



Jaap Oosthoek, Waterschap Brabantse Delta
Julian Majijers, Waterschap Brabantse Delta

Optimalisatie van waterinlaat met een fosfaatmodel

Vanwege problemen met blauwalgen overweegt Rijkswaterstaat om het Volkerak-Zoommeer te verzilten. Waterschap Brabantse Delta denkt daarom met belanghebbenden na over een alternatieve zoetwatervoorziening. Naast de bestaande waterinlaat vanuit de Amer (via het Wilhelminakanaal) bestaat behoefte aan een nieuwe waterinlaat vanuit het Hollands Diep (via de Roode Vaart Noord). Uit kostenoverweging is het gewenst om de nieuwe waterinlaat klein te houden. Uitgaande van de waterkwaliteit is het juist gewenst om veel water uit het (schonere) Hollands Diep te betrekken. Uit een modelstudie blijkt dat de optimale inlaat bestaat uit maximaal 12,5 kubieke meter per seconde vanuit het Hollands Diep en daarna aanvullend maximaal tien kubieke meter per seconde via het Wilhelminakanaal.

In het Volkerak-Zoommeer is tijdens zomerperiodes regelmatig sprake van overlast door blauwalgen. Als oplossing voor dit probleem overweegt Rijkswaterstaat om het meer te verzilten. Hiermee gaat het verloren als zoetwaterbron. Waterschap Brabantse Delta denkt daarom met belanghebbenden na over een alternatieve zoetwatervoorziening om de landbouw en natuur van water te kunnen blijven voorzien. Daarnaast dient zoutindringing via de sluiscomplexen tegengegaan te worden om de West-Brabantse rivieren niet te laten

verzilten. Gedacht wordt aan een extra waterinlaat vanuit het Hollands Diep. Deze inlaat zou moeten worden gerealiseerd via de Roode Vaart Noord (door het centrum of ten oosten van Zevenbergen). Bij Oosterhout ligt al een inlaatduiker die water aanvoert vanuit de Amer via het Wilhelminakanaal.

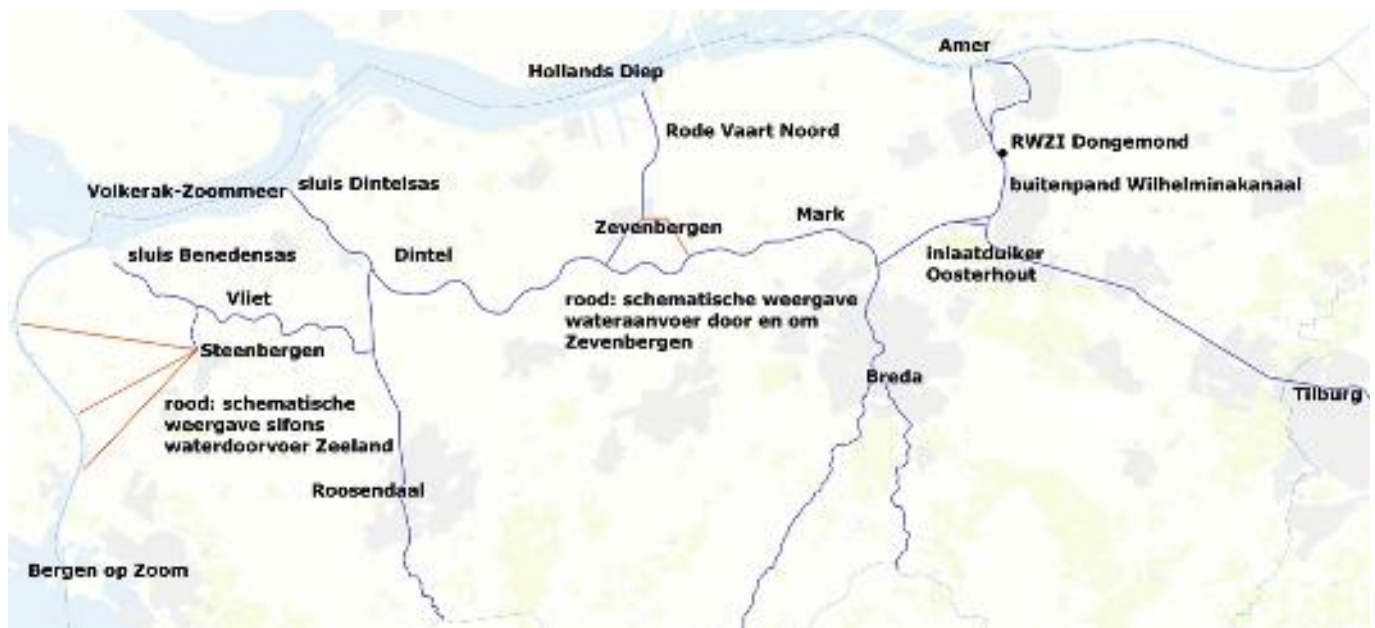
Uit eerdere studies^{1),2),3)} blijkt dat in een tien procent droog jaar maximaal 12,5 kubieke meter water per seconde nodig is voor de zoetwatervoorziening van West-Brabant, Tholen en St. Philipsland. Daarnaast is tien

kubieke meter doorspoeldebiet per seconde nodig om de zoutindringing via de sluiscomplexen Dintelsas (Dintel) en Benedensas (Vliet) te reduceren. De zoetwatervoorziening van Tholen en St. Philipsland wordt bij verzilting van het Volkerak-Zoommeer verzorgd vanuit West-Brabant via sifons onder het Schelde-Rijnkanaal (zie afbeelding 1).

Inzetstrategie inlaatduikers

De vraag is hoe de beide inlaatduikers optimaal kunnen worden ingezet, zodat op een kostenefficiënte manier relatief schoon

Afb. 1: Het hoofdwatersysteem van Waterschap Brabantse Delta.



water wordt ingelaten. Vanuit financieel oogpunt is het wenselijk om de nieuwe inlaat vanuit het Hollands Diep klein te houden. Uitgaande van de waterkwaliteit is het juist gewenst om veel water uit het (schonere) Hollands Diep te betrekken. Het buitenpand Wilhelminakanaal bevat relatief wat meer fosfaat door de aanwezigheid van de rwzi Dongemond (zie afbeelding 1). Op basis van het voorgaande wordt ervoor gekozen om in eerste instantie water in te laten vanuit het Hollands Diep. Bij pieken in de inlaatbehoefte wordt vervolgens de inlaatduiker vanuit het Wilhelminakanaal ingezet. Om de regeling van beide inlaatduikers verder uit te werken en te optimaliseren, is een modelstudie uitgevoerd. Deze richt zich op de probleemstof fosfaat, waarvan relatief veel meetgegevens beschikbaar zijn.

Het kwantiteitsmodel

Er bestond al een gekalibreerd en gevalideerd Sobek CF-RR kwantiteitsmodel van de Mark-Dintel-Vliet-boezem. Dit model is uitgebreid met het buitenpand Wilhelminakanaal, de nieuwe inlaatvoorziening en de waterdoorvoer naar Zeeland. Aan het model zijn vervolgens de volgende randvoorwaarden opgelegd:

- 's Zomers gaat (circa) drie kubieke meter water per seconde vanuit de haven van Steenbergen naar Zeeland ten behoeve van de zoetwatervoorziening (betreft Tholen en St. Philipsland);
- Er wordt altijd een doorspoeldebiet van circa vijf kubieke meter per seconde bij sluis Benedensas in de Vliet opgelegd;
- Als het doorspoeldebiet van vijf kubieke meter bij sluis Benedensas niet wordt gehaald, wordt de afvoer bij sluis Dintelsas geknepen, zodat er toch het gewenste doorspoeldebiet beschikbaar komt bij sluis Benedensas;
- Benedenstroms van sluis Dintelsas ligt een controlepunt van het model. Als door het 'knijpen' (zie vorige randvoorwaarde) minder dan vijf kubieke meter water per seconde door sluis Dintelsas stroomt, wordt de waterinlaat via de Roode Vaart Noord gestart. Deze inlaat stopt als weer meer dan vijf kubieke meter water per seconde door sluis Dintelsas richting het Volkerak-Zoommeer stroomt;
- Als de inlaat bij de Roode Vaart Noord maximaal is, zorgt het model ervoor dat de aanvullende inlaat vanuit het Wilhelminakanaal start. De maximum inlaat bij de Roode Vaart bedraagt 12,5 of 20 kubieke meter per seconde, afhankelijk van het scenario.

Het kwaliteitsmodel

De fosfaatconcentratie in water wordt beïnvloed door bijvoorbeeld de opname door algen, afsterving van algen, bezinking en resuspensie. Daarnaast spelen uitwisselingsprocessen met de bodem een rol die onder andere worden beïnvloed door het ijzergehalte van de bodem en de sulfaatconcentratie in het oppervlaktewater. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van meetgegevens is in deze studie ervoor gekozen om de voorgenoemde processen te simuleren met een eenvoudig eerste orde

afbraakmodel op basis van onderstaande formule.

$$C_{(t)} = C_{(0)} \cdot e^{-kt}$$

waarin $C_{(t)}$ = de concentratie fosfaat op een bepaald moment

$C_{(0)}$ = de concentratie fosfaat op $t=0$

k = de afbraakcoëfficiënt

t = de tijdstap

Het waterkwaliteitsmodel is gekalibreerd met de afbraakcoëfficiënt uit de formule. Met andere woorden: de afbraakcoëfficiënt is zo gekozen dat de modelresultaten het beste lijken op de in het veld gemeten fosfaatconcentraties. De beste resultaten werden verkregen met een afbraakcoëfficiënt van 0,01 per dag. Daarnaast is gekalibreerd met de dispersiecoëfficiënt. Hiermee wordt aangegeven in welke mate de hoogte van de concentratie in de loop van de tijd uitvlakt door transportprocessen. Een dispersiecoëfficiënt van $6 \text{ m}^2/\text{s}$ bleek de beste resultaten te geven.

Sobek is niet standaard voorzien van een eerste orde afbraakmodel. Op advies van Sobek Support is gebruik gemaakt van

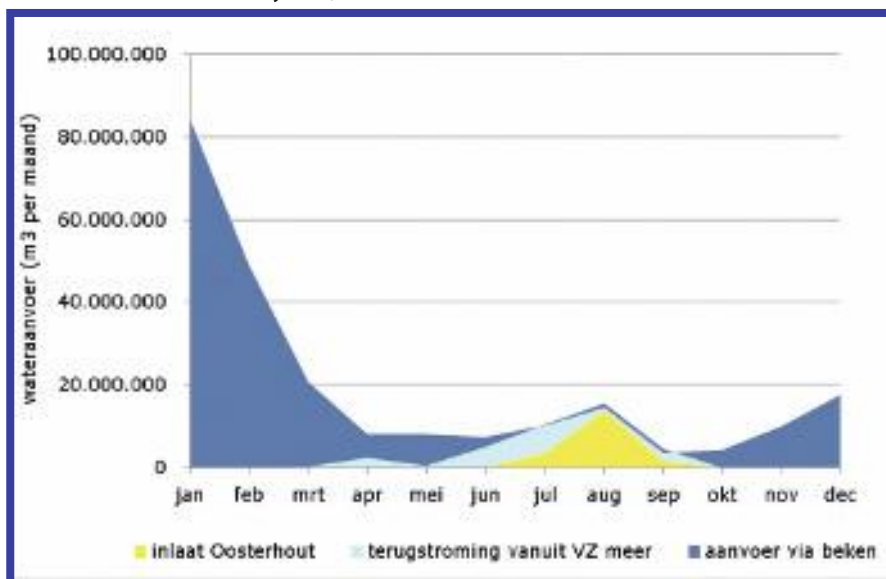
de leeftijdsberekening van water. In de leeftijdsberekening wordt een afbreekbare stof vergeleken met een niet afbreekbare stof. Het lot van de afbreekbare stof is wél gebaseerd op een eerste orde afbraakformule en is in dit model gebruikt om de afbraak van fosfaat te simuleren.

Scenario's

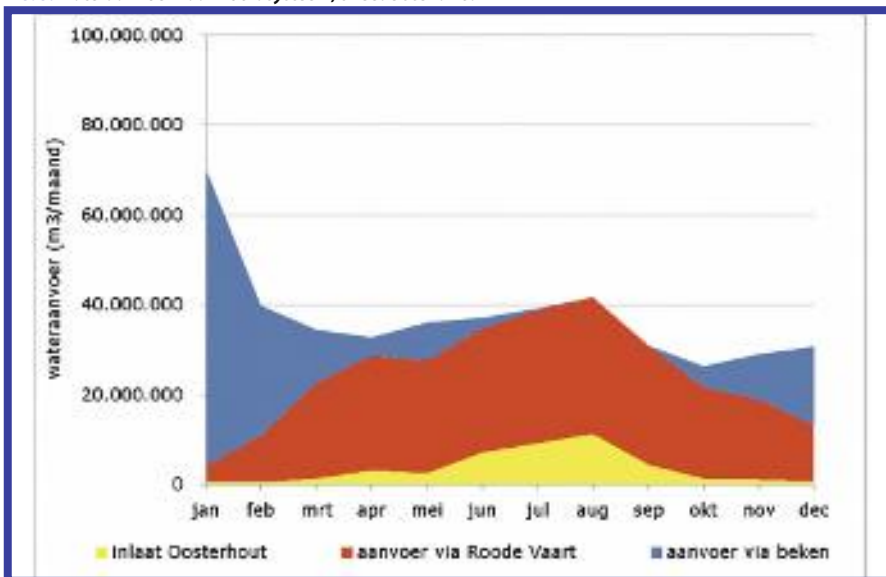
Er zijn drie verschillende scenario's met het model doorgerkend:

- Een referentiesituatie waarin geen extra water nodig is vanuit de Noordelijke Roode Vaart. Er wordt wel water ingelaten via het Wilhelminakanaal. Dit scenario simuleert het tien procent droge jaar 2003;
- Een scenario waarbij maximaal 12,5 kubieke meter water per seconde via Roode Vaart Noord en vervolgens aanvullend maximaal 10 kubieke meter uit het Wilhelminakanaal wordt ingelaten;
- Een scenario waarbij maximaal 20 kubieke meter water per seconde via de Roode Vaart Noord en vervolgens aanvullend maximaal 2,5 kubieke meter water uit het Wilhelminakanaal wordt ingelaten.

Afb. 2: Wateraanvoer naar hoofdsysteem, eerste scenario.



Afb. 3: Wateraanvoer naar hoofdsysteem, tweede scenario.



Modelresultaten waterkwantiteit

Van de drie scenario's is voor het hoofdsysteem bepaald wat de herkomst van het water is. Dit is in afbeelding 2 en 3 gepresenteerd met gestapelde vlakgrafieken; de diverse aanvoeren van water zijn bovenop elkaar gestapeld. De bovenkant van de grafiek geeft de totale wateraanvoer weer, de verhouding tussen de gekleurde vlakken geeft aan welke wateraanvoeren op een bepaald moment het belangrijkste zijn.

Uit afbeelding 2 blijkt dat in het eerste scenario het hoofdsysteem 's winters vooral wordt gevoed door de bovenstroomse beken (donkerblauw). Vanaf mei geven de beken steeds minder afvoer en wordt het hoofdsysteem gevoed door water dat vanuit het Volkerak-Zoommeer terugstroomt naar het hoofdsysteem (lichtblauw). Vanaf juni wordt bovendien de inlaatduiker Oosterhout geopend en wordt water uit het Wilhelminakanaal ingelaten (geel).

Afbeelding 3 beschrijft de modelresultaten van het tweede scenario. In de zomer vormt de bijdrage van het Wilhelminakanaal (gele vlak) circa 17 procent van de totale wateraanvoer. De resultaten van het derde scenario lijken sterk op die van het tweede scenario. De resultaten van het derde scenario zijn niet in een afbeelding weergegeven. Uit de modelberekeningen blijkt dat in het derde scenario het Wilhelminakanaal in de zomer circa vier procent bijdraagt aan de totale waterinlaat.

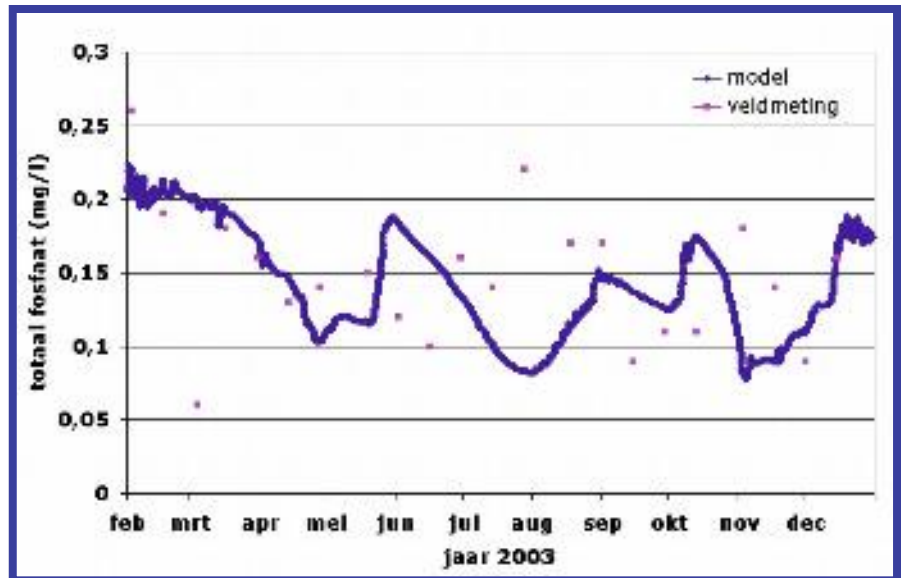
Modelresultaten waterkwaliteit

De tabel beschrijft de modelresultaten voor fosfaat. Hieruit blijkt dat de inlaat van zoet water in het tweede en derde scenario leidt tot een geringe toename van zomergemiddelde fosfaatconcentraties in Mark, Dintel en Vliet in vergelijking met het eerste scenario. Dit is in eerste instantie een verrassend resultaat. In het tweede en derde scenario komt immers het meeste water uit het Hollands Diep en deze rivier is wat betreft fosfaat schoner dan Mark, Dintel en Vliet. De oorzaak blijkt te liggen in de grote afname van de verblijftijd van het water. Er wordt zoveel water ingelaten dat het water veel sneller door het Mark-Dintel-Vliet-systeem stroomt, waardoor minder tijd is voor 'afbraak' van fosfaat.

Uit de tabel blijkt bovendien dat scenario 2 en 3 onderling niet verschillen in effect op de fosfaatconcentratie in de Dintel en de Vliet. Ook dit is in eerste instantie een verrassend resultaat. Verwacht werd immers dat scenario 3 met relatief veel water uit het Hollands Diep tot schoner water op de Dintel en de Vliet zou leiden. De oorzaak blijkt te liggen in het feit dat het Wilhelminakanaal in zowel scenario 2 als in scenario 3 slechts een beperkte bijdrage levert aan de wateraanvoer. Met andere woorden: in beide scenario's is het merendeel van het water 's zomers afkomstig uit het Hollands Diep.

Discussie

In afbeelding 4 worden de modelresultaten van het eerste scenario vergeleken met veldmetingen van het jaar 2003. Het blijkt



Afb. 4: Kalibratie van het fosfaatmodel.

dat de modelresultaten gemiddeld over het zomer- of winterseizoen qua orde van grootte overeenkomen met de veldmetingen. Het model is echter niet in staat om de schommelingen tussen de maanden goed te simuleren. Dit komt waarschijnlijk doordat het gebruikte eerste orde afbraakmodel te simpel is om alle (complexe) processen te beschrijven. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan interne eutrofiëring waarbij de inlaat van sulfatrijk water er voor zorgt dat het al aanwezige (aan de bodem gebonden) fosfaat beschikbaar komt.

Een beperking van deze studie is dat de chemische waterkwaliteit in werkelijkheid door meer stoffen wordt bepaald dan alleen fosfaat. Daarnaast moet opgemerkt worden dat in deze studie niet is ingegaan op de ecologische effecten van het inlaten van gebiedsvreemd water. Het model geeft dus een inschatting van de gevolgen van de extra inlaat, maar er zijn nog onzekerheden die nader onderzoek vergen.

Conclusie

Uit de modelstudie blijkt dat extra waterinlaat iets hogere fosfaatconcentraties oplevert op de Dintel en de Vliet; in scenario 1 (de referentie) bedraagt de fosfaatconcentratie in de Dintel en de Vliet 0,13 mg/l. In de scenario's waar extra water wordt ingelaten, stijgt de fosfaatconcentratie in de Dintel naar 0,15 mg/l en in de Vliet naar 0,14 mg/l. De optimale regeling van beide inlaatduikers is scenario 2. Dit is het scenario met maximaal 12,5 kubieke meter water per seconde via Roode Vaart Noord en vervolgens aanvullend maximaal tien kubieke meter water per seconde uit het Wilhelminakanaal. Scenario 2 en 3 leiden

weliswaar tot vergelijkbare fosfaatconcentraties op Mark, Dintel en Vliet, maar het voordeel van scenario 2 is dat de (nieuwe) inlaatvoorziening vanuit de Roode Vaart minder groot hoeft te zijn. Dit is kostenefficiënter.

LITERATUUR

- 1) Witteveen+Bos (2008). Effecten van een zout Volkerak-Zoommeer op de West-Brabantse Rivieren. Rapport BR585-1/winn/013.
- 2) Witteveen+Bos (2009). Nadere verkenning alternatieve zoetwatervoorziening West-Brabant, Tholen en St.Philipsland. Rapport HT367-1/bote/024.
- 3) Witteveen+Bos (2011). MIRT3 uitwerking project zoetwatervoorziening VZM; IP 235. Zes deelrapporten onder referentie BR585-3.

Modelresultaten: zomergemiddelde concentratie totaalfosfaat (mg/l).

meetpunt	scenario 1	scenario 2	scenario 3
Dintel voor instroom Volkerak-Zoommeer	0,13	0,15	0,15
Vliet voor instroom Volkerak-Zoommeer	0,13	0,14	0,14