biochemical models) maar de processen kunnen ook aan andere modellen worden gekoppeld.	er wordt gerekend met zuurstofverzadiging en (gefractioneerd) zuurstofverbruik	de voorwaarden kunnen goed worden beschreven met de beschikbare procesparametersets. Om het voedselweb en afbraak van organisch materiaal (bronnen) mee te nemen moeten naast de 'Dissolved Oxygen module' ook andere modules worden benut. Het model kent een simpele aanpak voor het sediment zuurstofverbruik (gebaseerd op temperatuur en zuurstofverzadiging in het water.	de gegevens die benodigd zijn, zijn afhankelijk van de gekozen processen, maar zijn vergelijkbaar met de andere modellen.	het model biedt geen kant-en-klare oplossing voor de modellering van de zuurstofhuishouding. Daarvoor moet het eerst worden gekoppeld aan een hydrodynamisch model (bijv. SOBEM via de processenbibliotheek van delwaq).
CCHE-WQ	modelpakket van de universiteit van Mississippi dat recent van open source naar closed source is veranderd. De modeldocumentatie is pas beschikbaar na aanschaf van een licentie. Daardoor nu niet goed inzichtelijk in hoeverre de software aan de voorwaarden voldoet.				
CE-QUAL- W2	vrij beschikbaar modelpakket van de universiteit van Portland. 2D hydrodynamisch waterkwaliteitsmodel.	rekent met zuurstofverzadiging.	de voorwaarden kunnen goed worden beschreven met de beschikbare parameters. Er kunnen keuzes gemaakt worden in welke processen wel en niet worden meegenomen in de berekeningen.	afhankelijk van de gekozen processen, maar vergelijkbaar met de andere modellen.	dit model is niet algemeen bekend bij waterbeheerders. De toegankelijkheid van de software is laag.

Model	Beschrijving	Toestands- beschrijving	Parameters voorwaarden	Benodigde gegevens	Bekend bij waterbeheerders
CAEDYM	model lijkt niet langer ondersteund/ontwikkeld te worden. Voor gebruik moe(s)t een licentie worden aangeschaft. Model van een Australische universiteit.				
WASP7	vrij beschikbaar model van de US-EPA. Kan gekoppeld worden aan hydrodynamische modellen.	rekent met zuurstof (mg/l) en CBOD.	de voorwaarden worden nauwkeurig en uitgebreid beschreven met de modelparameters. Het voedselweb wordt ook meegenomen.	vergelijkbaar met de andere modellen.	het model wordt nog niet algemeen toegepast bij waterbeheerders. Het model heeft een vrij gebruiksvriendelijke omgeving.
SIMCAT	SIMCAT is een model dat is ontwikkeld door Anglian Water, een Engels waterbedrijf. Het model wordt inmiddels niet meer ontwikkeld/ondersteund.				
TOMCAT	TOMCAT is een model dat is ontwikkeld door Thames Water Utilities, een Engels waterbedrijf. Het model wordt inmiddels niet meer ontwikkeld/ondersteund.				
QUAL2KW	QUAL2KW is een verbeterde versie van het model QUAL2E (van de US-EPA). Het is een vrij beschikbaar model uit de Verenigde Staten en is beschikbaar via de 'state of Washington'. Hydrologisch wordt steady state gerekend, waterkwaliteit wordt dynamisch doorgerekend.	rekent met zuurstof (mg/l) en CBOD.	doordat het model hydrologisch steady state rekent lijkt het minder geschikt voor de Nederlandse situatie. Qua waterkwaliteit worden de voorwaarden goed beschreven (inclusief voedselweb en sedimentzuurstofverbruik).	vergelijkbaar met andere modellen.	het model wordt nog niet algemeen toegepast bij waterbeheerders.
QUASER	model van Centre for Ecology & Hydrologie, een onderzoeksinstituut uit Groot-Brittannië. Het model is vrij beschikbaar, maar er wordt geen support meer op geleverd. Model rekent dynamisch met hydrologie en waterkwaliteit in rivieren.	rekent met zuurstof (mg/l) en BOD.	de voorwaarden worden nauwkeurig en uitgebreid beschreven met de modelparameters. Het voedselweb wordt ook meegenomen.	vergelijkbaar met andere modellen.	het model wordt nog niet algemeen toegepast bij waterbeheerders. Er is geen support meer beschikbaar op toepassing van het model.
DRAINMOD	de focus van dit model ligt bij grondwater/bodemmodellering en nutriënten.				
ECM	export Coefficient Model. De focus van dit model ligt bij de nutriëntenhuishouding, niet op zuurstof.				
MIKE-11	MIKE-11 is een model ontwikkeld door een Deens ingenieursbureau (DHI). Een licentie is nodig voor dit model.	rekent met O ₂ en BOD. Er kan op verschillende niveaus van complexiteit worden gerekend.	het voedselweb (zuurstofconsumptie en -productie) wordt niet meegenomen in de berekeningen.	vergelijkbaar met andere modellen.	MIKE-11 wordt incidenteel wel eens toegepast bij de Nederlandse waterbeheerders.

Model	Beschrijving	Toestands- beschrijving	Parameters voorwaarden	Benodigde gegevens	Bekend bij waterbeheerders
MONERIS	de focus van dit model ligt bij de nutriëntenhuishouding, niet op zuurstof.				
TOPCAT-NP	de focus van dit model ligt bij de nutriëntenhuishouding, niet op zuurstof.				
ISIS	ISIS is een waterkwaliteit-add-on bij het model 'flood modeller'. Het is een commercieel softwareproduct. Tot 250 knopen is een gratis versie beschikbaar.	rekent met zuurstof (mg/l) en BOD. Er kan op verschillende niveaus van complexiteit worden gerekend.	de voorwaarden worden nauwkeurig en uitgebreid beschreven met de modelparameters. Het voedselweb wordt ook meegenomen.	vergelijkbaar met andere modellen.	het model wordt nog niet algemeen toegepast bij waterbeheerders.

4

PCLAKE EN PCDITCH

De instrumenten die geschikt lijken voor een nadere analyse aan de ESF organische belasting zijn toegepast op een praktijkcasus: het stedelijke watersysteem van Beuningen. Er is een los achtergronddocument beschikbaar waar uitgebreider op deze praktijkcasus wordt ingegaan. In dit hoofdstuk gaan we in op de geschiktheid van de instrumenten PCDitch/PCLake om de ESF organische belasting te analyseren.

Naast de praktijkcase Beuningen zijn PCDitch en PCLake ook conceptueel getest op hoe met organische belasting kan worden omgegaan. Tenslotte is een SOBEEK-PCDitch koppeling ingezet in een onderzoeksproject aan de Dommel.

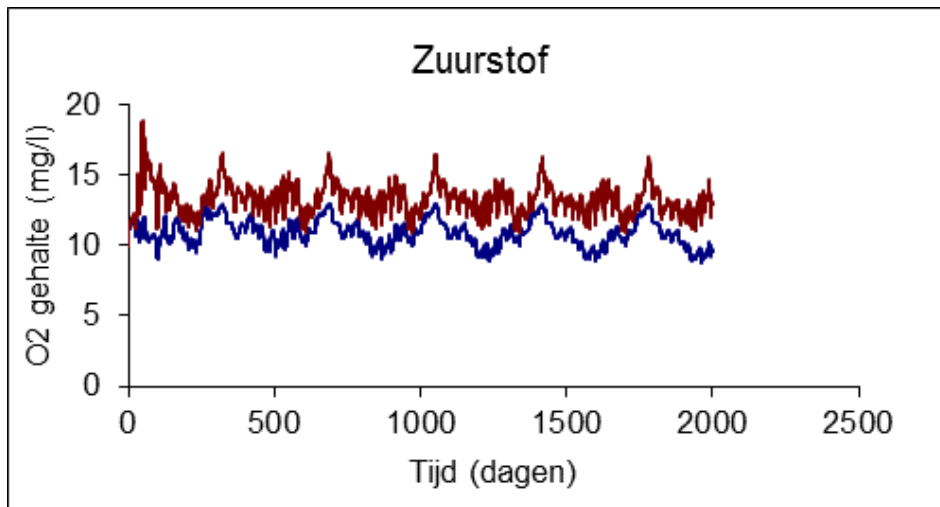
4.1 Casus Beuningen

Het stedelijke watersysteem van Beuningen is gemodelleerd in PCDitch. Daarvoor zijn de belastingen met organisch materiaal op het watersysteem (overstorten, bladval, hondenpoep, eenden voeren, vissen) in het model ingevoerd, op basis van gegevens die door het waterschap beschikbaar zijn gesteld. Er is gebruik gemaakt van de OD-versie van PCDitch, waarin het gehele oppervlak en de waterbalans van Beuningen is ingevoerd.

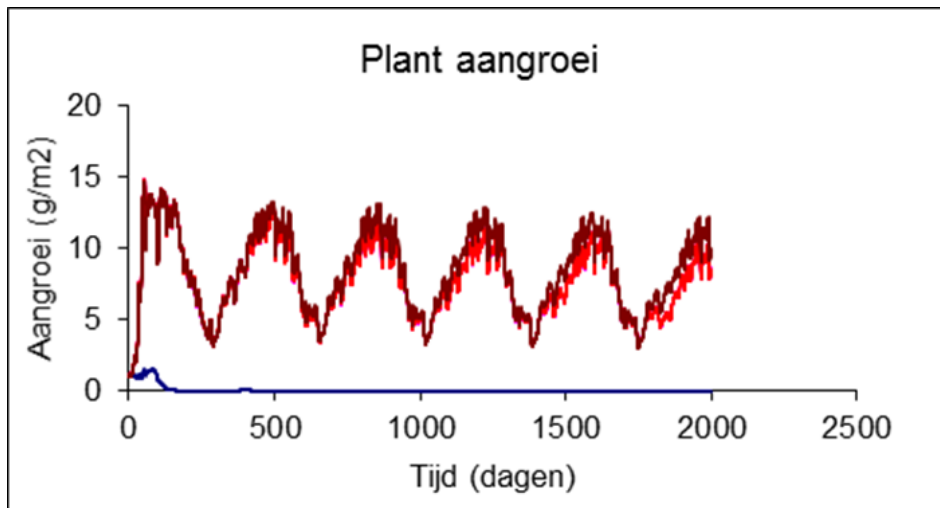
De modelresultaten zijn telkens vergeleken met de default-situatie, d.w.z. een modellering met dezelfde kenmerken als Beuningen maar dan zonder de bronnen van organisch materiaal. Tenslotte is aan een aantal parameters een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, om zo meer inzicht te krijgen in het functioneren van PCDitch rondom organische belasting en de zuurstofhuishouding.

Afbeelding 4.1 geeft de resultaten voor de zuurstofconcentraties in het watersysteem weer. De blauwe lijn is de situatie zonder bronnen, de rode lijn de situatie met bronnen van organisch materiaal. In de afbeelding is te zien dat de zuurstofconcentraties in de situatie met een hogere organische belasting juist hoger zijn dan in de situatie zonder organische belasting. Dit wordt verklaard door de hogere vegetatiegroei (zie afbeelding 4.2). De blauwe lijn laat zien dat in de default-situatie (dus zonder organische belasting) er geen vegetatie groeit. Door de aanvoer van organisch materiaal (inclusief nutriënten) kunnen er planten in het watersysteem groeien en stijgt de daggemiddelde zuurstofconcentratie (de bruine lijn).

Afbeelding 4.1 Resultaten met PCDitch berekende daggemiddelde zuurstofconcentraties in Beuningen (blauw is de defaultsituatie, bruin de situatie met organische belasting).



Afbeelding 4.2 Totale plantengroei (blauw is de defaultsituatie, bruin de gemodelleerde situatie in Beuningen).



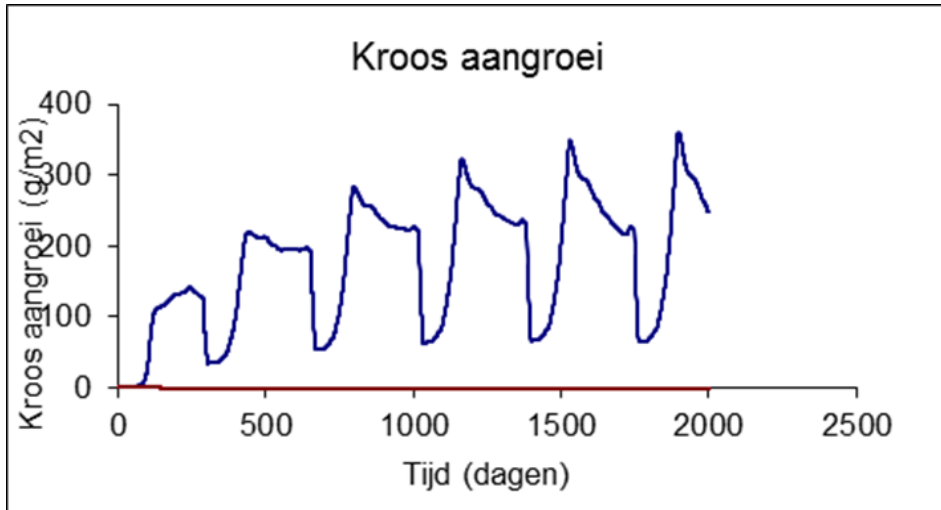
De gemodelleerde zuurstofconcentraties komen niet overeen met de praktijk, want in Beuningen worden regelmatig lage zuurstofconcentraties gemeten. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn (zie ook paragraaf 4.2):

- doordat gebruik wordt gemaakt van een 0D-modellering wordt de belasting verdeeld over het watersysteem. In de praktijk heeft de belasting een lokaal effect;
- in het model kost de afbraak van organisch materiaal minder zuurstof dan in werkelijkheid het geval is;
- in het model produceert het watersysteem meer zuurstof dan in werkelijkheid het geval is.

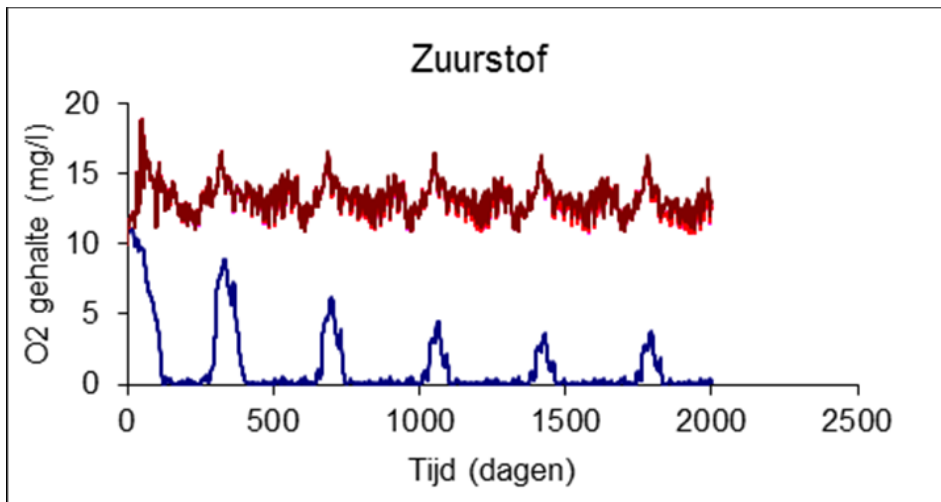
In de praktijk groeit in Beuningen veel kroos. Dat komt in de modellering niet tot uitdrukking. De 0D-modellering van het grote gebied is daarvoor een mogelijke verklaring. Daarom is ter controle de belasting in de modellering verhoogd tot het punt waar kroosgroei wordt geforceerd. In de in afbeelding 4.3 en 4.4 weergegeven resultaten is te zien dat in een situatie met veel kroos de zuurstofconcentraties wel sterk dalen. Deze situatie komt overeen met de situatie in veel watergangen in Beuningen.

De modellering van Beuningen laat zodoende zien dat de 0D-modellering op schaal van het gehele watersysteem van Beuningen te grof lijkt te zijn om de heterogeniteit in het gebied goed te kunnen duiden. Onduidelijk is of de puntbronnen van organisch materiaal (zoals de overstorten) een effect veroorzaken op de zuurstofconcentraties op het moment dat er op een fijner detailniveau wordt gemodelleerd.

Afbeelding 4.3 Kroosgroei in een situatie met verhoogde belasting van organische materiaal én nutriënten (blauwe lijn)



Afbeelding 4.4 Zuurstofconcentratie in een situatie met geforceerde kroosaangroei (blauwe lijn). De bruine lijn geeft de situatie zonder kroosaangroei weer.

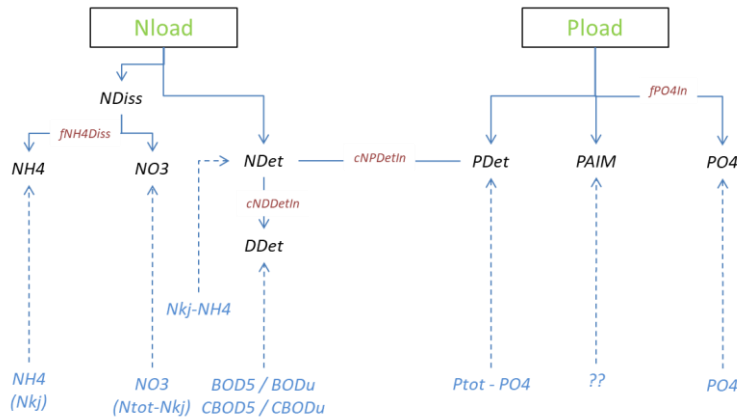


4.2 Conceptuele toepassing

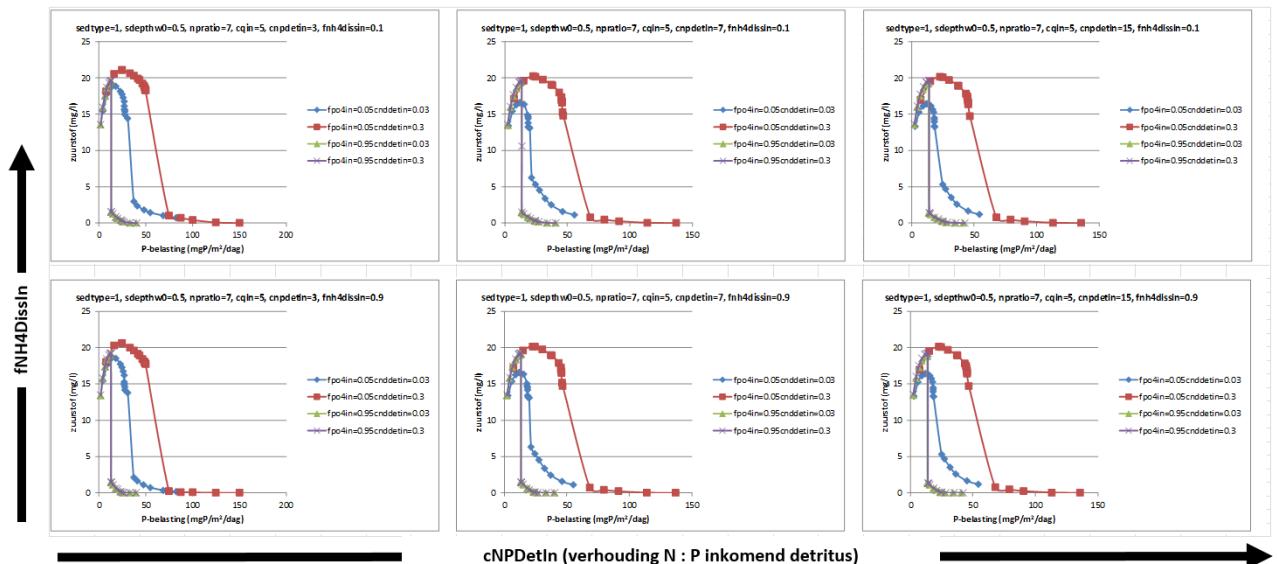
Naast de toepassing van PCDitch op de case in Beuningen is ook een meer conceptuele aanpak uitgevoerd, waarbij een fictief watersysteem is doorgerekend door een groot aantal invoerparameters te variëren (zie afbeelding 4.5 en 4.6). Daaruit kwamen onderstaande zaken naar voren:

- de zuurstofconcentraties in oppervlaktewater zijn in de modellering vooral afhankelijk van het voedselweb (kroos en hoeveelheid vegetatie) en in veel mindere mate van de afbraak van organisch materiaal;
- bij kroosdekken worden wel lage zuurstofconcentraties berekend;
- bij lagere belastingen berekent het model echter vooral een hoge biomassa waterplanten, die vervolgens een grote hoeveelheid zuurstof produceren (daggemiddeld). Er is dan sprake van oververzadiging, waarbij concentraties van meer dan 20 mg O₂/l worden berekend;
- wordt de hoeveelheid detritus (als parameter voor organische belasting) vervolgens verhoogd, dan ondervinden de zuurstofconcentraties daar nauwelijks een effect van.

Abbeelding 4.5 Relevante parameters in PCDitch



Abbeelding 4.6 Resultaat van veranderen N:P verhouding in organisch materiaal in PCDitch



Samengevat lijkt het effect van de afbraak van organisch materiaal op de zuurstofconcentraties in PCDitch te worden onderschat. Het is nu onduidelijk of dat het resultaat is van overproductie door het voedselweb¹, een te grote reeratie of een onderschatting van het verbruik van zuurstof voor afbraakprocessen.

De resulterende zuurstofconcentratie als gevolg van respiratie en productie door het voedselweb lijkt wel goed gereproduceerd te worden, net als de resulterende zuurstofconcentratie bij opmenging van water vanuit verschillende stromen.

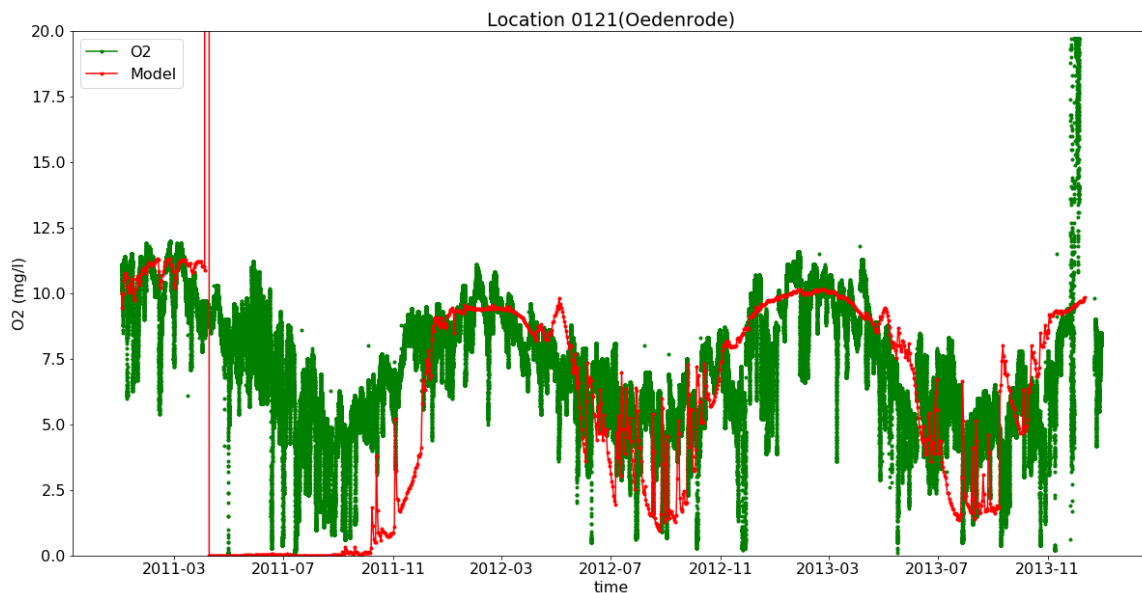
¹ Bijvoorbeeld doordat in het model zuurstof niet verdwijnt naar de lucht of doordat deze waterplanten in de praktijk door andere factoren niet aanwezig zijn.

4.3 SOBEK-PCDitch

Momenteel wordt vanuit de University of Sheffield (department of civil and structural engineering) los van dit project een PhD-onderzoek uitgevoerd naar de zuurstofhuishouding in de Dommel met een gekoppelde SOBEK-PCDitch modellering, waarbij Witteveen+Bos betrokken is. Dit onderzoek loopt momenteel nog, maar de eerste resultaten laten zien dat de zuurstofhuishouding hier wel redelijk tot goed lijkt te worden gereproduceerd (afbeelding 4.7).

Dit kan worden verklaard doordat in het sneller stromende systeem van de Dommel vooral de menging van water met verschillende zuurstofconcentraties en de opbouw van een sterke organische sliblaag op de waterbodem dominante factoren in de zuurstofhuishouding lijken te zijn, terwijl de overstorten vooral kortdurende dips lijken te veroorzaken. Daarnaast is uitgegaan van andere instellingen voor integratie als voor de berekeningen in de voorgaande paragraaf. Op grond van deze resultaten adviseren we de verkenning op basis van berekeningen van PCDitch al dan niet gekoppeld met SOBEK voort te zetten.

Afbeelding 4.7 Resultaten SOBEK-PCDitch modellering de Dommel



5

SOBEK-DELWAQ

De casus Beuningen is ook doorgerekend met behulp het bestaande SOBEK-model van Waterschap Rivierenland, dat hierbij is gekalibreerd met gemeten chlorideconcentraties. Vervolgens zijn er berekeningen uitgevoerd aan de zuurstofhuishouding. Er zijn verschillende manieren om dit in delwaq te modelleren:

- TEWOR;
- 'simple oxygen model';
- losse processen uit de processenbibliotheek.

Het simple oxygen model is te versimpeld om de zuurstofhuishouding compleet mee te beschrijven. TEWOR is juist te uitgebreid, omdat hier teveel parameters in het model moeten worden opgenomen die voor de casus Beuningen niet in beeld zijn. De TEWOR-toetsing zoals die in veel stedelijke kernen wordt toegepast kan uiteraard wel worden ingezet (hier wordt uitgegaan van standaardinstellingen voor diverse processen). Daarmee wordt de bijdrage van de andere bronnen in het gebied (zoals bladval), de rol van de waterbodem en kroosbedekking niet meegenomen. Daarom is voor de berekeningen aan de zuurstofhuishouding gebruik gemaakt van de processenbibliotheek van delwaq, waar de relevante zuurstofprocessen uit zijn geselecteerd.

De bronnen in Beuningen zijn ingevoerd op basis van de BZV(5)-belasting op het watersysteem. De onderstaande figuren geven vergelijkingen tussen berekende en gemeten zuurstofconcentraties.

Discussie en conclusie SOBEK-delwaq

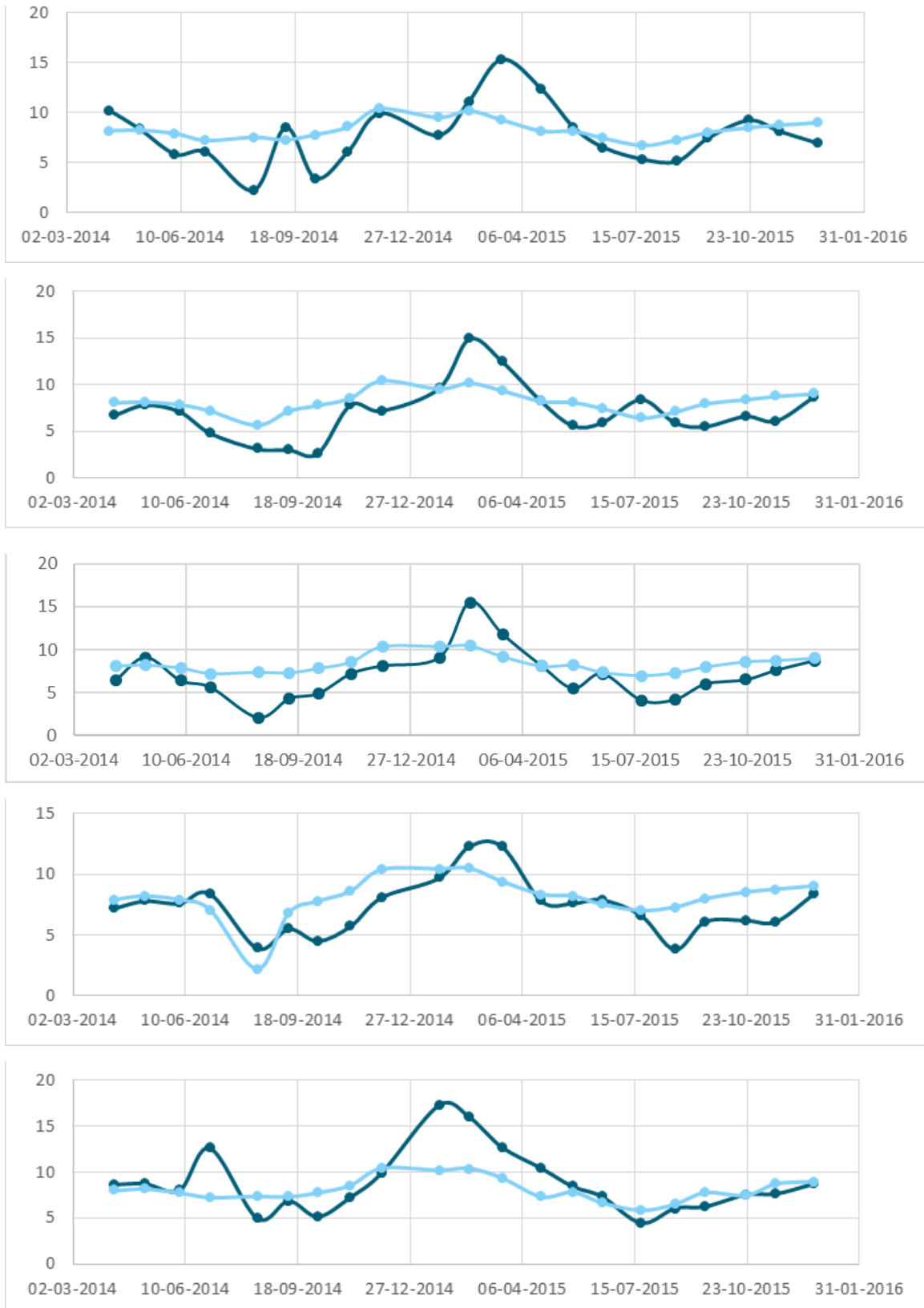
De vergelijking tussen de berekende situatie en de situatie in de praktijk wordt deels verstoord doordat er alleen maandelijkse puntmetingen van de zuurstofconcentratie beschikbaar zijn. Zuurstof is een sterk variabele parameter met een dag-nachtfluctuatie (die overigens niet door het model wordt gereproduceerd) en een sterke reactie op tijdelijke pieklozingen. Met een maandelijkse puntmeting is het daardoor goed mogelijk dat er bijvoorbeeld net naast de dip wordt gemeten.

Over het algemeen valt op dat in de gemodelleerde situatie de zuurstofconcentraties een meer geleidelijk verloop vertonen ten opzichte van de gemeten concentraties. Dat beeld is óók zichtbaar in de chlorideberekeningen. Mogelijk worden bronnen in het watersysteem te veel uitgevlakt over de periode terwijl deze in de praktijk een grilliger patroon laten zien en/of zit de hydrologie onvoldoende goed in het model. Ook de invloed van wisselingen in temperatuur (bodem en water) worden mogelijk afgevlakt door het standaard temperatuurverloop dat in de modellering is opgenomen.

Het effect van piekbronnen (bijv. rioolwateroverstorten) lijkt wel goed gereproduceerd te worden door het model (zie bijvoorbeeld meetpunt MAWA0353 in Afbeelding 5.1). Doordat het effect van de overige bronnen echter wordt afgevlakt is geen goede weging tussen het belang van de verschillende bronnen mogelijk.

In de praktijk speelt daarnaast kroosgroei in het watersysteem een belangrijke rol in de zuurstofhuishouding. Deze kroosgroei wordt in het SOBEK-model niet gereproduceerd, omdat het voedselweb niet is meegenomen.

Afbeelding 5.1 Vergelijking gemeten en berekende zuurstofconcentraties (mg/l) voor achtereenvolgens de meetpunten: MAWA0119, MAWA0121, MAWA0353 en MAWA0355 [donkerblauw: gemeten, lichtblauw: berekend].



6

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Conclusie

Dit rapport gaat in op instrumenten die geschikt zijn voor de nadere analyse. Op dit moment is er geen instrument beschikbaar dat aan alle gestelde voorwaarden voldoet. Er is een tweedeling zichtbaar in de beschikbare instrumenten:

- instrumenten die geen grote aanvullende meetinspanning vragen en die zonder uitgebreide achtergrondkennis inzetbaar zijn. Deze instrumenten zijn over het algemeen niet voldoende gedetailleerd om de systeemvoorwaarden compleet in beeld te brengen;
- instrumenten die wel compleet genoeg zijn om de systeemvoorwaarden in beeld te brengen. Deze instrumenten zijn over het algemeen complex en vragen om een grote systeemkennis en proceskennis, en zijn daarom niet zonder meer in te zetten.

Discussie

Voor het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater lijkt de ontwikkelde tool Oxy-val in de meeste gevallen voldoende. Deze tool geeft inzicht in de relatieve bijdrage van bronnen en andere factoren aan de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater. Daarmee ontstaat in de globale analyse inzicht in de stuurparameters voor het watersysteem en kunnen zinvolle maatregelen worden gedefinieerd. Oxy-val houdt geen rekening met het voedselweb. Daarmee wordt bijvoorbeeld het effect van kroosgroei (langdurige lagere zuurstofconcentraties onder kroosdekken) en algenbloei (oververzadiging gedurende de dag en lage concentraties gedurende de nacht) niet direct inzichtelijk. Deze factoren zijn echter onder de ESF *productiviteit water*, *lichtklimaat* en *productiviteit bodem* al in beeld gebracht.

In complexere situaties kan het wenselijk zijn om de situatie in meer detail in beeld te brengen. Dan kunnen modellen worden toegepast. De modellen PCDitch en SOBEK zijn al goed bekend bij de waterbeheerders. Daarom zijn deze toegepast op de praktijkcase Beuningen. Beide modellen lijken, zoals nu toegepast, echter niet goed geschikt te zijn om het effect van organische belasting op de zuurstofhuishouding in voldoende detail in beeld te brengen. Voor stromende wateren lijkt de zuurstofhuishouding wel redelijk tot goed te worden gereproduceerd met PCDitch, maar dit heeft ook te maken met aangepaste instellingen voor integratie. Voor de praktijkcase Beuningen is uitgegaan van de default instellingen.

Ook SOBEK (delwaq) biedt mogelijk potentieel. Een nadeel is dat in de voorgedefinieerde processensets het voedselweb niet goed wordt meegenomen. Daardoor kunnen de effecten van o.a. kroosdekken en algenbloei niet mee worden gemodelleerd en is het aanvullende inzicht dat wordt verkregen beperkt. Door de open structuur van delwaq is het mogelijk om processen toe te voegen en zo een uitgebreider zuurstofmodel op te bouwen. Ook binnen TEWOR is er de mogelijkheid om het voedselweb bijvoorbeeld via parameters te compenseren. Dat vraagt echter wel een systeemkennis die we met de beschikbare gegevens van Beuningen niet hebben en een proces/modelleerkennis die bij de meeste waterschappen niet zonder meer aanwezig zal zijn.

Aanbevelingen

Het feit dat er geen instrument beschikbaar is dat aan alle gestelde voorwaarden voldoet, betekent niet dat er momenteel geen mogelijkheden zijn om een nadere analyse uit te voeren om meer grip te krijgen op de zuurstofproblematiek van het oppervlaktewater. Enerzijds heeft de waterbeheerder mogelijkheden om met bestaande instrumenten meer grip te krijgen, anderzijds zijn er mogelijkheden om bestaande instrumenten door te ontwikkelen tot een instrument dat wel integraal en voldoende houvast geeft. Ten slotte kan er ook meer, beter en slimmer gemeten worden in het veld.

Grip op hydrologie en meten aan toestand en bronnen

De aanleiding om de ESF organische belasting in meer detail te bekijken is dat er uit de eerste quick scan blijkt dat er mogelijk een probleem is met de zuurstofhuishouding. Met Oxy-val wordt in de globale analyse gepoogd meer grip te krijgen op de oorzaken van deze problemen. In de tool wordt gewerkt met een groot aantal aannames en rekenregels voor de factoren die de zuurstofhuishouding bepalen, welke allen onzekerheden kennen. Ook zijn mogelijk aannames gedaan bij de invoer van gegevens in de tool (zowel qua bronnen als qua waterhuishouding). Tenslotte bestaan er mogelijk onzekerheden over de huidige toestand.

Om meer grip te krijgen op de problematiek kan ook meer worden gemeten in het watersysteem en/of de aannames in de invoer verder worden aangescherpt. Daarmee wordt de omvang van het probleem beter inzichtelijk en kan meer grip worden verkregen op de huidige toestand en voorwaarden. Concreet kan in de nadere analyse het volgende worden opgepakt:

- wanneer nog niet beschikbaar, kan een waterbalans worden opgesteld van het gebied, waarmee meer grip wordt verkregen op de verblijftijden, de herkomst, de aanvoer en afvoer van water en temporele variaties;
- er kan worden gemeten aan de toestand: de zuurstof en BZV concentraties in oppervlaktewater. Daarmee wordt meer grip verkregen op de ernst van de problematiek;
- er kan worden gemeten aan het zuurstofverbruik van de waterbodem;
- ook de overige (relevante) bronnen kunnen in beeld worden gebracht met aanvullende metingen en/of veldinventarisaties.

Voor een doelmatige aanpak is het van belang daar te meten, waar de grootste onzekerheden worden verwacht.

Modeltoepassingen

Geen van de bestaande instrumenten brengt alle aspecten in beeld die relevant zijn voor een systeemanalyse rondom de ESF organische belasting. Sommige instrumenten brengen echter wel een deel van de aspecten in beeld. Het is daarom mogelijk om modellen in te zetten om een bepaald aspect van de nadere analyse uit te voeren, bijvoorbeeld wanneer uit de globale analyse blijkt dat juist hier de oorzaken van het knelpunt liggen:

- met een hydrologisch model (zoals SOBEK) en een fractieberekening kan inzicht worden verkregen in de verspreiding van water vanuit een bepaalde bron en de herkomst/verblijftijd/ouderdom van water worden bepaald. Daarmee kan het inzicht in ruimtelijke variatie in het gebied worden vergroot;
- de rol van het voedselweb kan in meer detail in beeld worden gebracht met een modellering in een ecologisch model, zoals PCLake of PCDitch (in 0D of door een koppeling met een hydrologische model ook ruimtelijk gemodelleerd). Daarmee kan meer inzicht worden verkregen in de invloed van de productiviteit water op de zuurstofhuishouding in het gebied;
- reaeratie en de rol van de verschillende bronnen in de zuurstofhuishouding kan in meer detail in beeld worden gebracht met een modellering in een zuurstofmodel, zoals de verschillende modules die in delwaq (SOBEK) beschikbaar zijn.

Doorontwikkeling beschikbare instrumenten voor nadere analyse

Er is op dit moment geen kant-en-klaar instrument beschikbaar dat door de waterbeheerders ingezet kan worden om een nadere analyse aan de ESF organische belasting uit te voeren. Er zijn wel mogelijkheden om bestaande instrumenten door te ontwikkelen, tot een instrument dat wel geschikt is. Concreet zijn daarvoor de volgende aanknopingspunten:

- PCLake en PCDitch zouden kunnen worden doorontwikkeld, waarbij de zuurstofhuishouding in deze instrumenten verder wordt uitgewerkt. Met name de afbraak van (snel afbreekbaar) organisch materiaal verdient daarin aandacht. Op dit moment wordt hieraan gewerkt in samenwerking met de University of Sheffield;
- een van de bestaande processensets in delwaq (zoals TEWOR) kan worden ingezet. Het is mogelijk de zuurstofhuishouding in detail te modelleren in deze processensets. De rol van het voedselweb wordt niet mee-gemodelleerd. Er zijn echter wel processen beschikbaar waarmee de zuurstofproductie en consumptie van het voedselweb kunnen worden gecompenseerd. Ook reaeratie kan in detail worden opgenomen. Het knelpunt is dat er over het algemeen niet voldoende systeem- en processenkennis aanwezig is bij de waterbeheerders om deze processen in detail te modelleren. Dit zou opgepakt kunnen worden in een handleiding voor deze instrumenten met uitleg, referentiewaarden, voorbeelden (praktijksituaties) en eventueel een meetinstructie;
- ook een van de wetenschappelijke modellen (zoals WASP) zou op dezelfde wijze kunnen worden doorontwikkeld als voorgesteld voor delwaq. In deze modellen is het veelal mogelijk om ook de rol van het voedselweb te modelleren. Een groot nadeel hiervan is dat een nieuw model wordt geïntroduceerd.

