

Status Operationele Modellsystemen

Een overzicht van hydrodynamische en ecologische modellen, calamiteiten-, transport- en waterkwaliteitsmodellen in gebruik bij Rijkswaterstaat

20 november 2000

Inhoud

| | |
|---|------------|
| 1 Inleiding en achtergrond..... | 1-1 |
| 2 Keuze te beschouwen modelsystemen | 2-1 |
| 3 Status modelsystemen en kansen | 3-3 |
| 3.1 Samenvatting modelbeschouwingen | 3-3 |
| 3.2 Operationele modellen | 3-4 |
| 3.3 Operationele model-centra | 3-5 |
| 3.4 Open Model Systemen: SIMONA en Delft3D..... | 3-6 |
| 4 Conclusies, aanbevelingen en toekomst..... | 4-1 |
| 5 SOBEK | 5-1 |
| 5.1 Generieke aspecten..... | 5-2 |
| 5.2 Toepassingen | 5-4 |
| 5.3 Invoer en resultaten | 5-4 |
| 5.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen | 5-6 |
| 5.4.1 Contactpersonen | 5-6 |
| 5.4.2 Achtergronddocumentatie | 5-6 |
| 6 SIMONA..... | 6-1 |
| 6.1.1 Contactpersonen | 6-2 |
| 6.1.2 Achtergronddocumentatie | 6-2 |
| 7 WAQUA..... | 7-1 |
| 7.1 Generieke aspecten..... | 7-1 |
| 7.2 Toepassingen | 7-4 |
| 7.3 Invoer en resultaten | 7-5 |
| 7.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen | 7-6 |
| 7.4.1 Contactpersonen | 7-6 |

| | | |
|-----------|--|-------------|
| 7.4.2 | Achtergronddocumentatie | 7-6 |
| 8 | TRIWAQ | 8-1 |
| 8.1 | Generieke aspecten..... | 8-1 |
| 8.2 | Toepassingen | 8-2 |
| 8.3 | Invoer en resultaten | 8-2 |
| 8.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen | 8-2 |
| 8.4.1 | Contactpersonen | 8-2 |
| 8.4.2 | Achtergronddocumentatie | 8-2 |
| 9 | SIMPAR..... | 9-1 |
| 9.1 | Generieke aspecten..... | 9-1 |
| 9.2 | Toepassingen | 9-2 |
| 9.3 | Invoer en resultaten | 9-3 |
| 9.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen | 9-3 |
| 9.4.1 | Contactpersonen | 9-3 |
| 9.4.2 | Achtergronddocumentatie | 9-3 |
| 10 | DELFT-3D..... | 10-1 |
| 10.1 | Generieke aspecten..... | 10-2 |
| 10.2 | Toepassingen | 10-4 |
| 10.3 | Invoer en resultaten | 10-4 |
| 10.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen | 10-5 |
| 10.4.1 | Contactpersonen | 10-5 |
| 10.4.2 | Achtergronddocumentatie | 10-5 |
| 11 | DELWAQ..... | 11-1 |
| 11.1 | Generieke aspecten..... | 11-2 |
| 11.2 | Toepassingen | 11-3 |
| 11.3 | Invoer en resultaten | 11-4 |
| 11.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen..... | 11-5 |
| 11.4.1 | Contactpersonen | 11-5 |
| 11.4.2 | Achtergronddocumentatie | 11-5 |
| 12 | GEM..... | 12-1 |

| | | |
|-----------|--|-------------|
| 12.1 | Generieke aspecten..... | 12-1 |
| 12.2 | Toepassingen | 12-2 |
| 12.3 | Invoer en resultaten | 12-3 |
| 12.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen | 12-3 |
| 12.4.1 | Contactpersonen | 12-3 |
| 12.4.2 | Achtergronddocumentatie | 12-3 |
| 13 | OILMAP..... | 13-1 |
| 13.1 | Generieke aspecten..... | 13-1 |
| 13.2 | Toepassingen | 13-1 |
| 13.3 | Invoer en resultaten | 13-2 |
| 13.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen | 13-3 |
| 13.4.1 | Contactpersonen | 13-3 |
| 13.4.2 | Achtergronddocumentatie | 13-3 |
| 14 | (Rivier) Alarm modellen | 14-1 |
| 14.1 | Generieke aspecten..... | 14-2 |
| 14.2 | Toepassingen | 14-2 |
| 14.3 | Invoer en resultaten | 14-3 |
| 14.4 | Achtergronddocumenten en contactpersonen | 14-3 |
| 14.4.1 | Contactpersonen | 14-3 |
| 14.4.2 | Achtergronddocumentatie | 14-4 |
| 15 | Lijst van termen en afkortingen | 15-1 |
| 16 | Bijlage 1: beschouwde modellen en geïnterviewde personen..... | 16-1 |
| 17 | Bijlage 2: vragenlijst voor de interviews..... | 17-1 |
| 17.1 | Interview-vragen..... | 17-1 |
| 17.2 | Criteria..... | 17-2 |
| 18 | Bijlage 3: Nederlandse Sobek toepassingen | 18-1 |
| 19 | Bijlage 4: Nederlandse Delft3D toepassingen | 19-1 |

I Inleiding en achtergrond

In 1998 is het Meetstrategie 2000+ rapport “Huidig modelgebruik in de meetsector” verschenen (rapport MS2000+.98.02). In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de modeltoepassingen die momenteel in gebruik zijn binnen de meetsector en worden bovendien kansen gesignaleerd voor nieuwe modeltoepassingen. Het huidige modelgebruik binnen de Meetsector van Rijkswaterstaat concentreert zich op waterstand- en stromingsmodellen. De kansen richten zich op transportmodellering (aanvulling van het chemische en biologische monitoringsprogramma, integratie van het zout-model in het zoutmeetnet), waterstandsmodellering (bepaling reductievlak ten behoeve van lodingen) en stromings- en golfmodellering (scheepvaartbegeleiding; RWSBAS). Voor chemische calamiteiten is er behoefte aan transportmodellering (advectie-diffusie, deeltjes).

Veel modellen echter komen voort uit een onderzoeksomgeving en het gebruik ervan vereist nogal wat specialistische kennis. Ook ontbreekt vaak informatie over waar het model wèl en niet voor bedoeld is, wat er nodig is om het model te gebruiken en wat de kwaliteit is van de modeluitkomsten. Inzet in de operationele praktijk vereist vaak nogal wat aanpassingen.

Om de kansen te kunnen benutten is door de HOE-groep binnen het programma Meetstrategie 2000+ aangegeven dat er helderheid dient te worden gecreëerd in de **status** en **toepassingsmogelijkheden** van de verschillende modellen. In de HOE-groep is een aantal vragen geformuleerd die hierbij behulpzaam kunnen zijn. Deze vragenlijsten zijn opgenomen in Bijlage 2. Met name is aandacht besteed aan de geschiktheid van een model als **operationeel instrument** boven water te krijgen. Deze informatie is middels interviews met modelgebruikers en modelspecialisten boven water gehaald worden en in dit rapport beschreven. Daarbij wordt voor elk beschouwd generiek modelinstrument een beschrijving in termen van kwaliteit, dekking, relevantie, beschikbaarheid, risico, kosten en acceptatie om aan te kunnen geven welke toepassingsmogelijkheden er zijn voor de operationele praktijk. Gezien het terrein waarop zowel het huidige modelgebruik als de meest kansrijke toekomstige toepassingen plaatsvinden, richten de interviews zich op waterstands-, stromings- en transportmodellering (inclusief calamiteiten).

De scope van de interviews en dit rapport is beperkt tot numerieke modellen (numerieke implementaties van wiskundig-fysische procesbeschrijvingen). Het gebruik van numerieke modellen is veelal per discipline georganiseerd. RWS heeft de beschikking over een arsenaal aan eigen modellen, maar daarnaast wordt door uitbestedingen veelvuldig gebruik gemaakt van externe modellen. In overleg met het Programmabureau Meetstrategie 2000+ zijn de belangrijkste generieke RWS modellen en een aantal frequent ingezette generieke modellen van derden geselecteerd die in dit rapport worden beschreven. Dit betreft de modelsystemen SOBEK, WAQUA, Delft3D, TRIWAQ, DELWAQ, GEM, OILMAP, SIMPAR en calamiteitenmodellen.

2 Keuze te beschouwen modelsystemen

In dit onderzoek is gepoogd helder te krijgen wat de **status** en **toepassingsmogelijkheden** van de verschillende modelsystemen zijn. In de dagelijkse praktijk van Rijkswaterstaat worden vele modellen, modelsystemen en modeltoepassingen gebruikt en ontwikkeld. Omdat in het kader van dit onderzoek niet mogelijk is om alle bekende modellen en hun toepassingen te beschouwen is in overleg met de opdrachtgever een selectie gemaakt. Gepoogd is om voor iedere karakteristieke discipline een model(systeem) te kiezen, waarbij tevens is gekeken welk modelsysteem als de (de-facto) standaard voor de desbetreffende discipline wordt beschouwd of welk modelsysteem naar verwachting in de naaste toekomst tot die standaard zal uitgroeien.

De wens van het Programmabureau Meetstrategie 2000+ was om aandacht te besteden aan één-dimensionale (1-D) en meerdimensionale (2-D of 3-D) modellen voor de beschouwing van zowel waterbeweging (waterstanden, stromingen) als stoftransport (waterkwaliteit, ecologie, calamiteiten). Deze keuze impliceert dat in dit onderzoek geen aandacht is besteed aan morfologische modellen.

De beschikbare modelsystemen kunnen worden onderscheiden naar het type probleem dat wordt geanalyseerd (waterkwaliteit of kwaliteit), maar daarnaast is ook onderscheid mogelijk naar het aantal dimensies dat met het model wordt beschouwd. Er is sprake van een ruimtelijk model als er tenminste één ruimtelijke dimensie is: bij een dynamisch 3-D-model is er sprake van vier onafhankelijke variabelen: de tijd en de drie ruimtelijke dimensies.

Op basis van beschikbare informatie en kennis van de huidige modelsystemen en hun toepassingen, is gezocht naar modellen of modelsystemen die karakteristiek zijn voor een type probleem of vakgebied, en die voor de komende jaren als 'state-of-the-art' modellen operationeel zullen worden ingezet. Waar mogelijk is voor elk detailniveau het meest vooraanstaande modelinstrument beschouwd. De volgende modellen zijn voor beschouwing in dit project gekozen:

- 1-D waterbeweging: modelinstrumentarium SOBEK (inclusief waterkwaliteit, morfologie, rainfall-runoff, real-time-control, lozingen, rioleringsvraagstukken). SOBEK vervangt ZWENDL, terwijl integratie van DUFLOW is gepland;
- 2-D waterbeweging en zout: model WAQUA;
- 3-D waterbeweging en zout: model TRIWAQ;
- 2-3-D modelinstrument voor watervraagstukken: Delft3D (inclusief waterbeweging, waterstanden, waterkwaliteit, ecologie, morfologie, golven en deeltjes);
- 1-2-3-D waterkwaliteitsmodel: DELWAQ (WQ in SOBEK en WAQ in Delft3D);
- 2-3-D Generiek Estuarium Model GEM: Ecologie in estuaria;
- 1-D calamiteiten: ALARM voor rivieren;
- 2-D calamiteiten: OILMAP (op basis van deeltjes-verspreidingsmodel);
- 2-D deeltjes-verspreidingsmodel: SIMPAR.

Bovenstaande 9 karakteristieke modelsystemen zijn nader beschouwd op operationaliteit ten behoeve van het oplossen van watergerelateerde vraagstukken. Omdat het model of modelsysteem (de software) gebruikt wordt bij de beschouwing van vele praktijksituaties (de modeltoepassingen), is bij de beschrijving waar mogelijk onderscheid gemaakt in **generieke** en **applicatie**-aspecten. Bij de generieke aspecten is vooral gelet op het type problemen waarvoor het model kan worden ingezet, de nauwkeurigheid, de gebruikersvriendelijkheid. Bij de beschouwing van de applicatie-aspecten is vooral gekeken naar de vereiste invoergegevens, het vereiste kennisniveau van de gebruiker en de gebiedsspecifieke onderdelen die voor een modeltoepassing van belang zijn. Zo kan het modelsysteem SOBEK als een generiek modelinstrumentarium worden opgevat dat inmiddels is gebruikt voor de realisatie van een grote verscheidenheid aan modeltoepassingen, waaronder het Rijnmodel, het Maasmodel, het rioolstelsel van Eindhoven, maar ook de sturing van de Maaslandkering in de Nieuwe Waterweg.

De gekozen modellen hebben de nodige relatie en overlap met andere modellen. Zo wordt het waterkwaliteitsmodel DELWAQ (soms onder een andere naam) als module gebruikt in combinatie met SOBEK, WAQUA, TRIWAQ, GEM en binnen Delft3D. Daarnaast hebben de modellen WAQUA en TRIWAQ de nodige overeenkomsten met het onderdeel FLOW uit het Delft3D modelinstrumentarium. Naast het deeltjesmodel SIMPAR bestaat ook een (niet apart beschreven) variant DELPAR uit het Delft3D modelinstrumentarium.

Toch heeft ieder modelinstrumentarium zijn eigen voordelen en mogelijkheden. Vaak wordt de kracht bepaald door mogelijkheden om sterke punten te combineren (synergie) en door het gebruiksgemak van de modeltoepassing (operationaliteit en user-interface). In principe is een model een hoeveelheid proceskennis die in de vorm van een computerprogramma (het rekenhart) is gegoten: het gebruiksgemak wordt bepaald door de wijze waarop dat model kan worden toegepast op een schematisatie van het probleemgebied (het rooster van discrete rekenpunten) en de manier waarop de invoergegevens voor dat model vanuit een centraal gegevensbestand kunnen worden geselecteerd, gegenereerd en geconverteerd.

Met name het laatstgenoemde aspect van specificatie van invoergegevens en het algehele gebruiksgemak (de grafische user interface) bepalen in hoge mate of een gebruiker een modelinstrumentarium als 'operationeel' ervaart. In de hierna volgende hoofdstukken is getracht de geschiktheid van de eerder genoemde kenmerkende en toonaangevende modelsystemen als **operationeel instrument** boven water te krijgen. Voor elk beschouwd generiek modelinstrument is een beschrijving opgenomen in termen van kwaliteit, dekking, relevantie, beschikbaarheid, risico, kosten en acceptatie om aan te kunnen geven welke toepassingsmogelijkheden er zijn voor de operationele praktijk.

3 Status modelsystemen en kansen

3.1 Samenvatting modelbeschouwingen

Op basis van de informatie die deels middels interviews over de verschillende modellen en modelinstrumentaria is verkregen, kunnen een aantal conclusies worden getrokken:

- Alle beschouwde modellen zijn geaccepteerd en operationeel of vrijwel operationeel;
- De afzonderlijke modellen en modelsystemen draaien op een PC onder MS-WINDOWS en/of op een mainframe in een UNIX omgeving;
- Door een meer integrale beschouwing van problemen, maar ook omdat de gebruikers hogere eisen zijn gaan stellen aan de koppelbaarheid en gebruikersvriendelijkheid van modellen, is er een tendens richting integrale generieke modelinstrumentaria;
- De beschouwde generieke modelsystemen vallen voor een belangrijk deel onder de paraplu van ofwel SIMONA (RWS) of Delft3D (WL | Delft Hydraulics);
- Toenemende kosten van modelontwikkeling en modelbeheer vraagt om samenwerking.

- De gebruikers van modellen (en dus niet de specialisten) verwachten steeds meer een GIS-georiënteerd User-Interface. De huidige selectie en conversiemodules voor zowel de modelinvoer als modelresultaten zijn nog vaak model/grid-georiënteerd;
- GIS-systemen (van de gebruiker of klant) nemen een steeds belangrijker plaats in bij het toepassen van modellen, het gebruik van meetsystemen, het invoeren-bewerken-beheren van meetgegevens, en het verwerken en presenteren van de verkregen informatie van zowel modellen als meetnetten.

- Samenstellen van modelinvoer (met name bij het maken van de schematisatie) gebeurt steeds meer geautomatiseerd vanuit GIS. De dichtheid van gegevens is vaak essentieel;
- Modellen (en vooral schematisaties) vergen onderhoud om ze up-to-date te houden, maar hebben veelal bij de eigenaren (beheerders) een lange levensduur;
- De gewenste gebruikersvriendelijke overdracht tussen meetsystemen en modelsystemen vraagt om afstemming (en hulpmiddelen zoals BASELINE, QUICKIN en DIDO);
- Modelresultaten leveren inzicht in de werking van een watersysteem op: terugkoppeling naar wijze van meten (meetnetoptimalisatie) biedt daarom mogelijkheden.

- Uitbreiden van het te modelleren gebied of een meer gedetailleerde procesbeschrijving betekent meestal aanvullende, andere, of meer gedetailleerde meetgegevens;
- On-line gegevens zijn essentieel bij de beschouwde continu-operationele modelsystemen (weersverwachting, stormvloedwaarschuwing, hoogwatervoorspellingen);
- Meta-gegevens zijn ook belangrijk (gegevenswoordenboeken ofwel 'info over de data');
- Verificatie van modelformuleringen zou zich niet moeten beperken tot de fysische (schaal)modellen, maar ook vanuit de werkelijkheid moeten plaatsvinden;
- Good Modelling Practice (GMP) verdient bij gebruikersvriendelijke modelsystemen extra aandacht.

3.2 Operationele modellen

Relevant voor deze inventarisatie en voor de toekomstige modeltoepassingen is of de verschillende modelinstrumenten ‘operationeel’ zijn. Er kunnen verschillende vormen worden onderscheiden waarin modellen operationeel zijn, variërend van:

- continu operationele modelsystemen zoals gebruikt in een modellen- of berichtencentrum ten behoeve van een heel specifiek doel zoals bijvoorbeeld hoogwatervoorspelling, weersvoorspelling en calamiteiten (op afroep beschikbaar);
- generiek operationele modellen die ontwikkeld zijn en gereed staan om toe te worden gepast op verschillende gebieden of omstandigheden, en voor het doorrekenen van scenario's (zoals bijvoorbeeld de modellen voor planvorming en de modellen die waterstanden en debieten in oppervlaktewater voorspellen);
- academische / onderzoeks / prototype modellen - die gereed staan voor het gebruik door een enkele persoon ten behoeve van ontwikkeling en onderzoeksdoeleinden.

In het laatste geval kan het model meestal alleen worden gebruikt en gehanteerd door degene die het model heeft ontwikkeld. Hij kent alle achterliggende theoriën, de beperkingen van het model en de procedure om het model voor meestal een beperkt aantal situaties of omstandigheden te draaien. Daarnaast is de documentatie meestal beperkt van omvang of geheel afwezig. Voor een operationeel modelinstrumentarium worden de volgende aspecten noodzakelijk geacht:

- documentatie van het model en de achterliggende theorie, inclusief een praktische gebruikershandleiding;
- plan voor het beheer en onderhoud van de modeltoepassing (inclusief de software);
- samenstellen van een team verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud;
- operationele helpdesk en registratie van gevonden fouten (bugs) in het modelsysteem;
- regelmatig nieuwe versies met nieuwe ontwikkelingen en zonder de bekende fouten;
- installatie protocol voor verschillende computer-systemen (PC en mainframes);
- het model moet eenvoudig gebruikt kunnen worden; ook door mensen die het model niet hebben ontwikkeld.

Eén en ander heeft tot gevolg dat voor het ‘in de lucht houden’ van een generiek operationeel modelinstrumentarium een heel management-team nodig is dat zorgt voor:

- een correcte werking van het model in allerlei modeltoepassingen;
- het signaleren, analyseren en oplossen van software-problemen;
- het inbouwen van de gewenste nieuwe functionaliteit in de software;
- het beheer en onderhoud van de verschillende versies van het model;
- installatieprocedures voor nieuwe gebruikers ten behoeve van een eenvoudige en correcte implementatie van de software op de computers van de klant;
- het verzorgen van opleidingen en trainingen voor nieuwe gebruikers van het model.

Afgezet tegen deze criteria mogen alle modellen die in dit rapport worden beschreven als operationeel worden beschouwd. Alle modellen onder de vlag van SIMONA (dat zijn WAQUA, TRIWAQ, SIMPAR) en onder de paraplu van Delft3D (FLOW, WAQ, PART,

WAVE, MOR) voldoen aan deze criteria. Het model OILMAP voldoet ook aan deze criteria. De calamiteitenmodellen die zijn ontwikkeld worden slechts door een beperkte groep mensen in operationele omstandigheden gebruikt.

3.3 Operationele model-centra

Operationele model-centra zijn plaatsen waar één of meer modellen 24 uur per dag worden gedraaid of gebruiksklaar staan, als onderdeel van een 'real-time' informatie systeem. De taken van de operationele centra zijn meestal gerelateerd aan veiligheid (hoogwater voorspelling en waarschuwing), calamiteiten voorspelling en begeleiding, en advisering of berichtgeving aan de scheepvaart. Operationele model-centra in Nederland zijn:

- het Hydro-Meteo Centrum Zeeland (HMCZ);
- het Hydro-Meteo Centrum Rijnmond (HMR);
- het BerichtenCentrum Lelystad (RIZA);
- het Oosterschelde Centrum (bediening van de stormvloedkering);
- het KNMI (weersvoorspelling en berichtgeving, waterhoogte/getijvoorspelling).

Het HMCZ in Middelburg wordt door Directie Zeeland en het KNMI samen in de lucht gehouden. De taak omvat het produceren en uitgeven van voorspellingen van het weer en waterstanden voor de scheepvaart in de Zeeuwse Delta en Voordelta. Hieronder valt ook het berekenen van het getij-venster voor de scheepvaart op de Westerschelde. Daarnaast geeft het HMCZ een golf voorspelling uit. Het HMCZ is 24 uur per dag operationeel en werkt met 6 mensen in 2 ploegen aangevuld met een 'pieperdienst'. Er wordt 4 maal per dag een WAQUA berekening gemaakt op basis van het laatste weerbericht en windvoorspelling van het KNMI en doet een voorspelling tot 18 uur vooruit. Daarnaast wordt SIMPAR gebruikt voor de berekening van routes van afgevalen lading, olie, chemicaliën en drenkelingen.

Het HMR in Hoek van Holland wordt door Directie Noordzee en het KNMI samen gerund. De taak van het HMR omvat het maken en uitgeven van voorspellingen van het weer, getij-venster en waterhoogtes voor schepen die de haven van Rotterdam en Amsterdam willen binnenlopen. De berekeningen met WAQUA (CSM8 met Kalmanfiltering) voor HMR worden door het KNMI in de Bilt gemaakt, en de resultaten staan vervolgens on-line ter beschikking van het HMR. De modelresultaten worden door HMR ook gebruikt als randvoorwaarden voor de regionale modellen die door HMR in de lucht worden gehouden. Daarnaast berekent het KNMI voor RWS de stijging van de waterhoogten. Het HMR geeft op basis hiervan waarschuwingen en informeert zonodig de Stormvloed-Seindienst (SVSD).

Het BerichtenCentrum in Lelystad worden met modellen hoogwatervoorspellingen voor de grote rivieren en meren in Nederland gemaakt (Rijn, IJssel, Waal, IJsselmeer en Maas). Hiervoor werd in het verleden het model ZWENDL gebruikt. Momenteel wordt zowel met SOBEK als met ZWENDL gerekend, maar in de toekomst zal die taak alleen met SOBEK worden uitgevoerd. Het BerichtenCentrum zal binnenkort ook het operationele modelstelsel voor het beheer van het IJsselmeer bedienen en onderhouden: hierin wordt WAQUA gebruikt voor de simulatie van waterhoogten en SIMPAR voor de beschouwing van calamiteiten en lozingen.

3.4 Open Model Systemen: SIMONA en Delft3D

Op 23 augustus 2000 is een samenwerkingsovereenkomst ondertekend tussen Rijkswaterstaat en WL | Delft Hydraulics met als doel de ontwikkeling van één gezamenlijk Open Model Systeem (OMS) voor complexe waterloopkundige modellen in Nederland. Op dit moment zijn er twee operationele modelinstrumentaria in gebruik, namelijk SIMONA (SImulatie MOdellen NAtte Rijkswaterstaat) bij Rijkswaterstaat en Delft3D bij WL | Delft Hydraulics. Beide instrumentaria hebben veel overeenkomsten maar zijn specifiek ontwikkeld voor de eigen activiteiten: SIMONA voor de operationele beheertoepassingen van Rijkswaterstaat en Delft3D voor de adviespraktijk van WL | Delft Hydraulics. Beide directies onderschrijven de noodzaak om te komen tot een gezamenlijk en modern instrumentarium.

Met deze publiek-private samenwerking hopen beide partijen niet alleen tot een stroomlijning van de bestaande instrumentaria te komen, maar ook de schaars aanwezige kennis rondom waterloopkundige modellen vast te kunnen houden. Het is de bedoeling dat het nieuwe OMS modelinstrumentarium zowel ter beschikking komt van de 'eigenaren' als van het Nederlandse bedrijfsleven.

Om aan de groeiende behoefte aan operationele modelsystemen voor complexe waterloopkundige problemen te kunnen blijven voldoen zal de komende jaren een vernieuwingsslag plaatsvinden. Dit gebeurt binnen het kader van het Open Model Systeem (OMS) in een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat en WL | Delft Hydraulics. Het OMS-systeem dient een dermate 'open' karakter te bezitten dat gemakkelijk en snel aan modellen en/of modeltoepassingen van derden kan worden gekoppeld. Op die manier kan het OMS-instrumentarium voor een breed scala aan modeltoepassingen worden gebruikt en wordt niet alleen de samenwerking tussen modelgebruikers onderling, maar ook die tussen de modelgebruikers en de modelontwikkelaars geïntensiveerd.

| Criteria | SOBEK | WAQUA | TRIWAQ | SIMPAR | Delft3D [*]) | DELWAQ | GEM | OILMAP | Alarmmodel |
|----------------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|------------|------------|------------------|------------------|
| Kwaliteit | ++ | ++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ | + | ++ |
| Dekking | ++ | ++ | ++ | o | +++ | ++ | + | ++ | + |
| Relevantie | ++ | ++ | ++ | + | +++ | ++ | + | + | ++ |
| Beschikbaarheid bij RWS | ++ | ++ | ++ | ++ | o | ++ | + | + | + |
| Acceptatie door RWS | ++ | +++ | ++ | + | o | +++ | + | + | ++ |
| Operationeel in gebruik ? | inzetbaar | ja | inzetbaar | ja | inzetbaar | nee | nee | inzetbaar | inzetbaar |

^{*}) score heeft betrekking op het gebruik als geïntegreerd modelinstrumentarium

Betekenis codes:

- o = matig
- + = voldoende
- ++ = goed / hoog
- +++ = zeer goed / zeer hoog

- De modellen WAQUA, TRIWAQ en SIMPAR zijn onderdeel van SIMONA.
- Het model DELWAQ wordt gebruikt als module in SOBEK, Delft3D, GEM en is gebruikt in koppelingen met WAQUA en TRIWAQ.
- Het modelinstrumentarium Delft3D omvat de modulen FLOW, WAVE, PART, WAQ, ECO, CHEM, MOR en SED.
- Het modelinstrumentarium SOBEK omvat de modulen FLOW, RR (rainfall-runoff), WQ (waterkwaliteit), RTC (real-time-control), Morfologie en FF (Flood Forecasting), en kan gekoppeld worden met Delft-1D2D (de twee-dimensionale Overland Flow Module) en WLM (Waste Load Module).

4 Conclusies, aanbevelingen en toekomst

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de modeltoepassingen die momenteel in gebruik zijn binnen Rijkswaterstaat en worden bovendien kansen gesignaleerd voor nieuwe modeltoepassingen. Het huidige modelgebruik binnen de Meetsector van Rijkswaterstaat concentreert zich op waterstand- en stromingsmodellen. Om de kansen te kunnen benutten is door de HOE-groep binnen het programma Meetstrategie 2000+ aangegeven dat er helderheid dient te worden gecreëerd in de **status** en **toepassingsmogelijkheden** van de verschillende modellen. Met name is aandacht besteed aan de geschiktheid van een model als **operationeel instrument**. De informatie is door interviews met modelgebruikers en modelspecialisten verzameld en in dit rapport beschreven.

Operationeel

Er kunnen verschillende vormen worden onderscheiden waarin modellen ‘operationeel’ zijn, variërend van onderzoeksmodellen die vaak alleen door de ontwikkelaar of een beperkt aantal gebruikers kunnen worden bediend tot complete continu-operationele modelsystemen die gebruikt in een operationele model-centra ten behoeve van bijvoorbeeld hoogwatervoorspelling. In deze inventarisatie is als randvoorwaarde gehanteerd dat bij een operationeel modelinstrumentarium in ieder geval de volgende aspecten zijn geregeld: een gebruikersvriendelijke User Interface, modeldocumentatie, gebruikershandleiding, beheer & onderhoud, management-team, een bereikbare help-desk, centrale registratie van fouten, en een installatieprocedure voor verschillende computersystemen. Afgezet tegen deze criteria mogen de modellen die in dit rapport worden beschreven als operationeel worden beschouwd. Alle modellen onder de vlag van SIMONA (dat zijn WAQUA, TRIWAQ en SIMPAR) en onder de paraplu van Delft3D Delft3D (FLOW, WAQ, PART, WAVE, MOR) voldoen aan deze criteria. Het model OILMAP voldoet ook aan deze criteria.

Wensen en ontwikkelingen

Mede omdat de gebruikers hogere eisen zijn gaan stellen aan de koppelbaarheid van afzonderlijke modellen en de gebruikersvriendelijkheid van een model of modelsysteem, valt er een tendens richting integrale generieke modelinstrumentaria waar te nemen. De beschouwde generieke modelsystemen vallen voor een belangrijk deel onder de paraplu van ofwel SIMONA (RWS) of Delft3D (WL | Delft Hydraulics). Toenemende kosten van modelontwikkeling en modelbeheer vraagt om meer samenwerking. Voor een deel is die samenwerking inmiddels geformaliseerd en de verwachting is dat in de naaste toekomst ook andere overheidsdiensten, instituten en bedrijven zich hierbij aan zullen sluiten. Modellen en modeltoepassingen (en vooral schematisaties) vergen onderhoud om ze up-to-date te houden. Voor het ‘in de lucht houden’ van generieke modelinstrumentaria is een op haar taak berekend management team nodig inclusief de daarvoor benodigde budgetten.

Er is een verschuiving waar te nemen in de plaats van modellen. Stond voorheen het model centraal en werden daaraan de nodige invoergegevens toegeleverd, momenteel staan de informatiesystemen (meestal op basis van GIS) en de daarin opgenomen databestanden centraal. Steeds vaker wordt het model zodanig aangepast dat de gebruiker middels een speciaal ontwikkelde User Interface (inclusief model-database koppeling) vrij eenvoudig

het model met de benodigde invoergegevens kan draaien, waarbij de resultaten vervolgens weer binnen de GIS-omgeving kan presenteren. De gewenste gebruikersvriendelijke overdracht tussen meetssystemen en modelsystemen vraagt om afstemming, en derhalve om hulpmiddelen zoals BASELINE, QUICKIN, DIDO en COUPLE.

Meetinspanning

Uitbreiden van het te modelleren gebied of een meer gedetailleerde procesbeschrijving betekent meestal aanvullende, andere, of meer gedetailleerde meetgegevens. Daarbij wordt steeds vaker gebruik gemaakt van moderne technieken als laser-altimetrie en remote sensing. De modellen die bij planvorming en gerelateerde 'operationele' vragen worden gebruikt, vergen een omvangrijke hoeveelheid invoergegevens. Met name voor het (toenemende) gebruik van ecologische, habitat en waterkwaliteitsmodellen is een grote hoeveelheid informatie nodig. Daarnaast is een groeiende hoeveelheid on-line gegevens nodig bij de hier beschouwde continu-operationele modelsystemen (weersverwachting, stormvloedwaarschuwing, hoogwatervoorspellingen). Anderzijds leveren modelresultaten ook inzicht in de werking van een watersysteem op. Het terugkoppelen van de verkregen resultaten naar de wijze van meten biedt daarom goede mogelijkheden voor optimalisatie van de meetinspanning om invoergegevens voor modellen te verzamelen.

Operationele model-centra

Naast de bij overheidsdiensten en instituten beschikbare modelinstrumenten, draaien er bij een aantal operationele model-centra in Nederland specifieke operationele modellen als onderdeel van een 'real-time' informatie systeem. De taken van de operationele centra zijn meestal gerelateerd aan veiligheid (hoogwater voorspelling en waarschuwing), calamiteiten voorspelling en begeleiding, en advisering of berichtgeving aan de scheepvaart. Operationele model-centra in Nederland zijn het Hydro-Meteo Centrum Zeeland (HMCZ), het Hydro-Meteo Centrum Rijnmond (HMR), het BerichtenCentrum Lelystad (RIZA), het Oosterschelde Centrum (bediening van de stormvloedkering) en het KNMI (voor de weersvoorspelling en berichtgeving).

Samenwerking

Verwacht mag worden dat in de nabije toekomst meerdere instituten in Nederland zich zullen aansluiten bij de recent gestarte samenwerking tussen Rijkswaterstaat en WL | Delft Hydraulics om te komen tot de ontwikkeling van één gezamenlijk Open Model Systeem (OMS) voor complexe waterloopkundige modellen in Nederland. Dit geldt met name voor het uitbouwen en verbeteren van ecologische modulen en habitatmodellen. Meer en meer zullen de huidige integrale modelsystemen evolueren naar Open Model Systemen, waaraan vrij eenvoudig modulen van instituten en overheidsdiensten kunnen worden gekoppeld. Op die manier kunnen de beschikbare OMS-instrumentaria voor een breder scala van problemen worden gebruikt en wordt de samenwerking tussen de belanghebbenden geïntensiveerd. Daarnaast worden in toenemende mate specifieke Decision Support Systemen (DSS'en) op basis van de hier beschreven modelinstrumentaria gebouwd en ingezet voor integraal waterbeheer en beleid. In toenemende mate zullen alle modelsystemen worden gebaseerd op of gekoppeld aan GIS-toepassingen, hetgeen de noodzaak tot afstemming en samenwerking alleen nog maar zal vergroten.

5 SOBEK

| | |
|-----------------------|---|
| Type model: | 1-dimensionaal modelinstrumentarium voor het berekenen van de waterbeweging, waterkwaliteitsparameters, transport van opgeloste en gesuspendeerde stoffen en morfologische ontwikkelingen |
| Probleemveld: | waterstanden, stroming, waterkwaliteit en morfologie |
| Gebruikt voor: | oppervlaktewater (rivier, kanaal, estuarium) en rioolstelsels |
| Status: | operationeel inzetbaar |

Historie

SOBEK is een 1-dimensionaal modelinstrumentarium voor de water sector, ontwikkeld door RIZA en WL | Delft Hydraulics in samenwerking met diverse overheidsdiensten, GTI's en adviesbureaus. Het instrumentarium beoogt een efficiënte ondersteuning te leveren bij het oplossen van een breed spectrum van waterkwantiteits-, morfologische en waterkwaliteitsvraagstukken met betrekking tot rivieren, drainage-, irrigatie- en rioleringsystemen. De bij de ontwikkeling en instandhouding van SOBEK betrokken partijen hebben de ambitie om SOBEK te ontwikkelen tot de de-facto standaard voor 1-D modellering van watervraagstukken in Nederland en om een toproduct te leveren dat zich kan meten met de internationale concurrentie.

Status

Het modelinstrument SOBEK is momenteel opgebouwd uit een gekoppelde set van modules, waaronder de module FLOW, RR (rainfall-runoff), WQ (waterkwaliteit), RTC (real-time-control), Morfologie, Delft-1D2D (2-dimensionale Overland Flow Module, gestuurd door een 1-dimensionale SOBEK-beschouwing van een rivier), FF (Flood Forecasting) en WLM (Waste Load Module). Omdat het model DELWAQ de waterkwaliteitsmodule van SOBEK is (module WQ), zijn opmerkingen over waterkwaliteitsaspecten zoveel mogelijk onder het hoofdstuk DELWAQ samengevat.

Het 1-dimensionale model SOBEK wordt door RIZA-Arnhem vooral gebruikt voor de berekening van hoogwatervoorspellingen, morfologische aspecten en beleidsanalytische studies. Bij RIZA-Arnhem wordt SOBEK naast het 2-dimensionale model WAQUA gebruikt, waarbij men afhankelijk van de vereiste rekensnelheid (morfologie en hoogwatervoorspelling) en benodigde detaillering (beleidsanalyse) besluit om SOBEK danwel WAQUA voor de berekeningen in te zetten.

Het generieke modelinstrument SOBEK is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar instrument dat gebruikt kan worden voor advisering. Het modelsysteem SOBEK, met name in combinatie met info-database BASELINE waarmee snel de basisgegevens (zoals bijvoorbeeld bodemligging en vegetatie) kunnen worden geselecteerd en geconverteerd, wordt als een volledig operationeel modelsysteem beschouwd. Uiteraard blijft men dit modelsysteem verder operationaliseren door verbetering, aanvulling, onderhoud en training. In sommige operationele modelsystemen

gebaseerd op SOBEK, zoals voor de Maaslandkering in de Nieuwe Waterweg, moet het vertrouwen (credibility) nog groeien, ook al is het modelsysteem op zich wel geaccepteerd (zie lijst met toepassingen in bijlage 3).

5.1 Generieke aspecten

Het 1-dimensionale model SOBEK wordt vooral gebruikt voor de berekening van waterstanden en hoogwatervoorspellingen. Naast de hydrodynamica, gebruikt men SOBEK ook voor de 1-dimensionale beschouwing van morfologische en waterkwaliteitsaspecten. Bij ontwerpstudies wordt soms van het 1-dimensionale model SOBEK gebruik gemaakt, omdat de 2-dimensionale beschouwing van morfologische aspecten met een model zoals WAQUA nog deels in ontwikkeling is.

Bij RWS wordt de informatie uit info-database BASELINE als uitgangspunt genomen voor het opzetten van de gebiedsschematisaties en het aanleveren van randvoorwaarden en fysische kenmerken van het rekennetwerk voor zowel SOBEK als WAQUA. De voorbewerking verschilt hooguit daar waar conversie nodig is vanwege het onderscheid in het aantal beschouwde dimensies. Op deze wijze worden op een flexibele en eenduidige manier vrijwel volledig geautomatiseerd de meest recente (of juist historische) gegevens aan SOBEK toegeleverd. Naast RIZA-Arnhem is BASELINE ook in gebruik bij het WL, Hasko, waterschappen en dergelijke. Waarschijnlijk wordt het gebruik van BASELINE in een later stadium ook door RIZA-Dordrecht doorgevoerd voor de beschouwing van water-, slib- en bodemkwaliteit. De inhoud van BASELINE wordt jaarlijks aangevuld voor wat betreft vergunningen en eventuele aanpassingen van de infrastructuur. Iedere 5 jaar vindt er in het kader van de MHW-cyclus een grote aanvulling plaats, waarbij de resultaten van meetcampagnes voor bijvoorbeeld vegetatie en bodemligging worden ingevoerd.

De kracht van een 1-dimensionale beschouwing is de geringe rekentijd en doorlooptijd die nodig is voor het uitvoeren van een berekening. Met name voor het doorrekenen van lange perioden is dit belangrijke eigenschap. Bovendien blijft het de vraag of de grotere nauwkeurigheid van een hoogwaterberekening met bijvoorbeeld het 2-dimensionale model WAQUA (ordegrootte 5 cm) en die met het 1-dimensionale model SOBEK (ordegrootte 5 cm) opweegt tegen de grotere rekeninspanning, complexiteit en langere doorlooptijd. Op dit moment kost een uitgebreide WAQUA berekening met het Rijntakkenmodel voor 5 dagen zelfs op een supercomputer nog bijna een dag. In tegenstelling tot hoogwaterberekeningen is bij ontwerpstudies de grotere nauwkeurigheid wel degelijk een belangrijk punt: een verschil van één centimeter waterhoogte kan in de praktijk een aantal miljoenen guldens verschil maken. Voor de berekeningen in het Noordelijk Deltagebied is de eis gesteld dat 95% van de berekende waterstanden minder dan 10 cm afwijken van metingen.

Het gebruik van 1-dimensionale modellen zoals SOBEK voor een riviersysteem levert vrij betrouwbare resultaten op als het gaat om bijvoorbeeld de voorspelling van waterstanden op de MSW-stations. Dat komt omdat veel aandacht is besteed aan de inregeling (calibratie en verificatie) van het operationele modelsysteem. Als er echter ingrepen in het watersysteem zijn voorzien kan er behoefte zijn aan een 2-dimensionale beschouwing met bijvoorbeeld WAQUA. Na de realisatie van een dergelijke ingreep wordt het 1-dimensionale modelsysteem middels een uitgebreide meetcampagne weer afgeregeld op de nieuwe

werkelijkheid, en kan het weer gebruikt worden voor operationele berekeningen. De grotere inspanning voor (her)calibratie van 1-dimensionale modellen is derhalve een belangrijke overweging. Om de nauwkeurigheid te vergroten maakt men bij de waterstandvoorspellingen met 1-dimensionale modelsystemen onderscheid tussen hoogwater en laagwater perioden omdat de benodigde modelcoëfficiënten voor die perioden belangrijk verschillen. Dit houdt tevens in dat er bij 1-dimensionale modellen meer kennis van het fysische systeem nodig is of aanwezig wordt verondersteld bij modelgebruikers.

Het profiel van de SOBEK modelgebruiker wordt ingeschat op minimaal HBO-niveau, mede gezien de vele valkuilen en blunders die zijn gesignaleerd. Wellicht dat hier voor volledig operationele modelsystemen die worden gebruikt voor een specifiek gebied en voor een specifieke standaardsituatie deels van kan worden afgeweken. Werken met 1-dimensionale modellen blijft specialistenwerk, mede omdat bij dit soort modellen een deel van de fysische eigenschappen wordt verdisconteerd in de te calibreren modelparameters. Wellicht is mede daarom voor hele specifieke modeltoepassingen (zoals voor de bediening van de Maasland-kering in de Nieuwe Waterweg) een eigen user-interface (schil) ontworpen en gebouwd.

Voor de specialist kan het SOBEK modelsysteem als gebruikersvriendelijk worden beschouwd. Voor sommige operationele toepassingen (Maaslandkering in de Nieuwe Waterweg) worden aparte interfaces ('schillen') ontwikkeld om een gebruikersvriendelijk gebruik te garanderen of om een goede toepassing door minder bekwame operators te garanderen.

Kansen

Voor het beter kunnen afregelen (calibreren) van modellen voor hoogwaterberekeningen wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van nieuwe technieken zoals laser-altimetrie en remote sensing om modelparameters (met name ruwheden) in het winterbed en zomerbed te kwantificeren. Het gebruik van deze nieuwe technieken biedt ook goede perspectieven voor het optimaliseren van de meetinspanning. Grootste besparingen liggen echter op het vlak van metingen ten behoeve van de bepaling van model/systeemparameters. De nauwkeurigheid van de bovenrandse afvoer van de modelsystemen is waarschijnlijk de grootste bron van onzekerheid in de verkregen modelresultaten - uitbreiding van het modelgebied is dan bijna de enige toepasbare optie. Data-assimilatie technieken worden nauwelijks gebruikt omdat vrijwel nergens een on-line aanpassing van de modelparameters noodzakelijk is. Naast hoogwaterberekeningen komt er steeds meer vraag naar een module waarmee gedetailleerde morfologische berekeningen kunnen worden uitgevoerd. Tenslotte wordt voor risico-analyse vraagstukken de overstromingsmodule van Delft-1D2D gebruikt.

Daar waar (zoals bij RIZA-Dordrecht) de schematisatie nog niet automatisch wordt gegenereerd bestaat de wens om op een gebruikersvriendelijke wijze een eerder gemaakte schematisatie aan te passen. Daarnaast wordt opgemerkt dat het vrij lastig en tijdrovend is om kunstwerken aan te sturen: verbetering van de user-interface is op dit punt gewenst.

5.2 Toepassingen

Voor wat betreft de hydrodynamica, worden momenteel toepassingen van SOBEK voor de Rijn en de Maas afgeregeld (gecalibreerd), waarbij vanuit BASELINE automatisch de schematisatie wordt gemaakt en randvoorwaarden en fysische kenmerken van het gebied worden toegeleverd. Voor wat betreft deze calibratie wordt opgemerkt dat hier door veranderingen in het studiegebied op gezette tijden opnieuw aandacht aan moet worden besteed. Dit staat dus los van de beschouwing of het modelsysteem operationeel is. Bij de toepassing van SOBEK voor hoogwatervoorspellingen op de Rijn (FloRijn) is een schematisatie opgezet voor het deel vanaf Koblenz. Het Duitse BVG werkt hieraan mee.

Daarnaast zijn er operationele modelsystemen in het kader van IVB-DOS (Discussie Ondersteunend Systeem), IVR (Integrale Verkenning Rivieren), RvR (Ruimte voor Rivieren), BOS-NWW (de bediening van de Maaslandkering, zij het met een apart door WL ontworpen user-interface) en dergelijke opgezet. Als zelfstandige modeltoepassingen kunnen onder andere worden genoemd:

- FloRijn en FloMaas - hoogwatervoorspellingsmodellen (FEWS) voor Rijn en Maas die automatisch meetgegevens uit het MSW, het BC2000 (database RIZA) en van het KNMI verzamelen;
- ZuidRand-toepassing en daaraan gekoppeld een 2-dimensionale beschouwing van het rivierengebied en kustwater;
- HMR - Hydro Meteo Centrum Rijnmond (koppeling met getijvoorspelling en de modellen van het KNMI);
- NDB - Noordelijk Deltabekken toepassing;
- Bahlui (Roemenië) voor de sturing van een riviersysteem met daarin reservoirs;
- Friesland (waterkwaliteit);
- Grensmaas en de lozing van DSM.

Daarnaast zijn er zeer veel toepassingen met SOBEK in buitenlandse projecten gerealiseerd voor onder andere rivieren en rioolstelsels. Hieronder zijn ook een aantal hoogwatervoorspellings-modeltoepassingen. Voor een overzicht van door de Nederlandse Rijksoverheid gefinancierde WL-projecten waarbij SOBEK is toegepast wordt verwezen naar bijlage 3.

5.3 Invoer en resultaten

Gegevens

Voor de beschouwing van de hydrodynamica is een aantal invoergegevens nodig, zoals randvoorwaarden (benedenwaterstand en bovenafvoer), beginvoorwaarden (minder belangrijk) en informatie over de parameters waarmee het fysische systeem wordt beschreven. Belangrijke parameters zijn (voor ieder beschouwd onderdeel van de rivier) de geometrie, de ruwheden, overlaten, kunstwerken en dergelijke.

Voor informatie over ruwheden is bijzonder moeilijk te verkrijgen, meestal door vertaling van vegetatie-informatie en derhalve relatief duur. Daarnaast zijn er aanmerkelijke verschillen voor ruwheden in het winterbed en het zomerbed. In vergelijking daarmee is de

informatie over geometrie, overlaten en kunstwerken iets gemakkelijker en goedkoper te verkrijgen. Bij de calibratie van modeltoepassingen worden de ruwheden vaak als ‘vuilnisbak’ beschouwd om verschillen tussen metingen en berekeningen mee glad te strijken. Geringe kennis over de weerstanden, incorrecte informatie over de hoogtes van zomerkades en onzekerheid in de schatting van de afvoer op de bovenrand worden gezien als de belangrijkste foutenbronnen.

Calibratie van het modelsysteem voor wat betreft de hydrodynamica vindt plaats op basis van de gemeten en berekende waterstand op de MSW-meetstations, vaak nog aangevuld met een specifieke meetcampagne op aanvullende punten in het riviersysteem. De objectieve maat voor de nauwkeurigheid van de berekeningen is meestal de standaard deviatie van de waterstanden berekend en gemeten op de MSW-meetstations. Calibratie op alleen de waterstand levert meestal een onvoldoend nauwkeurige modeltoepassing op. In principe zijn de resultaten van de modellen vrij gemakkelijk te valideren. Veel moeilijker en omvangrijker is het valideren van de invoergegevens: dat is een bijna onmogelijke opgave. Er worden wat pogingen gedaan om wat meer dan in het verleden automatisch te calibreren en te valideren. Dat is voor 1-dimensionale modellen weer moeilijker dan voor 2-dimensionale modellen omdat bij de eerste soort expliciet fysische kennis in de modelparameters is verdisconteerd (zie ook opmerkingen over ruwheden).

Calibratie van de operationele modelsystemen voor Rijn en Maas wordt éénmaal per 5 jaar uitgevoerd, overeenkomend met de cyclus waarmee BASELINE wordt aangepast. Daarbij worden de bodemliggings-gegevens van 1995 als de betrouwbaarste beschouwd en derhalve als uitgangspunt genomen. Middels remote sensing en in toenemende mate laser-altimetrie wordt informatie ten behoeve van modelparameters verzameld, met name voor de ruwheden van het zomer en winterbed van de rivier. De gegevens van 1993, 1998 en andere jaren worden voor de validatie van het operationele modelsysteem gebruikt. Voor een correcte weergave van de afvoerverdeling in zowel zomer als winter en in zowel het zomerbed als het winterbed vereist aanvullende meetcampagnes. De nauwkeurigheid van de gegevens voor de bovenstroomse rand van met name hoogwatervoorspellingssystemen is cruciaal. Door een aantal meetdiensten worden periodiek zowel waterstandsmetingen als debietmetingen (ADCP), aangevuld met stroombeeldmetingen uitgevoerd.

Kosten

De kosten voor operationele modelsystemen zijn met name hoog door het verzamelen en actueel houden van het informatiesysteem waarop de modeltoepassing is gebaseerd. Ook al wordt de info-database BASELINE ook voor andere doelen dan operationele modelsystemen gebruikt, het is de praktijk een heel dure maar noodzakelijke aangelegenheid. Met name de jaarlijkse en 5-jaarlijkse (MHW) cyclus waarop actualisatie plaatsvindt betekent een continue investering. Daarbij wordt bijvoorbeeld ook de ecotopenkaart gebruikt. In de toekomst hoopt men door invoering van nieuwe technieken zoals laser-altimetrie tot een kostenbesparing op dit vlak te komen. De uitgaven voor BASELINE worden geschat op een ruwe miljoen gulden per jaar, waarvan men ordegrootte 250.000 gulden aan operationele modelsystemen zoals SOBEK mag toerekenen.

Daarnaast zijn er nog specifieke metingen nodig voor het afregelen van de afvoerberekeningen, waarvoor onder andere speciale doppler-metingen worden uitgevoerd.

Geschat wordt dat er jaarlijks in totaal voor ordegrrootte 250.000 gulden aan aanvullende metingen plaatsvinden.

De kosten die gemaakt worden voor het (blijven) ontwikkelen en onderhouden van de SOBEK programmatuur, de helpdesk en gerelateerde zaken zijn bij de interviews niet beschouwd.

5.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

5.4.1 Contactpersonen

WL | Delft Hydraulics: Adri Verwey, voorzitter SOBEK Management Team, 015-2858925;
Adri.Verwey@wldelft.nl

RIZA Lelystad: Aad Dollee, SOBEK Management Team, 0320-298442.
A.Dollee@riza.rws.minvenw.nl

SOBEK Helpdesk: sobek.support@wldelft.nl of 015-2858500

SOBEK Informatie: sobek.info@wldelft.nl

SOBEK Homepage: www.sobek.nl

5.4.2 Achtergronddocumentatie

Handleidingen

WL | Delft Hydraulics, SOBEK-River Technical Reference Manual, last update: 2000;
WL | Delft Hydraulics, SOBEK-River User Guide, last update: 2000;

WL | Delft Hydraulics, SOBEK-Rural/Urban Technical Reference Manual, update 2000;
WL | Delft Hydraulics, SOBEK-Rural/Urban User Guide, last update: 2000.

Publicaties

Van Gils, J.A.G., The Sobek "Process Editor" - a flexible tool for tailor-made water quality modelling, Proceedings of the 3rd Hydroinformatics Conference, Copenhagen, 1998.

Proano Santos, C.O., H.P.F. van den Boogaard, A.W. Minns and A. Verwey, Emulation of a sewer system computational model for the statistical processing of large numbers of simulations, Proceedings of the 3rd Hydroinformatics Conference, Copenhagen, 1998.

Schuurmans, W., A. Hof, P.J. van Overloop, R. Fish and M. Hammons, Automatic Control of the Grand Prairie Project, Proceedings of the Modernization of Irrigation Water Delivery Systems Conference, Arkansas, 1999.

Alvarez, F. and A. Verwey, Simulation of wind set-up on lakes in a one-dimensional model schematisation, Proceedings of the 4th Hydroinformatics Conference, Cedar Rapids, 2000.

6 SIMONA

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | Rijkswaterstaat modelsuite met hydrodynamische, transport- en golfmodellen |
| Probleemveld: | waterstanden, waterbeweging, deeltjesdynamica, slib |
| Gebruikt voor: | rivieren, estuaria, meren en zeeën |
| Status: | zie afzonderlijke modellen |

SIMONA is een professionalisering van de simulatiemodellen uit de zestiger jaren en is sinds 1989 de standaard voor Rijkswaterstaat. Het instrumentarium omvat een groot aantal modellen en zorgt daarnaast voor de data structuur en data uitwisseling tussen de afzonderlijke modellen. Het wordt op een operationele basis gebruikt bij het beheer van vele Rijkswateren.

SIMONA is een acroniem voor SIMulatie MOdellen NAtte Waterstaat. Voor het beheer en het beleid kan Rijkswaterstaat niet zonder betrouwbare simulatie modellen. Het SIMONA modelinstrumentarium van Rijkswaterstaat wordt gebruikt voor het berekenen van fysische verschijnselen in het water: e.g. om waterstanden te voorspellen, maar ook om zoutgehaltes, korte golven, (slib)transport en andere fenomenen in water te beschrijven. De volgende specifieke modellen zijn in SIMONA aanwezig:

- WAQUA (2D hydrodynamica);
- TRIWAQ (3D hydrodynamica);
- SIMPAR (2D deeltjes model);
- SLIB3D (3D verspreiding van slib - nog niet formeel onder SIMONA).

De modellen die nu in SIMONA zijn ondergebracht hebben hun oorsprong in de zestiger jaren, toen ze werden gebruikt voor onder andere het bepalen van sluitingsstrategieën bij de deltawerken. Het huidige SIMONA instrumentarium omvat een aantal rekenkernen en zorgt voor de data structuur en data uitwisseling tussen afzonderlijk modellen. Het wordt op operationele basis gebruikt bij onder andere de Westerschelde, de Oosterscheldekering, de Hydro-Meteo-Centra in Middelburg (HMCZ) en Rijnmond (HMR), en bij de Stormvloed Waarschuwingsdienst (SVSD). Voor deze laatste toepassing is SIMONA ondergebracht in de operationele cyclus van het KNMI, die 24 uur per dag draait. Daarnaast ondersteunt SIMONA de directie Zeeland en het IJsselmeergebied bij calamiteiten. Momenteel wordt SIMONA ingezet bij de Maaswerken, waar naar het beste alternatief wordt gezocht voor de loop van de Maas, maar ook voor andere projecten in het kader van Ruimte voor de Rivieren (RvR).

Met behulp van de data assimilatie 'tools' Kalman en WAQAD kunnen gemeten (in-situ) waarden gecombineerd worden met de berekende modelresultaten van WAQUA en TRIWAQ. Op basis van het verschil tussen berekende en werkelijk opgetreden waterstanden en stroomsnelheden kunnen modelparameters worden bijgesteld. Dit kan gebeuren tijdens de berekening (Kalman) of na afloop van een berekening (WAQAD)

waarna de berekening opnieuw gestart wordt. Een belangrijk toepassing van Kalman is de operationele stormvloedvoorspelling bij het KNMI, waarbij continu de voorspelling van WAQUA on-line wordt bijgesteld aan de hand van de meest recente meetinformatie.

Er zijn vele maatschappelijk belangrijke toepassingen, zoals het bepalen van een optimale getijpoort (de periode waarin schepen kunnen binnenvaren) voor het scheepsverkeer op de Nieuwe Waterweg, het bepalen van de maatgevende hoogwaterstanden (MHW's) voor de dijken aan de kust, het IJsselmeer en de rivieren, maar ook het bepalen van waterbewegingsgegevens voor het gebruik bij onder andere ecologische en morfologische vraagstukken en de consequenties van een eiland in de Noordzee. Rijkswaterstaat gebruikt SIMONA als een instrument bij het operationeel waterbeheer op nationaal niveau. De nadruk ligt daarbij op robuustheid en betrouwbaarheid.

Naast de interne gebruikers heeft SIMONA ook een aantal externe gebruikers als onderdeel van RWS-opdrachten in verband met advisering of toelevering van nieuwe onderdelen aan SIMONA.

De afzonderlijk modellen onder SIMONA worden in hoofdstukken 5-8 beschreven.

6.1.1 Contactpersonen

RIKZ:

| | | |
|------------------|-------------|--------------------------------------|
| Jaap Lander | 070-3114248 | j.w.m.lander@rikz.rws.minvenw.nl |
| Eric ten Cate | 070-3114436 | h.h.tcate@rikz.rws.minvenw.nl |
| Mustapha Elorche | 070-3114249 | m.elorche@rikz.rws.minvenw.nl |
| H. Hanzon | 070-3114286 | SIMONA Beheer & Onderhoudsteam (EDS) |

6.1.2 Achtergronddocumentatie

SIMONA, Programmer's Guide, Simona-report 90-09, version 2.5, April, 2000.

SIMONA-homepage: <http://www.venwnet.minvenw.nl/rws/rikz/projecten/simona>

7 WAQUA

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | twee-dimensionaal hydrodynamisch en transportmodel |
| Probleemveld: | waterstanden, waterbeweging, zout |
| Gebruikt voor: | rivieren, estuaria, zeeën |
| Status: | operationeel bij Hydro Meteo Centra |

Historie

Het 2-dimensionale waterbewegingsmodel WAQUA is in de jaren zestig en zeventig in de Verenigde Staten ontwikkeld door de Rand Corporation. In samenwerking met Rijkswaterstaat en het WL zijn in de zeventiger jaren WAQUA modeltoepassingen ontwikkeld voor de Noordzee en de Nederlandse estuaria. Later is in samenwerking met het WL | Delft Hydraulics een aangepaste versie ontwikkeld voor het Nederlandse rivierengebied. Het rekenhart van de rivierenversie (RIVCUR) heeft sinds het ontstaan nauwelijks veranderingen ondergaan. De meeste ontwikkelingen hingen samen met de aanpassing van de voor- en nabewerking van de invoergegevens en resultaten.

Status

WAQUA is een van de oudste en meest gebruikte rekenmodellen bij Rijkswaterstaat. Het generieke model WAQUA is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar instrument dat gebruikt kan worden voor advisering. Het modellsysteem WAQUA, met name in combinatie met BASELINE, wordt als een modellsysteem beschouwd dat volledig operationeel is. Wel blijft men dit modellsysteem verder operationaliseren door verbetering van met name de user-interface, de versnelling van het rekenhart en een koppeling met een 2-dimensionale morfologische module.

7.1 Generieke aspecten

Het 2-dimensionale hydrodynamische model WAQUA berekent waterstanden, waterstromingen en stoftransporten in open wateren. WAQUA werkt met dieptegemiddelde waterstromingen; er wordt verondersteld dat deze niet variëren over de diepte van de rivier, estuarium of zee die wordt gesimuleerd (dit is een 2-dimensionale benadering).

Het wordt door RIZA-Arnhem vooral gebruikt voor de berekening van ontwerpstudies (MHW) en beleidsanalytische studies. Hierbij wordt WAQUA naast het 1-dimensionale model SOBEK gebruikt, waarbij men afhankelijk van de vereiste rekensnelheid (morfologie en hoogwatervoorspelling) en benodigde detaillering (beleidsanalyse) of gewenste nauwkeurigheid besluit om SOBEK danwel WAQUA voor de berekeningen in te zetten.

RIKZ richt zich op de ontwikkeling van modellen voor de Noordzee, de kustgebieden en de estuaria. Vanwege de ruimtelijke aspecten is 2D-modellering met behulp van WAQUA (of

3D-modellering met behulp van TRIWAQ) noodzakelijk. Bij de modelkeuze speelt ook hier de vereiste rekensnelheid een belangrijke rol.

WAQUA beschouwt een studiegebied dat wordt gekarakteriseerd door een kromlijng, vierhoekig rooster van rekenpunten. Afstand van roosterpunten varieert voor de Nederlandse toepassingen globaal tussen de 3 en 100 meter voor rivieren gebieden en tussen de 30 meter en 16 km voor kust en zeegebieden. Aan de roostercellen wordt informatie gekoppeld over de hoogte en diepte van het onderliggende terrein (bathymetry) en de ruwheid daarvan. Middels een bodemmodule, een overlatenmodule en een bodemruwheidsmodule wordt deze informatie voor het hele rooster gegenereerd en vervolgens in het door WAQUA vereiste format geconverteerd met behulp van de GIS-georiënteerde selectie/conversie info-database BASELINE.

Bij RWS wordt de informatie uit de info-database in BASELINE als uitgangspunt genomen voor het opzetten van de gebiedsschematisaties en het aanleveren van randvoorwaarden en fysische kenmerken van het rekennetwerk voor zowel WAQUA als SOBEK. De voorbewerking verschilt hooguit daar waar aggregatie nodig is vanwege het onderscheid in het aantal beschouwde dimensies. Op deze wijze worden op een flexibele en eenduidige manier vrijwel volledig geautomatiseerd de meest recente (of juist historische) gegevens aan WAQUA toegeleverd. Naast RIZA-Arnhem gebruiken ook het WL, Hasko, waterschappen en dergelijke de BASELINE database in projecten. Waarschijnlijk wordt het gebruik van BASELINE in een later stadium ook door RIZA-Dordrecht doorgevoerd voor de beschouwing van water-, slib- en bodemkwaliteit. De inhoud van BASELINE wordt jaarlijks aangevuld voor wat betreft vergunningen en eventuele aanpassingen van de infrastructuur. Iedere 5 jaar vindt er in het kader van de MHW-cyclus een grote aanvulling plaats, waarbij de resultaten van meetcampagnes voor bijvoorbeeld vegetatie en bodemligging worden ingevoerd.

Belangrijke beperkende randvoorwaarde bij de toepassing van WAQUA op rivieren is nog steeds de rekentijdschaal in combinatie met de beschikbare rekenkracht/snelheid. Met name voor het doorrekenen van lange perioden, zoals bij de beschouwing van morfologische aspecten, is dit een belangrijke beperking. Toch is er al een verschuiving zichtbaar van 1-dimensionale beschouwingen (met bijvoorbeeld SOBEK) van waterbeweging en morfologie naar een 2-dimensionale beschouwing met onder andere WAQUA. Vroeger werd WAQUA alleen voor MHW aspecten gebruikt, maar nu ook al deels voor hoogwatervoorspellingen. Aan de andere kant blijft het de vraag of de grotere nauwkeurigheid van een hoogwaterberekening met het 2-dimensionale model WAQUA (ordegrootte 5 cm) en die met een 1-dimensionaal model zoals SOBEK of ZWENDL (ordegrootte 5 cm) opweegt tegen de grotere rekeninspanning, complexiteit en langere doorlooptijd. Op dit moment duurt een uitgebreide WAQUA berekening voor het Rijntakkenmodel van 5 kalenderdagen zelfs op een supercomputer nog bijna een dag.

In tegenstelling tot hoogwaterberekeningen is bij ontwerpstudies (zoals compensatie berekeningen) de grotere nauwkeurigheid wel degelijk een belangrijk punt: een verschil van één centimeter waterhoogte kan in de praktijk een aantal miljoenen guldens verschil maken.

Het gebruik van 1-dimensionale modellen voor een riviersysteem levert vrij betrouwbare resultaten op als het gaat om bijvoorbeeld de voorspelling van waterstanden. Dat komt omdat veel aandacht is besteed aan de inregeling (calibratie en verificatie) van het operationele modelsysteem. Als er echter ingrepen in het watersysteem zijn voorzien kan veelal niet meer worden vertrouwd op het desbetreffende 1-dimensionale modelsysteem en is er behoefte aan een 2-dimensionale beschouwing met WAQUA. Na de realisatie van een ingreep in bijvoorbeeld de infrastructuur kan het 1-dimensionale modelsysteem middels een uitgebreide meetcampagne weer afgeregeld worden op de nieuwe werkelijkheid, en kan het weer gebruikt worden voor operationele berekeningen.

Voor estuaria en zeeën worden de bestaande WAQUA-modellen steeds meer als 3-dimensionaal TRIWAQ-model toegepast, met name vanwege de gewenste nauwkeurigheid voor de modellering van stoftransport (waaronder zout). Belangrijke beperkende randvoorwaarde bij de toepassing van TRIWAQ is echter de relatie tussen een grotere detaillering en de daaruit volgende rekentijd in combinatie met de beschikbare rekenkracht/snelheid.

Het profiel van de WAQUA modelgebruiker wordt ingeschat op minimaal HBO-niveau, mede gezien de vele valkuilen en blunders die zijn gesignaleerd. Werken met 2-dimensionale modellen is specialistenwerk. Daarnaast moet WAQUA als minder gebruikersvriendelijk worden aangemerkt dan sommige recenter ontwikkelde modelsystemen.

Het generieke modelinstrument WAQUA is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een instrument dat gebruikt kan worden voor advisering.

Kansen

Het model WAQUA wordt door RIZA-Arnhem nog niet in operationele zin gebruikt voor de nadere bestudering van morfologische aspecten. Hiervoor wordt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van het 1-dimensionale model SOBEK, omdat de 2-dimensionale modelmatige beschouwing van morfologische aspecten nog in ontwikkeling is.

Als reken capaciteit goedkoop en snel(ler) wordt, kan nog gedacht worden over het online beschikbaar stellen van gedetailleerde berekende stromingssituaties in de grote rivieren voor schippers en beheerders op basis van online gemeten omstandigheden en/of op basis van verwachtingen voor korte termijn.

Voor het beter kunnen afregelen (calibreren) van modellen voor hoogwaterberekeningen wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van nieuwe technieken zoals laser-altimetrie en remote sensing om modelparameters (met name ruwheden) in het winterbed en zomerbed te kwantificeren. Met behulp van data-assimilatie 'tools' KALMAN en geadjungeerde modellering WAQAD kan op basis van gemeten waarden de bijstelling van modelparameters bepaald worden.

Het gebruik van deze nieuwe technieken biedt ook goede perspectieven voor het optimaliseren van de meetinspanning. Grootste besparingen liggen echter op het vlak van metingen ten behoeve van de bepaling van model-systeemp parameters. De nauwkeurigheid

van de bovenrandse afvoer van de modelsystemen is waarschijnlijk de grootste bron van onzekerheid in de verkregen modelresultaten - uitbreiding van het modelgebied is dan bijna de enige toepasbare optie.

7.2 Toepassingen

Over het algemeen is WAQUA geschikt voor berekening van waterstanden en stromingen in rivieren, meren, estuaria en zeeën.

Voor wat betreft de rivier toepassingen, worden door RIZA-Arnhem momenteel toepassingen van WAQUA voor de Rijn en de Maas afgeregeld (gecalibreerd), waarbij vanuit BASELINE automatisch de schematisatie wordt gemaakt en randvoorwaarden en fysische kenmerken van het gebied worden toegeleverd. Daarnaast zijn er operationele modelsystemen (in het kader van de MER) voor Grensmaas en Zandmaas opgezet.

Binnen het Nautilus project is WAQUA de basis van een informatie-instrumentarium, waarbij een model van de Voordelta, het Rijnmondgebied en het Noordelijk Deltabekkengebied wordt ontwikkeld (RIJMAMO). Directie Zuid Holland heeft behoefte aan dit model om beter inzicht te krijgen in het gedrag van het watersysteem en de invloed van mogelijke aanpassingen in het gebied, zoals het doorsteken van de Beerdam, aanleg van de tweede Maasvlakte, en mogelijk een wijziging in het beheer van de Haringvlietsluizen en de gevolgen t.a.v. zoutindringing. Binnen Nautilus wordt een instrumentarium gemaakt voor de bepaling van het reductieniveau bij beheerslodingen. Daarnaast wordt Nautilus gebruikt voor:

- nautisch en technisch vaargeulbeheer;
- analyse van stroming in de Euro-Maasgeul en de IJgeul;
- status- en voorspellingssysteem voor de Nederlandse kustwateren, waarbij de actuele en verwachte informatie over stroomsnelheden, waterstanden, stormvloeden en saliniteit worden berekend;
- voorspelling van stormvloed - ten behoeve van het beheer van de Oosterschelde-kering.

Voor de verschillende estuaria in Zeeland zijn WAQUA-modellen operationeel; zo wordt voor onderzoek en advisering met betrekking tot de Westerschelde het SCALWEST model gebruikt (bijvoorbeeld verdieping vaargeul, vaste oeververbinding). Ook voor de Waddenzee en de Eems-Dollard zijn gedetailleerde schematisaties (rekenroosters) beschikbaar.

Een reeks van steeds gedetailleerdere Noordzee modellen worden gebruikt, onder meer voor de generatie van randvoorwaarden voor meer gedetailleerde modellen van de zuidelijke Noordzee, de kuststrook en de estuaria. Bij het KNMI is het Continental Shelf Model (CSM) - een WAQUA modeltoepassing - onderdeel van het operationele systeem voor de voorspelling van stormvloeden. Het geadjungeerde systeem WAQAD is gebruikt bij de afregeling van het CSM-model en data-assimilatie met betrekking tot KALMAN is een belangrijk onderdeel voor verbetering van operationele voorspellingen.

Het gebruik van WAQUA is niet beperkt tot de hydrodynamica; stoftransport (waaronder zout) is een belangrijke toepassing evenals de toelevering van gegevens aan andere modellen (bijvoorbeeld slibtransport, calamiteitenmodellen).

7.3 Invoer en resultaten

Gegevens

Voor de beschouwing van de hydrodynamica is een aantal invoergegevens nodig, zoals randvoorwaarden (waterstanden en bovenafvoer), beginvoorwaarden, systeemkenmerken en modelparameters. Belangrijke systeemkenmerken zijn (voor ieder beschouwd onderdeel van de 2-dimensionaal geschematiseerde rivier) de geometrie, aanwezige overlaten, kunstwerken en dergelijke. Belangrijkste parameter is de bodemruwheid.

Voor informatie over ruwheden is bijzonder moeilijk te verkrijgen, meestal door vertaling van vegetatie-informatie en derhalve relatief duur. Daarbij kan eenvoudig rekening worden gehouden met de verschillen in ruwheden van het winterbed en het zomerbed. In vergelijking daarmee is de informatie over geometrie, overlaten en kunstwerken iets gemakkelijker en goedkoper te verkrijgen. Geringe kennis over de weerstanden, incorrecte informatie over de hoogtes van zomerkades en de onzekerheid in de schatting van de bovenafvoer worden gezien als de belangrijkste foutenbronnen.

Calibratie van het modelsysteem voor wat betreft de hydrodynamica vindt plaats op basis van de gemeten en berekende waterstand op de MSW-meetstations, vaak nog aangevuld met een specifieke meetcampagne op aanvullende punten in het riviersysteem. De objectieve maat voor de nauwkeurigheid van de berekeningen is meestal de standaard deviatie van de waterstanden berekend en gemeten op de MSW-meetstations. Calibratie op alleen de waterstand levert meestal een onvoldoend nauwkeurige modeltoepassing op. In principe zijn de resultaten gemakkelijk te valideren. Veel moeilijker en omvangrijker is het valideren van de invoergegevens. Er worden wat pogingen gedaan om wat meer dan in het verleden automatisch te calibreren en te valideren.

Calibratie van de operationele modelsystemen voor Rijn en Maas wordt éénmaal per 5 jaar uitgevoerd, overeenkomend met de cyclus waarmee BASELINE wordt aangepast. Daarbij worden de bodemliggings-gegevens van 1995 als de betrouwbaarste beschouwd en derhalve als uitgangspunt genomen. Middels remote sensing en in toenemende mate laser-altimetrie wordt informatie ten behoeve van modelparameters verzameld, met name voor de ruwheden van het zomer en winterbed van de rivier. De gegevens van 1993, 1998 en andere jaren worden voor de validatie van het operationele modelsysteem gebruikt. De nauwkeurigheid van de gegevens voor de bovenstroomse rand van met name hoogwatervoorspellingssystemen is cruciaal. Door een aantal meetdiensten worden periodiek zowel waterstandsmetingen als debietmetingen (ADCP), aangevuld met stroombeeldmetingen uitgevoerd.

Kosten

De kosten voor operationele modelsystemen zijn met name hoog door het verzamelen en actueel houden van het informatiesysteem waarop de modeltoepassing wordt gebaseerd. Ook al wordt de info-database BASELINE ook voor andere doelen dan operationele

modelsystemen gebruikt, het is de praktijk een heel dure maar noodzakelijke aangelegenheid. Met name de jaarlijkse en 5-jaarlijkse (MHW) cyclus waarop actualisatie plaatsvindt betekent een continue investering. Daarbij wordt bijvoorbeeld ook de ecotopenkaart gebruikt. In de toekomst hoopt men door invoering van nieuwe technieken zoals laser-altimetrie tot een kostenbesparing op dit vlak te komen. De uitgaven voor BASELINE worden geschat op een ruwe miljoen gulden per jaar, waarvan men ordegrrootte 250.000 gulden aan de operationele modelsystemen zoals WAQUA mag toerekenen.

Daarnaast zijn er nog specifieke metingen nodig voor het afregelen van de afvoerberekeningen, waarvoor onder andere speciale doppler-metingen worden uitgevoerd. Geschat wordt dat er jaarlijks in totaal voor ordegrrootte 250.000 gulden aan aanvullende metingen plaatsvinden.

De kosten die gemaakt worden voor het (blijven) ontwikkelen en onderhouden van de WAQUA programmatuur, de helpdesk en gerelateerde zaken zijn bij de interviews niet beschouwd.

7.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

7.4.1 Contactpersonen

RIKZ:

| | | |
|----------------------|-------------|-------------------------------------|
| Krystyna Robaczewska | 070-3114204 | k.b.robaczewska@rikz.rws.minvenw.nl |
| Eric ten Cate | 070-3114436 | h.h.tcate@rikz.rws.minvenw.nl |
| Jaap Lander | 070-3114248 | |
| Martin Verlaan | 070-3114244 | |
| Mark Philippart | 070-3114203 | |
| Mustapha Elorche | 070-3114249 | m.elorche@rikz.rws.minvenw.nl |

RIZA:

| | | |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| Emiel van Velzen | 026-3688573 | e.vvelzen@riza.rws.minvenw.nl |
| Martin Scholten | 026-3688595 | m.scholten@riza.rws.minvenw.nl |

7.4.2 Achtergronddocumentatie

[1] Vreugdenhil, C.B., '*Computational Hydraulics, an introduction*', 1989, Springer Verlag, Berlin

[2] Vreugdenhil, C.B., '*Numerical methods for shallow water flow*', Water Science and Technology Library, Vol. 13, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

[3] Stelling, G.S. - *On the construction of computational methods for shallow water flow problems*, Ph.D.Thesis, Rijkswaterstaat communications no. 35, Rijkswaterstaat.

[4] '*User's guide WAQUA*', 1992, Simona-rapport no 92-10, Rijkswaterstaat/ICIM B.V., Den Haag.

[5] '*Technical Documentation WAQUA*', version 1.0, October '98, SIMONA-rapport 98-01.

[6] '*Users's guide Kalman filtering*', html-documentatie,
niet beschikbaar als rapport, contact persoon: M.Verlaan, RIKZ, Den Haag.

[7] '*Users's guide of the WAQAD calibration package*', html-documentation,
niet beschikbaar als rapport, contact persoon: M.Verlaan, RIKZ, Den Haag.

[8] Model Documentatie,

[9] '*Technical documentation of WAQAD calibration package*', html-documentation,
niet beschikbaar als rapport, contactpersoon: M.Verlaan, RIKZ, Den Haag.

[10] Users's guide for several tools, html-documentation,
niet beschikbaar als rapport, contactpersoon: M.Verlaan, RIKZ, Den Haag.

8 TRIWAQ

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | drie-dimensionaal hydrodynamisch en transportmodel |
| Probleemveld: | waterbeweging, waterstanden, zout |
| Gebruikt voor: | estuaria en zeeën |
| Status: | operationeel inzetbaar |

Historie

De ontwikkeling van het 3-dimensionale waterbeweging- en stoftransportmodel TRIWAQ bij RWS is halverwege de jaren 80 gestart op basis van WAQUA en de ervaringen en ideeën opgedaan in samenwerking met WL | Delft Hydraulics met een (expliciete) versie afkomstig van de Rand Corporation. Begin 90-er jaren is TRIWAQ opgenomen in het SIMONA instrumentarium. De ontwikkelingen van TRIWAQ en die van de WL-equivalent Delft3D-FLOW zijn sterk gerelateerd. In het kader van de OMS-samenwerking zullen deze modellen geïntegreerd worden.

Status

TRIWAQ wordt door specialisten en door gebruikers bij RWS geaccepteerd als een betrouwbaar operationeel instrument dat gebruikt kan worden voor onderzoek en advisering ten aanzien van problemen met duidelijke 3-dimensionale aspecten.

8.1 Generieke aspecten

Het 3-dimensionale hydrodynamische model TRIWAQ berekent waterstanden en waterstromingen in open wateren. In TRIWAQ kunnen waterstromingen wel variëren over de diepte van het water. Dit is een 3-dimensionale benadering. TRIWAQ zal over het algemeen het fysisch gedrag van een watersysteem nauwkeuriger benaderen dan WAQUA doet, dit echter ten koste van een grotere rekentijd en geheugenbeslag van de computer.

Voor veel, maar niet alle toepassingen, blijkt dat de benadering die in WAQUA wordt gehanteerd voldoende nauwkeurige resultaten oplevert. TRIWAQ wordt met name gebruikt voor modellering van watersystemen met grote verticale dichtheidsverschillen, zoals de Nederlandse kust waar zoet water van de Nieuwe Waterweg uitstroomt en randzeeën waar 3D-circulaties een grote rol spelen.

Kansen

Bij de WAQUA 2D-modeltoepassingen lag de nadruk op de hydrodynamica voor wat betreft de benodigde meetgegevens voor definitie, validatie en verificatie van de modeltoepassingen. Dit verschuift steeds meer naar stoftransport en 3D-modellering zodat er andere eisen gesteld gaan worden voor wat betreft de mate van detail voor de hydrodynamica maar ook voor wat betreft de te meten parameters (bijvoorbeeld turbulentiegrad). Ook zullen voldoende gegevens beschikbaar moeten zijn over diverse transportparameters waaronder de concentraties aan zout en slib.

8.2 Toepassingen

Bestaande WAQUA-modellen kunnen eenvoudig als 3-dimensionaal TRIWAQ-model worden toegepast door aanvulling van de modelinvoer. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid is met name de detaillering in de verticaal noodzakelijk voor een goede modellering van stoftransport (waaronder zout). Dit betekent dat modeltoepassingen, genoemd onder WAQUA, veelal ook betrekking hebben op TRIWAQ. Voor wat betreft de hydrodynamica is de modellering van het verticale stromingsprofiel van belang voor onder meer de scheepvaart. Voor wat betreft het stoftransport gaat de interesse onder andere uit naar (zout/zoet) stratificatie en bodemtransport (met name slib).

8.3 Invoer en resultaten

Voor TRIWAQ zijn zowel de invoer van modelgegevens als de uitvoer en verwerking van modelresultaten sterk geïntegreerd met die voor WAQUA. Enkel die informatie die een duidelijk 3-dimensionaal karakter heeft zal extra door de gebruiker moeten worden toegevoegd aan de modelinvoer voor WAQUA. Voor de aanlevering van gegevens en verwerking van resultaten kunnen dezelfde tools als die voor WAQUA gebruikt worden. De koppeling met GIS-gegevens is middels BASELINE voor wat betreft invoer en door middel van het koppelingsprogramma SIMGIS beschikbaar.

8.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

8.4.1 Contactpersonen

RIKZ:

Krystyna Robaczewska 070-3114204 k.b.robaczewska@rikz.rws.minvenw.nl
Jaap Lander 070-3114248

8.4.2 Achtergronddocumentatie

‘*TRIWAQ – three-dimensional shallow waterflow model, Technical documentation*’, versie 1.1, juni 1999, SIMONA rapport nummer 99-01

9 SIMPAR

| | |
|-----------------------|---|
| Type model: | twee-dimensionaal deeltjesverspreidingsmodel |
| Probleemveld: | verspreiding van lozingen middels simulatie door deeltjes |
| Gebruikt voor: | rivieren, estuaria, meren en zeeën |
| Status: | operationeel bij Hydro Meteo Centrum Zeeland |

Historie

SIMPAR is een deeltjesmodel ('particles') voor de berekening van stoftransport, op basis van een (meestal door WAQUA) berekende waterbeweging. De mogelijkheid om deeltjes te modelleren was vóór 1990 een optie binnen het hydrodynamische model WAQUA. Toen WAQUA ondergebracht werd onder de paraplu van SIMONA, zijn alleen de hydrodynamische aspecten behouden. Voor het modelleren van deeltjes werd een apart model gemaakt, dat toen niet onderhouden werd door SIMONA. In de jaren 90 is, in opdracht van Directie Zeeland en Directie IJsselmeer, het deeltjesmodel operationeel gemaakt en onder SIMONA gebracht onder de naam SIMPAR.

Status

SIMPAR is een model uit het modelinstrumentarium SIMONA. Het is operationeel in gebruik bij het Hydro-Meteo Centrum Zeeland (HMCZ) voor modellering van calamiteiten in de Westerschelde, Oosterschelde en Voordelta. Daarnaast is het gebruikt binnen de groep Toegepast Onderzoek Water (TOW) bij Directie Zeeland voor onderzoeks- en beleidsvragen. In de nabije toekomst wordt SIMPAR operationeel gebruikt bij Directie IJsselmeer voor de modellering van calamiteiten op het IJsselmeer. Bij RIKZ is SIMPAR in gebruik voor onderzoeks- en beleidsvragen.

9.1 Generieke aspecten

SIMPAR is een model dat het transport van deeltjes in water simuleert. Deeltjes kunnen drijvend of opgelost zijn, als representant van drijvende of opgeloste stoffen (zoals olie of chemicaliën). Het volgen van deeltjes is vooral geschikt voor het modelleren van momentane lozingen (calamiteiten) van olie, chemicaliën, bacteriën, containers, gifzakjes of van andere voorwerpen en stoffen die overboord zijn geslagen of worden geloosd. SIMPAR is bij uitstek geschikt om sterk geconcentreerde verontreinigingen te volgen die vrijkomen bij calamiteiten zoals scheepsrampen en giflozingen.

Deeltjes worden losgelaten vanuit bronnen. Vanuit een bron kunnen meerdere deeltjes losgelaten worden. In een gebiedsschematisatie kunnen bronnen van lozingen op meerdere plaatsen gesimuleerd worden. Zowel een momentane lozing als een continue lozing van variabele omvang kan met SIMPAR gesimuleerd worden. Het model veronderstelt dat de geloosde stoffen conservatief zijn (geen afbraakprocessen). Opgeloste stoffen worden door advectie en dispersie getransporteerd, terwijl bij drijvende stoffen (zoals olie) daarnaast nog de dispersie van stoffen over het wateroppervlak door windinvloeden wordt beschouwd.

9.2 Toepassingen

Zeeland

Bij de Directie Zeeland is een SIMPAR-toepassing operationeel in het HMCZ sinds begin jaar 2000. Het HMCZ is 24 uur per dag operationeel, waarbij 6 mensen in 2 ploegen werken aangevuld met een 'pieperdienst'. De stafleden, modelspecialisten met een grote kennis van Westerschelde, Oosterschelde en de Voordelta, kunnen allen met SIMPAR (zoals het door HMCZ is opgezet) werken. Er is een eenvoudig te bedienen gebruikersinterface voor het invoeren van de benodigde informatie, en de koppeling met WAQUA (2-dimensionale berekeningen van de waterbeweging) is gestandaardiseerd.

Als er een calamiteit optreedt, wordt de laatste WAQUA berekening als de basis voor de berekeningen met SIMPAR gebruikt. De WAQUA berekening gebruikt de laatste wind en weersvoorspelling van het KNMI en doet een voorspelling voor de situatie in de komende 18 uur. SIMPAR is in het verleden gebruikt om het transport of de route van onder andere containers, olie, chemicaliën en drenkelingen te simuleren. Het model is ook in gebruik binnen de werkgroep TOW voor onderzoeks en adviesvragen. Enkele voorbeelden van recente toepassingen zijn:

- adviezen ten aanzien van slibverspreiding in de Voordelta en Westerschelde;
- analyse van de effecten van baggeren van (scheep)kanalen op het slibtransport;
- transportroute van salmonella-bacteriën in de Oosterschelde (mosselpercelen);
- dispersie van mosterd-gas afkomstig van oude munitie in Zeebrugge.

IJsselmeer

Bij Directie IJsselmeer wordt SIMPAR binnenkort (eind van het jaar 2000) operationeel gebruikt. Het model wordt waarschijnlijk bij het InfoCentrum Binnenwateren (RIZA) in Lelystad gehuisvest.

Door dit centrum wordt iedere nacht een WAQUA berekening voor het IJsselmeer gemaakt, op basis van de laatste voorspellingen van de wind (door het KNMI) en de afvoer van de rivier de IJssel. In het geval van een calamiteit wordt SIMPAR gedraaid met de meest recente WAQUA voorspellingen als invoergegeven.

Verwachte toepassingen van SIMPAR zijn voor het IJsselmeer gerelateerd aan potentiële ongelukken in het scheepvaartverkeer. Vele grote schepen bevaren het IJsselmeer geladen met olie, chemicaliën en andere stoffen. In geval van een ongeluk wordt SIMPAR gebruikt voor de berekening van zowel de meest waarschijnlijke baan die de lozing zal volgen als voor de verspreiding (dispersie) en concentratie van specifieke stoffen.

9.3 Invoer en resultaten

SIMPAR berekent geen waterbeweging en dient derhalve te worden voorzien van de resultaten van een hydrodynamische berekening. Op dit moment wordt een waterbeweging berekend met WAQUA als standaard invoer voor SIMPAR gebruikt. Overige invoer omvat:

- Soort lozing (opgelost of drijvend materiaal);
- Locatie van de lozing;
- Tijdstip van lozing;
- Duur van een lozing (momentaan of continu);
- Hoeveelheid geloosde stof;
- Windsterkte en windrichting (optioneel maar wel belangrijk voor drijvend materiaal).

Er zijn twee soorten resultaten als uitvoer van SIMPAR beschikbaar:

- 1) Het is mogelijk om het gehele deeltjesveld op een bepaald tijdstip weer te geven. Hiermee kan informatie over de mate van verspreiding van een lozing worden afgeleid.
- 2) Er is een optie aanwezig om een geselecteerd deeltje (of een aantal deeltjes) in de tijd te volgen. Hiermee wordt inzicht verkregen in het gedrag van het deeltje onder invloed van de stroming.

Een aantal aspecten in SIMPAR zijn nog in ontwikkeling:

- Extra processen zoals sedimentatie en afbraak van deeltjes (ter simulatie van de sedimentatie van slib en de afbraak van chemicaliën, BOD₅, bacteriën en dergelijke);
- Koppeling met TRIWAQ (3-D hydrodynamisch model);
- Mogelijkheid voor 'back-tracking' van een geloosde stof (waar komt het vandaan?);
- Actief transport van deeltjes (zoals 'zwemmende' vissenlarven);
- Mogelijkheden voor de conversie van de deeltjes-dichtheid naar concentraties.

9.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

9.4.1 Contactpersonen

| | | | |
|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|
| RIKZ: | Mustaphe Elorche | 070-3114249 | m.elorche@rikz.rws.minvenw.nl |
| RIKZ: | Johan de Kok | 070-3114310 | j.m.dekok@rikz.rws.minvenw.nl |
| Dir. Zeeland: | Leen Dekker, | 0118-686453 | |
| Dir. IJsselmeer: | Yede Bruinsma | 0320-297215 | y.bruinsma@rdij.rws.minvenv.nl |

9.4.2 Achtergronddocumentatie

RIKZ, 2000. Vooronderzoek: aanbeveling voor een Noordzee vislarven-transportmodel. Project VISLARF. Werkdocument RIKZ/OS-2000.119x. Drs M. de Graaf, 5 juni 2000.

RWS/EDS, 1999. Versie 10.5 van de gebruikershandleiding SIMONA/SIMPAR.

RWS. Gebruikershandleiding SIMPAR voor Operationele Gebruik bij HMZ.

DZ, 1999. Onderzoek munitiedump ter hoogte van Zierikzee. Memo Directie Zeeland, AXE, TOW, maart 1999.

DZ, 1998. Salmonella besmetting mosselen in de Oosterschelde. Memo Directie Zeeland, AXE, TOW, juni 1998.

DZ, 1998. Getij bepaling Paardenmarkt in verband met mosterdgas granaten. Memo Directie Zeeland, AXE, TOW, april 1998.

10 DELFT-3D

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | modelsuite van het Waterloopkundig Laboratorium met hydrodynamische, ecologische en morfologische modellen en voor berekening van waterkwaliteitsparameters. |
| Probleemveld: | waterbeweging, waterstanden, waterkwaliteit, ecologie, morfologie |
| Gebruikt voor: | rivieren, estuaria, kusten en zeeën |
| Status: | operationeel inzetbaar |

Historie

Het modelinstrumentarium Delft3D is ontwikkeld door WL | Delft Hydraulics voor haar adviespraktijk. Delft3D biedt functionaliteit voor waterbeweging, korte golven, waterkwaliteit, ecologie, sediment transport en morfologie en de verschillende interacties. Onder Delft3D vallen de volgende specifieke modellen:

- Delft3D-FLOW (2-D en 3-D hydrodynamica);
- Delft3D-WAVE (golven);
- Delft3D-MOR (morfologie);
- Delft3D-SED (slibtransport);
- Delft3D-PART (deeltjesmodel);
- Delft3D-WAQ (waterkwaliteit);
- Delft3D-ECO (ecologie/algen);
- Delft3D-CHEM (chemie).

Delft3D is een geïntegreerd modellensysteem, dat is samengesteld uit verschillende modellen die door verschillende disciplines separaat binnen (en buiten) WL waren ontwikkeld. Het is nu één van de belangrijkste modelsystemen die in de wereld worden gebruikt.

Enkele modules binnen Delft3D zijn sterk gerelateerd aan modules binnen SIMONA. Zo zijn er overeenkomsten in functionaliteit tussen Delft3D-FLOW en WAQUA/TRIWAQ, maar ook tussen Delft3D-PART en SIMPAR. In het kader van de OMS-samenwerking zullen de modules uit Delft3D en SIMONA geïntegreerd worden.

Status

Het Delft3D instrumentarium is een volledig operationeel software pakket en wordt gebruikt door zowel consultants, research instituten als overheden in binnen en buitenland. Buiten Nederland is Delft3D geïnstalleerd bij meer dan honderd consultants, overheden en universiteiten. Delft3D wordt ingezet in onderzoeks- en adviesprojecten voor meren, rivieren, estuaria, kusten en zeeën. Enige voorbeelden van projecten zijn de analyse van gevolgen van landaanwinnings-projecten in Hong Kong (waaronder de aanleg van de inmiddels aangelegde en geopende luchthaven), advies voor de verbetering van de waterkwaliteit in Lake Malawi en Lake Victoria in Afrika, het bepalen van de

morfologische ontwikkeling van de Nederlandse kust en het gebruik van Delft3D in operationele typhoon-waarschuwingssystemen in India en Vietnam.

Delft3D sluit voor de benodigde modelgegevens aan op diverse gegevensbronnen, waaronder die uit GIS systemen (binnenkort ook BASELINE). Ook is het mogelijk modelresultaten te exporteren voor nabewerking (onder andere naar GIS-systemen). Uiteraard blijft men dit modelsysteem verder operationaliseren door verbetering, aanvulling, onderhoud, gebruikersondersteuning en training.

10.1 Generieke aspecten

De hydrodynamische module, Delft3D-FLOW, is simulatieprogramma waarmee 2- en 3-dimensionale niet-stationaire stromings- en transportverschijnselen ten gevolge van getij of meteo berekend kunnen worden op een kromlijng rooster dat aansluit op de geometrie van het bestudeerde gebied. Bij 3-D simulaties wordt gebruik gemaakt van zogenaamde sigma-transformatie in de verticaal voor een gladde weergave van de bodemtopografie (en een efficiëntere berekening). Deze aanpak is ook binnen TRIWAQ de meest gangbare.

In de golfmodule Delft3D-WAVE is zowel de tweede-generatie van het HISWA golfmodel als zijn opvolger opgenomen, het golvenmodel SWAN.

De deeltjesmodule Delft3D-PART is een 3-dimensionaal near-field waterkwaliteitsmodel. Het berekent een dynamische concentratie verdeling door de route van duizenden deeltjes in de tijd te volgen. Dit model is geschikt voor een gedetailleerde beschrijving van concentratie verdelingen van instantane of continue lozingen van zout, olie, warmte of andere conservatieve stoffen, eventueel inclusief eenvoudige afbraakprocessen.

Binnen Delft3D-WAQ wordt de generieke waterkwaliteitsmodule DELWAQ gekoppeld aan de waterbeweging uit Delft3D-FLOW. Voor opmerkingen over de waterkwaliteitsaspecten wordt verwezen naar het hoofdstuk over DELWAQ. Binnen Delft3D beschikt deze waterkwaliteitsmodule over een eigen user-interface (schil). Onderdelen uit de processenbibliotheek zijn beschikbaar als aparte modules:

- Delft3D-SED (voor modellering van slib transport, sedimentatie en resuspensie)
- Delft3D-ECO (voor ecologische en algen modellering)
- Delft3D-CHEM (voor modellering chemische processen)

De waterkwaliteitsmodule Delft3D-WAQ modelleert onder meer algen (beschrijving middels Monod kinetiek) en is een onderdeel van de processenbibliotheek van DELWAQ. De Delft3D-ECO module bevat het uitgebreidere algenmodel BLOOM-II dat gebaseerd is op optimalisatietechnieken.

De chemische module, Delft3D-CHEM is als onderdeel van de waterkwaliteitsmodule Delft3D-WAQ gekoppeld aan het chemisch-evenwichtsmodel CHARON. CHARON berekent de verdeling van elementen over een voorgedefinieerde set van chemische componenten op basis van massabehoud en minimalisatie van Gibbs-free-energy. Delft3D-CHEM combineert dus waterkwaliteit en gecompliceerde chemische reacties in één model.

De sediment transport module, Delft3D-SED, kan worden toegepast voor het modelleren van transport van cohesief en niet-cohesief sediment, bijvoorbeeld voor het bestuderen van de verspreiding van gebaggerd materiaal, van sedimentatie/erosie patronen of voor waterkwaliteits en ecologische studies waar sediment een dominante rol speelt. Het is een onderdeel van de waterkwaliteitsmodule omdat alle sediment transportprocessen daarin zijn ondergebracht.

De morfologische module Delft3D-MOR integreert de effecten van golven, stromingen, sediment transport ten behoeve van bijvoorbeeld de modellering van morfologische ontwikkelingen, gerelateerd aan verschillende sediment soorten. Het is ontworpen om het morfodynamische gedrag van rivieren, estuaria en kusten op een tijdschaal van dagen tot jaren te kunnen modelleren.

Het profiel van de Delft3D modelgebruiker wordt ingeschat op minimaal HBO-niveau met kennis van het betreffende toepassingsgebied, mede gezien de vele valkuilen en blunders die zijn gesignaleerd (zie het Handboek voor GMP - 'Good Modelling Practice'). Wanneer onderdelen zijn ingebed in operationele modelsystemen die worden gebruikt voor een specifiek gebied en voor een specifieke standaardsituatie kan hier wellicht deels van worden afgeweken. Werken met 2 en 3-dimensionale modellen blijft specialistenwerk, mede omdat bij dit soort modellen inzicht vereist is in welke fysische eigenschappen van belang zijn en dus gemodelleerd moeten worden. Daarnaast verhoogt de integratie van de verschillende deelmodellen door de onderlinge interactie de complexiteit van het totale modelsysteem.

Voor sommige operationele toepassingen (bijvoorbeeld voor een specifiek beheersgebied) worden door specialisten de modellen ontwikkeld om een goede toepassing door minder bekwame modelgebruikers mogelijk te maken. Voor andere modeltoepassingen (zoals de operationele typhoon-waarschuwingssystemen in India en Vietnam) is een eenvoudiger te bedienen eigen user-interface (schil) ontworpen en gebouwd.

Kansen

Delft3D wordt steeds vaker ook in operationele zin gebruikt bij ingenieursbureaus en onderzoeksinstellingen voor onderzoeks- en adviesprojecten en bij overheidsinstellingen bij het beheer van oppervlakte wateren.

Voor het beter kunnen afregelen (calibreren) van modellen zal in toenemende mate gebruik gemaakt gaan worden van nieuwe technieken om uit meetgegevens modelparameters af te leiden en te kwantificeren. Met behulp van data-assimilatie tools en geadjungeerde modellering kunnen op basis van gemeten waarden modelparameters bijgesteld worden.

De nadruk bij het gebruik van meetgegevens voor definitie, validatie en verificatie van modellen verschuift steeds meer van hydrodynamica naar stoftransport. Dat betekent enerzijds dat er voor de hydrodynamica andere eisen gesteld gaan worden voor wat betreft de mate van detail maar ook voor wat betreft de te meten parameters (bijvoorbeeld de turbulentiegraad), en anderzijds dat er voldoende gegevens beschikbaar moeten zijn met betrekking tot diverse transportparameters waaronder concentraties. Omdat deelsystemen

van Delft3D steeds vaker onderdeel worden van operationele (voorspellings- en ‘Decision Support’) systemen, wordt de koppeling met on-line meetinformatie steeds belangrijker.

10.2 Toepassingen

Een selectie van door de Nederlandse Rijksoverheid gefinancierde WL-projecten waarbij Delft3D is gebruikt is opgenomen in bijlage 4.

10.3 Invoer en resultaten

Modelsysteem zoals Delft3D kunnen onderverdeeld worden in een preprocessing-, processing-, postprocessing deel voor elk van de hiervoor beschreven procesmodules. Iedere procesmodule vereist zijn eigen invoergegevens die via een Grafische User Interface door de gebruiker gespecificeerd kunnen worden en voor een praktische toepassing vrijwel altijd afkomstig zijn uit meetgegevens. Onderscheid kan gemaakt worden in invoergegevens met betrekking tot de modelgeometrie (met bijbehorend rooster), beginvoorwaarden, randvoorwaarden, systeemkenmerken, modelparameters en dergelijke. Deze invoergegevens kunnen aangeleverd worden vanuit speciale programma's (respectievelijk RGFGRID, QUICKIN, DIDO en GETIJSYS). Voor postprocessing is het GPP programma beschikbaar.

Omdat hydrodynamica aan de basis staat van andere processen vervult de module Delft3D-FLOW een centrale rol. Voor de opzet van een hydrodynamisch model worden de volgende onderdelen binnen Delft3D gebruikt:

- RGFGRID is een programma voor het genereren van een orthogonaal, kromlijniig rooster met variërende roosterafstanden dat gebruikt wordt binnen (onder meer) de hydrodynamische module Delft3D-FLOW. De grid-generator bevat een grafische user interface en een orthogonalisatie module, ten behoeve van een eenvoudige controle van het grid-generatie proces;
- Het programma QUICKIN kan gebruikt worden voor het creëren, visualiseren of modificeren van grid gebaseerde gegevens voor de verschillende modules binnen Delft3D zoals bodemschematisaties en initiële concentraties;
- Het programma GETIJSYS wordt gebruikt voor onder meer harmonische of Fourier-analyse van getijde-gegevens ten behoeve van een getijvoorspelling of als randvoorwaarden voor FLOW.

Het grid-aggregatie programma DIDO verzorgt een koppeling van de hydrodynamica naar de waterkwaliteitsmodule (DELWAQ). Het biedt de mogelijkheid het rooster en de rekenresultaten uit de hydrodynamica (massa behoudend) te vertalen naar een grover, onregelmatig rooster voor gebruik in DELWAQ. Ook voor de koppeling tussen WAQUA, TRIWAQ en DELWAQ wordt DIDO gebruikt. Voor ecologische modellering met grote aantallen modelvariabelen heeft een grove schematisatie de voorkeur.

Voor postprocessing verzorgt GPP de (1D en 2D) visualisatie van zowel meetgegevens als berekeningsresultaten uit de verschillende Delft3D modules vanuit verschillende type datafiles maar ook de export naar externe software pakketten.

Wanneer Delft3D deelsystemen worden gebruikt in operationele beheer- of voorspelsystemen (zoals FLOW in typhoon-waarschuwingssystemen) wordt een aparte user-interface (schil) gebruikt voor de toelevering van (delen van de) modelinvoergegevens en voor verwerking van de berekeningsresultaten.

Vanwege het toenemende gebruik van GIS voor zowel voor- als nabewerking van (meet)gegevens en berekeningsresultaten worden GIS-toepassingen ontwikkeld die modelgegevens direct kunnen verwerken. Een belangrijke GIS-toepassing in dit verband is het BASELINE instrumentarium.

Kosten

De kosten voor operationele modelsystemen zijn met name hoog door het verzamelen en actueel houden van het informatiesysteem waarop het modelsysteem wordt gebaseerd. Het verzamelen en beheren van de basisgegevens die noodzakelijk zijn voor de validatie en verificatie van modellen is de praktijk een heel dure maar noodzakelijke aangelegenheid. Het is dus van belang dat meerdere type modellen gebruik kunnen maken van een gemeenschappelijke info-database zoals BASELINE en dat deze ook voor andere doelen kan worden gebruikt. Kosten die gemaakt worden voor het (blijven) ontwikkelen en onderhouden van de Delft3D programmatuur, de helpdesk en gerelateerde zaken zijn bij de interviews niet beschouwd.

10.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

10.4.1 Contactpersonen

WL | Delft Hydraulics: Gerrit Verboom, product manager Delft3D, 015-2858787;
Gerrit.Verboom@wldelft.nl

DELFT3D Helpdesk: delft3d.support@wldelft.nl of 015-2858555

DELFT3D Informatie: delft3d.info@wldelft.nl

DELFT3D Homepage: www.wldelft.nl/soft/d3d/

DELFT3D Nieuwsbrief: 3x per jaar, of via www.wldelft.nl/soft/d3d/

10.4.2 Achtergronddocumentatie

Delft3D User Manuals (FLOW, WAQ, PART, WAVE, MOR);

Delft3D Functional Specifications;

Delft3D Project Descriptions (selectie - zie ook voor Nederlandse projecten Bijlage 4);

Delft3D Verification Documents (selectie).

II DELWAQ

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | 1, 2 of 3-dimensionaal model voor het transport van opgeloste en gesuspendeerde stoffen en chemische processen |
| Probleemveld: | waterkwaliteit |
| Gebruikt voor: | alle typen zout en zoet water inclusief grondwater en rioolstelsels |
| Status: | volledig operationeel (als onderdeel van SOBEK, Delft3D, etc.) |
| Status: | nog niet operationeel in gebruik (als module voor modeltoepassing) |

Historie

DELWAQ is een waterkwaliteits modelinstrumentarium met een grote hoeveelheid mogelijkheden en opties voor een eenvoudig gebruik in uiteenlopende situaties en toepassingen. DELWAQ beschouwt alleen de waterkwaliteit, hetgeen betekent dat de informatie over de waterbeweging als invoergegeven moet worden aangeleverd. Meestal wordt een koppelingsprogramma (zoals bijvoorbeeld DIDO en COUPLE) gebruikt voor het snel aankoppelen van (met een model) berekende waterbewegings-informatie.

Op dit moment is DELWAQ beschikbaar in twee configuraties. De eerste vorm is als onderdeel van een veelomvattender modelinstrumentarium zoals SOBEK en Delft3D (zie de beschrijving elders in dit rapport). De tweede vorm is als 'stand-alone' model, waarbij de gebruiker zelf kan bepalen hoe met andere modellen (zoals waterbeweging) gekoppeld wordt. In beide gevallen kan men DELWAQ beter beschouwen als een gereedschapskist voor het opzetten van een model dat ook de waterkwaliteit beschouwd dan als een kant-en-klaar waterkwaliteitsmodel. Bij de eerste vorm is de koppeling met een waterbewegingsmodel en andere modulen al ingebouwd en kan de gebruikers middels een 'Grafische Users Interface' ofwel 'schil' een complete berekening opzetten middels specificatie van de gewenste opties en het toeleveren van de vereiste randvoorwaarden, beginvoorwaarden en parameters.

Met name met de 'stand-alone' versie van DELWAQ kan een minder kundige gebruiker door de grote vrijheid en mogelijkheden van DELWAQ een modeltoepassing formuleren die het toepassingsgebied en/of mogelijkheden van DELWAQ te buiten gaat. Gebruik van DELWAQ in operationele modelinstrumentaria ondervangt dit gevaar voor een deel. De gebruiker blijft altijd zelf verantwoordelijk voor een correct gebruik van een model en voor de conclusies die uit de modeltoepassing worden afgeleid.

Het transport van stoffen wordt door DELWAQ beschreven middels de zogeheten 'diffusie-advectie' (differentiaal)vergelijking. Het model kan deze vergelijking op een groot aantal manieren oplossen, waarbij de keuze wordt bepaald door de gebruiker op basis van de aard van het probleem en het probleemgebied. Het is dan ook wenselijk dat de gebruiker deze basisprincipes kent. DELWAQ berekent geen waterbeweging. Er zijn koppelingsroutines beschikbaar voor modellen als SOBEK, ZWENDL, DISTRO (2DV), WAQUA (2DH) en TRISULA (3D). De enige voorwaarde die de DELWAQ module stelt aan de toegeleverde waterbeweging is dat deze sluitend en massabehoudend is: de waterbalans moet kloppen.

De waterkwaliteitsprocessen waaruit DELWAQ kan putten zijn (modulair) opgenomen in de procesbibliotheek. De gebruiker kan hieruit de gewenste processen selecteren en de procesparameters instellen. Een uitgebreide help-faciliteit assisteert de ervaren gebruiker bij het instellen van de procesparameters (coëfficiënten). Een waardevolle modeltoepassing vereist echter een gedegen kennis van (waterkwaliteits)zaken.

Status

Het 1, 2 en 3-dimensionale model DELWAQ wordt op vele plaatsen als onderdeel in vele operationele modelsystemen toegepast. Vanwege de generieke eigenschappen is DELWAQ als module gekoppeld aan SOBEK (als module WQ) en Delft3D (als module WAQ) en aan WAQUA en TRIWAQ. Belangrijkste toepassingen vormen de analytische studies en de planvorming-projecten. De generieke waterkwaliteitsmodule DELWAQ is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar en operationele module die gebruikt kan worden voor advisering. Als onderdeel van operationele modelsystemen blijven er rond DELWAQ wensen met betrekking tot de flexibele aanpassing of specificatie van waterkwaliteitsprocessen. Uitbreiding van het aantal te beschouwen waterkwaliteitsparameters en waterkwaliteitsprocessen is een continue activiteit. Men blijft DELWAQ met name verder verbeteren, aanvullen en onderhouden in relatie tot de waterbewegingsmodules waaraan kan worden gekoppeld. Hiermee wordt DELWAQ meer en meer een module die gebruikt wordt als onderdeel van multi-disciplinaire operationele toepassingen. Trainings-modules en cursusmateriaal zijn beschikbaar.

11.1 Generieke aspecten

Het 1, 2 en 3-dimensionale module DELWAQ wordt vooral gebruikt voor de analyse van waterkwaliteitsaspecten en zogenaamde fractieberekeningen (ook wel bronberekeningen). De module moet worden voorzien van een door de gebruiker berekende of gedefinieerde waterbeweging. Afhankelijk van de dimensionaliteit van de waterkwaliteit en waterkwantiteit dienen gegevens geaggregeerd te worden alvorens DELWAQ daarmee aan de slag kan. De gebruiker dient zelf te bepalen of de dimensionaliteit van de waterkwaliteitsbeschouwing en de waterbeweging 'bij elkaar passen'.

De waterkwaliteit wordt in DELWAQ beschouwd op basis van een massabalans per segment (volume water). De voor iedere waterkwaliteitsparameter per segment opgestelde massabalans houdt rekening met uitwisseling naar alle omringende segmenten: mede daarom kan DELWAQ zowel als een 1, 2 als 3-dimensionaal model worden beschouwd. Dispersie-coëfficiënten kunnen in alle beschouwde richtingen (dimensies) apart worden gespecificeerd. Het gebruikersgemak wordt met name bepaald door de schil die vaak is geschreven voor het hydrodynamische model. De toepassingsmogelijkheden worden vrijwel uitsluitend bepaald door de waterkwaliteitsparameters (eigenlijk: variabelen) die in de aparte procesbibliotheek zijn opgenomen en het type en de inhoud van de procesbeschrijvingen voor waterkwaliteitsprocessen.

De beschouwde waterkwaliteitsveranderingen betreffen over het algemeen een tijdschaal van orde grootte weken of langer. Vaak is de beschouwde tijdschaal vergelijkbaar met de tijdschaal waarop de afvoer verandert. Als de tijdschaal van verandering kort is betreft het

meestal een calamiteit en worden alarmmodellen ingezet (zie hoofdstuk 10): voor een beschouwing van de stofconcentraties op die korte tijdschaal is DELWAQ niet toegerust.

Het profiel van de DELWAQ modelgebruiker wordt ingeschat op minimaal HBO-niveau, mede gezien de omvangrijke en specifieke proceskennis die in de procesbibliotheek voorhanden is. Met name het ontwikkelen en opzetten van een modeltoepassing voor een specifiek probleem of gebied vereist de inzet van specialisten. Voor het ‘in de lucht houden’ van een eerdere ontwikkelde operationele toepassing kan wellicht ook minder ervaren personeel worden ingezet. Werken met waterkwaliteits modeltoepassingen blijft specialistenwerk, vooral als voorspellingen nodig zijn voor omstandigheden die niet eerder in het projectgebied zijn opgetreden en waarvoor derhalve nooit calibratie gevolgd door validatie heeft kunnen plaatsvinden.

Voor de specialist kunnen de SOBEK-DELWAQ en Delft3D-WAQ modelsystemen als gebruikersvriendelijk worden beschouwd. Voor sommige operationele toepassingen (Maaslandkering in de Nieuwe Waterweg) zijn aparte interfaces (‘schillen’) ontwikkeld om de gebruikersvriendelijkheid te garanderen of om een goede toepassing door minder bekwame operators mogelijk te maken. De stand-alone versie van DELWAQ is operationeel maar is alleen beschikbaar voor specialisten. Het generieke modelinstrument DELWAQ is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar instrument dat gebruikt kan worden voor advisering.

Kansen

Beoogd wordt om in de processenbibliotheek van DELWAQ alle bekende waterkwaliteits processen van voorkomende stoffen op te nemen. Alhoewel de processenbibliotheek op dit moment al een zeer groot gedeelte van de voorkomende probleemvelden dekt, is er door WL | Delft Hydraulics samenwerking gezocht met HydroQual (New Jersey, USA) om de daar bekende en meest gebruikte procesformuleringen op te nemen in de procesbibliotheek.

11.2 Toepassingen

Een aantal toepassingen genoemd onder SOBEK komen hier terug omdat in veel gevallen DELWAQ wordt gebruikt als onderdeel (module) van SOBEK. Onderstaand een kleine greep uit de toepassingen van DELWAQ (zowel als module van generieke modelsystemen als stand-alone toepassingen):

- Rijn en Maasmodel (SOBEK-toepassing);
- Noordrandmodel NDB (ZWENDL-toepassing);
- REGMOD - Zuidrand (ZWENDL-toepassing);
- Nutriëntenmodel Hollandse IJssel (vergunningverlening);
- Friesland (SOBEK-toepassing);
- PAWN-model voor Nederland op basis van het Distributiemodel;
- GEM (zie hoofdstuk 10);
- ZEEBOS modelinstrumentarium voor analyse van eutrofiëring en toxische stoffen in de Noordzee/Nederlandse kustzone (rest-stroom berekent met WAQUA/TRIWAQ).
- Alle modeltoepassingen waarin zogenaamde ‘fracties’ (herkomst) worden bepaald.

11.3 Invoer en resultaten

Gegevens

De beschouwing van de waterkwaliteit met DELWAQ vereist gegevens over de waterbeweging (modelresultaat of meting) inclusief afvalwaterlozingen, terwijl daarnaast gegevens over de belastingen per beschouwde waterkwaliteitsvariable dienen te worden gespecificeerd. Specifieke informatie over de procescoëfficiënten voor de bij de analyse betrokken waterkwaliteitsprocessen zijn als 'default'-waarden in de meegeleverde procesbibliotheek beschikbaar, maar kunnen (en moeten vaak) door de modelgebruiker op basis van beschikbare kennis of aanvullende metingen worden aangepast aan de lokale omstandigheden in het projectgebied.

Een enorme hoeveelheid proceskennis is samengebracht in de procesbibliotheek. Voor iedere procescoëfficiënt is een op de literatuur gebaseerde range vermeld voor de waarde van de desbetreffende coëfficiënt. Vanwege deze mogelijke range aan modelcoëfficiënten en de vaak gebrekkige gebiedskennis op dit punt, is er in principe een grote behoefte aan informatie. Omdat die benodigde informatie vaak niet op korte termijn beschikbaar kan worden gemaakt, moeten de resultaten van vele modeltoepassingen als 'zacht' worden beschouwd. De modelberekeningen worden in dergelijke gevallen meestal gebruikt om aan te geven in welke richting er veranderingen in het systeem zullen plaatsvinden en minder voor een beschouwing van de absolute veranderingen van de concentratieniveau's.

Grootste probleem bij de verschillende toepassingen is dat door de sanering van de meetnet-activiteiten er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om een verantwoorde calibratie laat staan validatie uit te voeren: "tussen Lobith en Maassluis wordt nauwelijks nog waterkwaliteit gemeten". Daarnaast worden de resultaten van waterkwaliteitsmodellen gestuurd door gegevens over lozingen die vaak op een veel lager detailniveau de situatie beschrijven: puntbronnen worden vaak op jaarbasis geïnventariseerd, afvoeren soms op dagbasis en diffuse bronnen in het gunstigste geval per decade.

Bij de toepassing van DELWAQ op Friesland voor de beschouwing van nutriënten, eutrofiëring, lichtklimaat en algengroei zijn pogingen gestart op met behulp van remote sensing calibratiegegevens te verzamelen. Dit betreft vooral gegevens over slibgehalte, chlorophyll-a en voedingsstoffen (stikstof). Daarnaast natuurlijk gegevens over de watertemperatuur. Voordeel van remote sensing informatie is dat gedetailleerde (2-D) informatie over het gehele studiegebied op één specifiek moment beschikbaar komt. Men name voor 1-dimensionale toepassingen die met behulp van schaarse (in tijd en ruimte) meetgegevens moeten worden gecalibreerd is dit een belangrijke bron van aanvullende informatie. Omdat met remote sensing technieken (lang) niet alle belangrijke waterkwaliteitsparameters kunnen worden bepaald, is vaak alleen een globale afregeling van de modeltoepassing mogelijk.

11.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

11.4.1 Contactpersonen

WL | Delft Hydraulics: Jos van Gils, beheerder DELWAQ, 015-2858472;
Jos.van.Gils@wldelft.nl

RIKZ: Marinus Bokhorst, 050-5331371;
M.Bokhorst@rikz.rws.minvenw.nl

RIZA: Dik Ludikhuize, 078-6322613;
D.Ludikhuize@riza.rws.minvenw.nl

DELWAQ Helpdesk: via: sobek.support@wldelft.nl of 015-2858500 of
via: delft3d.support@wldelft.nl of 015-2858555

DELWAQ Homepage: www.wldelft.nl/soft/d3d/waq/ (als onderdeel van Delft3D)

DELWAQ Homepage: www.sobek.nl (als onderdeel van SOBEK)

11.4.2 Achtergronddocumentatie

WL | Delft Hydraulics, 1994. DELWAQ Gebruikershandleiding (stand-alone version).

1998, Gils, J. van, "*The Sobek Processes Editor: a flexible tool for tailor-made water quality modelling*", proceedings of the Hydro-Informatics Conference, Denmark.

WL | Delft Hydraulics, 2000. DELWAQ Technical Reference Manual Processen.

WL | Delft Hydraulics, 2000. SOBEK Gebruikershandleiding (laatste versie).

WL | Delft Hydraulics, 2000. SOBEK Technical Reference Manual (laatste versie).

12 GEM

| | |
|-----------------------|---|
| Type model: | twee en drie-dimensionaal model voor de berekening van ecologische processen en het transport van opgeloste en gesuspendeerde stoffen |
| Probleemveld: | waterkwaliteit en ecologie |
| Gebruikt voor: | estuaria, zeeën (zout water) |
| Status: | nog niet operationeel in gebruik |

Historie

In de afgelopen jaren is veel aandacht besteed aan het begrijpen als ook voorspellen van de waterkwaliteit en ecologie van de Noordzee en verschillende estuarium systemen. Vanuit het beleid zijn een groot aantal vragen gesteld, bijvoorbeeld ten aanzien van de effecten van nutriëntenreductie, maar ook betreffende de natuurlijke variabiliteit van het Noordzee systeem. Als hulpmiddel zijn hiertoe enkele generaties mathematische modellen ontwikkeld door verschillende instituten.

GEM, ofwel het Generiek Ecologisch Model voor estuaria (wordt soms ook het Generiek Estuarium Model genoemd), is in samenwerking tussen WL | Delft Hydraulics en RIKZ met NIOO-CEMO, NIOZ en IBN-DLO ontwikkeld in de periode 1994-1998. GEM beschrijft het gedrag van nutriënten, organische stof en primaire producenten in estuaria.

In GEM zijn diverse ontwikkelingen bij genoemde instituten met betrekking tot ecologische modellen geïntegreerd zoals ECOWASP, BOEDE, EMOWAD, ERSEM, MOSES, SMOES, ECOLUMN and DELWAQ (en daarbinnen DYNAMO, BLOOM, DBS and SAWES). De toepassingen van deze modellen betroffen de Eems-Dollard, Waddenzee, Grevelingen, Veerse Meer, Oosterschelde, Westerschelde en Noordzee.

Status

GEM is geïmplementeerd binnen DELWAQ. DELWAQ bevat generieke routines voor stoftransport (aanvoer, afvoer, advectie en dispersie), waterkwaliteits en ecologische processen, en de integratie van massabalansen voor een gesegmenteerd watersysteem. GEM is hierin ondergebracht in de vorm van een specifieke versie van de zogenaamde processenbibliotheek (voor waterkwaliteits en ecologische processen).

12.1 Generieke aspecten

Het huidige GEM bevat dynamische procesmodules voor gesuspendeerd sediment, zuurstof, nutriënten, fytoplankton, zeesla (*Ulva*), microfytobenthos en dode organische stof. Zoöplankton en benthische filter feeders (mosselen, kokkels) zijn niet expliciet gemodelleerd; hun biomassaontwikkeling wordt ingebracht als (contant of tijd variabele) functie ten behoeve van de modellering van top-down control van de fytoplanktonbiomassa.

De anorganische nutriënten in GEM betreffen ammonium, nitraat, opgelost en geadsorbeerd fosfaat, en opgelost en opaal silicaat. Biologische componenten bevatten hoeveelheden van

deze nutriënten in organisch gebonden vorm. De dode organische stof is per component (C, N en P) verdeeld over drie particuliere detritusfracties en een opgeloste fractie. De fracties worden onder gedeeltelijke afbraak serieel uit elkaar gevormd. Bij sterfte of graas komt biomassa in de snel afbrekende, eerste particuliere detritusfractie terecht. De middelste particuliere fractie breekt trager af. De laatste particuliere fractie en de opgeloste organische stof fractie (DOC) worden refractair genoemd, ze breken zeer langzaam af. In de bodem wordt per element (C, N en P) maar één detritusfractie onderscheiden. De in GEM opgenomen processen omvatten:

- primaire productie onder invloed van licht, temperatuur en nutriënten;
- respiratie, excretie, graas en sterfte;
- bacteriële afbraak (mineralisatie);
- bacteriële omzettingen, zoals nitrificatie en denitrificatie;
- adsorptie, precipitatie en oplossen;
- uitwisseling met de atmosfeer (reaeratie);
- bezinking en begraving; en
- advectie en dispersie.

Voor de simulatie van diverse fytoplanktonsoorten kan gebruik worden gemaakt van twee verschillende modules. BLOOM II (een module binnen de DELWAQ processenbibliotheek, ook gebruikt binnen Delft3D-ECO) berekent de optimale primaire productie en soortensamenstelling voor maximaal 15 algentypen op basis van lineaire programmering (WL, 1991). Een alternatieve module in de DELWAQ processenbibliotheek berekent de primaire productie op basis van Monod-kinetiek voor maximaal 2 algentypen.

In GEM zijn verder een viertal modules beschikbaar voor de uitwisseling van stoffen met de actieve sedimentlaag in de bodem.

12.2 Toepassingen

Er zijn operationele toepassingen van GEM voor de volgende gebieden (model schematisaties)

- GEM Hollandse kust - Waddenzee
- GEM Veerse Meer
- GEM Westerschelde
- GEM Waddenzee (ECOWASP schematisatie)

Het GEM-instrumentarium is ingezet voor scenariostudies ter inschatting van de effecten van:

- aanleg doorlaatmiddel Oosterschelde naar het Veerse Meer (WL, 1998c&d, 2000);
- tweede Maasvlakte (WL, 1999b);
- vliegveld in zee (onderzoek studie; WL, 1999c);

Verder toepassingen zijn:

- EMA (Eerste Moment van Afweging van de regering mbt aanleg van een eiland in zee)
- Milieuverkenningen, op jaarlijkse basis (RIKZ samen met RIVM)

WL | Delft Hydraulics, 1999. Toepassing van GEM op de Nederlandse kustwateren. Rapport Z2556 (A.N. Blauw, F.J. Los, E.J. Kranenburg en J.G. Boon).

WL | Delft Hydraulics, 1999b. Grootschalige effecten van een tweede Maasvlakte op nutriënt- en chlorofylgehalten in de Nederlandse kustzone. Rapport Z2632 (J.G. Boon).

WL | Delft Hydraulics, 1999c. Grootschalige effecten van een vliegveld in zee op de nutriënt- en chlorofylgehalten in de kustzone. Rapport Z2766 (J.G. Boon).

WL | Delft Hydraulics, 1999d. Scenarioberekeningen GEM Veerse Meer, Rapport Z2690 (A.J. Nolte, R.R. Jansen).

WL | Delft Hydraulics, 1999e. Graadmeter primaire productie, GONZ, Rapport Z2729, (A.N. Blauw).

WL | Delft Hydraulics, 1998. GEM Fase 4: Calibratie pilot-toepassingen en uitbreiding functionaliteit. Rapport Z2337 (A.N. Blauw, M. Bokhorst en F.J. Los).

WL | Delft Hydraulics, 1998c. Toepassing GEM Veerse Meer, Rapport Z2570 (J.G.C. Smits, A.N. Blauw, A.J. Nolte).

WL | Delft Hydraulics, 1997a. GEM, a Generic Ecological Model for estuaries. Model documentation, Rapport T2087 (J.G.C. Smits, M. Bokhorst, A.G. Brinkman, P.M.J. Herman, P. Ruardij, H.L.A. Sonneveldt en M.W.M. van der Tol; inclusief pilot-toepassing Westerschelde).

WL | Delft Hydraulics, 1997b. Toepassing pilot GEM westelijke Waddenzee. Rapport Z2274 (M. Bokhorst).

WL | Delft Hydraulics, 1997c. Pilottoepassing vernieuwde MANS-eutro. Verslag onderzoek T1629. WL | Delft Hydraulics (M. Bokhorst en F.J. Los).

WL | Delft Hydraulics, RIKZ, NIOO-CEMO, IBN-DLO en NIOZ, 1995. Generiek Estuarium Model (GEM). Aanzet voor het functioneel ontwerp. Rapport T1058 (J.G.C. Smits en M.W.M. van der Tol; op basis van discussiebijdragen van anderen).

WL | Delft Hydraulics, 1995. Generiek Estuarium Model (GEM) Fase 2: Technisch ontwerp. Discussiedocument T1058 (J.G.C. Smits, J.A. van Pagee, F.J. Los en P.M.A. Boderie).

13 OILMAP

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | twee-dimensionaal model voor de berekening van de verspreiding van olie en opgeloste chemicaliën (gekoppeld aan GIS) |
| Probleemveld: | berekening van lozingen (chemicaliën en olie) |
| Gebruikt voor: | Noordzee (continentaal plat) |
| Status: | operationeel inzetbaar |

Historie en status

OILMAP is sinds eind 1999 in gebruik bij Directie Noordzee binnen het Milieu Technische Advies (MTA) team. Dit team (onderdeel van de interne incidentenorganisatie van Directie Noordzee) heeft een operationele taak in het kader van de “Kustwacht” (coördinatie van alle activiteiten in het geval van een calamiteit of lozing). Het MTA-team werkt samen met de ‘Chef van de Wacht’ (coördinator van de interne incidentenorganisatie van Directie Noordzee) en met RIKZ als er een calamiteit is. Terwijl de Chef van de Wacht vooral bezig is met de nautische operationele respons, moet het MTA-team snel een eerste advies geven over de milieutechnische aspecten van stoffen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van chemicaliënbestanden en verspreidingsmodellen.

13.1 Generieke aspecten

OILMAP is een uniforme modellenschil in GIS (ArcView) die in feite 3 modellen bevat:

1. Een oliedrag-model (transport en gedrag van olievlekken);
2. Een SAR-model (Search and Rescue; die is gebruikt om zoekgebieden op te stellen voor overboord geslagen containers, gifzakjes, etc.);
3. Een chemicaliëngedrag-model (transport en gedrag van chemicaliën - CHEMMAP).

Alle modellen draaien op Personal Computers in een GIS-omgeving. Het voordeel van deze aanpak is dat Directie Noordzee de modellen kan koppelen met hun bestaande mariene GIS databases waarin informatie over pijplijnen, kabels, scheepswrakken en dergelijke is opgenomen.

13.2 Toepassingen

Een verscheidenheid aan grafisch georiënteerde hulpmiddelen zijn in het modelinstrumentarium opgenomen om:

- Routes van lozingen weer te geven;
- Een grid (rekenrooster) te genereren voor het draaien van een model voor een gebied;
- Tijdreeksen met windgegevens in te voeren;
- Gemiddelde stromingssituaties te genereren;
- Tijdsafhankelijke stromingssituaties te genereren (getij-cyclus);

- Verschillende types olie in de 'olie'-bibliotheek te kunnen opnemen en wijzigen;
- Gegevens in te voeren in de GIS-database van OILMAP;
- Presenteren welke GIS-grootheden worden beïnvloed door de geloosde olie.

13.3 Invoer en resultaten

Invoer

Het pakket OILMAP is bij Directie Noordzee al voorzien van een standaard hydrodynamische database die de gemiddelde waterbeweging (richtingen en snelheden) geeft in het Nederlands Continentaal Plat. Verder heeft het model de volgende invoer nodig:

- tijdstip van een lozing ('start time');
- lozingsduur ('spill duration');
- hoeveelheid geloosde stof;
- type geloosde stof;
- locatie van de lozing (coördinaten);
- windrichting en windsnelheid;
- simulatie verleden of toekomst (vooruit of achteruit rekenen);
- periode die moet worden gesimuleerd ('simulation length' - aantal uren).

Bovenstaande informatie moet door de gebruiker via een simpel scherm worden ingevoerd. Voor het type geloosde stof zijn twee databases voor olie en een database voor chemicaliën beschikbaar:

- OILMAP olie database - bevat generieke oliesoorten (zoals Medium Crude Oil);
- ADIOS olie database - bevat meer specifieke oliesoorten (zoals Algerian Blend);
- 'Chemical' database - met de belangrijkste chemische karakteristiek van stoffen.

Er kunnen continue windcondities worden gebruikt worden (gedurende de gehele simulatie hetzelfde windveld), maar het is ook mogelijk om in bepaalde perioden de wind te laten variëren. In de toekomst kan het model gekoppeld worden aan een operationeel hydrodynamisch model (WAQUA) en windvoorspellingen van de KNMI, zoals die beschikbaar zijn bij het Hydro Meteo Centrum Rijnmond (HMR).

Als een simpele vorm van Data Model Integratie, is het mogelijk om een correctie aan de berekende baan van de verontreiniging te geven op basis van vliegtuigwaarnemingen.

Resultaten

- berekende baan die de geloosde stof volgt;
- verspreiding van geloosde stof als functie van de tijd;
- massabalans van de geloosde stof (zoals het percentage dat op het wateroppervlak drijft; dat in de waterkolom aanwezig is; dat naar de bodem is gezonken; dat is aangespoeld op de kust; dat is geabsorbeerd aan zwevend stof; of dat is afgebroken).

Voor olie en chemicaliën kunnen grafieken gemaakt worden van concentraties in de waterkolom op verschillende tijdstippen. Voor olie worden ook de viscositeit, laagdikte, oppervlak en volume berekend. De modellsystemen OILMAP en Delft3D richten zich niet alleen op verspreiding maar ook op afbraak en vervluchtigingsprocessen, terwijl SIMPAR het transport en de routes van deeltjes ('particles') beschrijft.

13.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

Bij Directie Noordzee is beperkte documentatie aanwezig, mede omdat men heeft geconstateerd dat het model zo gebruikersvriendelijk is. Directie Noordzee heeft zelf een simpele handleiding gemaakt voor eigen gebruik. Een 'officiële' handleiding voor het gebruik van OILMAP is beschikbaar voor meer gedetailleerde vragen.

13.4.1 Contactpersonen

| | | |
|----------------|-----------------------|-------------|
| Marcel Bommelé | RWS Directie Noordzee | 070-3366604 |
| Henk Offringa | RWS Directie Noordzee | 070-3366600 |

13.4.2 Achtergronddocumentatie

Applied Science Associates, Inc.
70 Dean Knauss Drive,
Narragansett, RI, 02882-1143, USA

Email: asa@appsci.com
Internet site: www.appsci.com

14 (Rivier) Alarm modellen

| | |
|-----------------------|--|
| Type model: | 1-dimensionaal model voor berekening van de verspreiding en looptijd van opgeloste stoffen |
| Probleemveld: | concentraties en looptijd van geloosde stoffen |
| Gebruikt voor: | rivieren |
| Status: | operationeel inzetbaar |

In dit hoofdstuk worden alleen calamiteiten-modellen beschouwd die de concentratie en looptijd van geloosde stoffen simuleren. Alarmmodellen voor het voorspellen en simuleren van hoogwater (FEWS - Flood Early Warning Systems) vallen onder de hydrodynamische modellen zoals SOBEK.

Historie

1986: het ongeval bij Sandoz AG in Basel (Zwitserland), leidt tot ernstige verontreiniging van de Rijn;

1986: de Ministersconferentie van de Rijnoverstaten stelt het Rijn Actieplan op;

1988: de Ministers van de Rijnoverstaten dragen de Internationale Rijncommissie en de CHR op een model te ontwikkelen om de looptijd en de concentratieverdeling te berekenen ten gevolge van calamiteuze lozingen in de Rijn;

1988: de eerste versie van het Rijnalarmmodel (RAM) wordt ontwikkeld door RIZA (Griffioen) en WL (van Gils, Postma). Het model gebruikt de actuele waterstanden langs de Rijn om de debieten en stroomsnelheden te schatten, en berekent de concentratieverdeling door de advectie-diffusie vergelijking analytisch op te lossen;

Begin 90-er jaren: het Rijnalarmmodel ondergaat een upgrade: versie 2 wordt ontwikkeld door de TU Delft (van Mazijk). Het model wordt uitgebreid met het effect van dode zones op de concentratieverdeling en de looptijd. De modelparameters worden gecalibreerd op basis van tracerproeven;

Omstreeks 1995: de TU Delft (van Mazijk) ontwikkelt een Maas-alarmmodel, op basis van de concepten van het RAM - de software is echter verschillend;

1999: versie 3 van het Rijnalarmmodel komt gereed op basis van een meer generiek bruikbaar rekenhart (afgeleid uit het Donau-alarmmodel). Tevens wordt een verbeterd Windows User Interface geïntroduceerd;

1999: een modeltoepassing voor de Prut (Roemenië) komt gereed op basis van de software van versie 3 van het RAM, in het kader van de MOU tussen Nederland en Roemenië.

Status

De toepassingen van de alarmmodellen voor Rijn en Maas zijn operationeel. De gebruikers zijn de waarschuwings- en alarmstations langs de rivieren. Het Rijnalarmmodel wordt operationeel gebruikt in een achttal stations langs de Rijn en haar belangrijkste zijrivieren. De enige Nederlandse gebruiker is het Berichtencentrum van RIZA in Lelystad. Er vinden nog steeds nieuwe ontwikkelingen plaats. Het Maas-alarmmodel (MAM) wordt operationeel gebruikt in de Maasoverstaten. De enige Nederlandse gebruiker is het Berichtencentrum van RIZA in Lelystad. Omdat het model nog onder DOS draait, is een

discussie gaande binnen de Internationale Maascommissie om te komen tot een upgrade (mogelijk op basis van de software van het RAM). Er wordt verder gedacht aan het introduceren van een additioneel hydrodynamisch model in het MAM en aan een betere representatie van de stuwen.

14.1 Generieke aspecten

De genoemde alarmmodellen hebben de volgende kenmerken (die we kunnen beschouwen als eisen die aan een alarmmodel moeten worden gesteld):

- De opzet is eenvoudig: de modellen draaien op een PC, zijn snel, en gericht op gebruikersgemak;
- De modellen zijn gericht op operationeel gebruik in berichtencentra en op waarschuwingsstations door personeel zonder een specialistische scholing;
- De modellen gaan uit van real-time beschikbare invoergegevens met betrekking tot het ongeval en met betrekking tot de hydrologische toestand van de rivier.

De alarmmodellen zijn ééndimensionale transportmodellen, gebaseerd op de advection-diffusievergelijking. Daarbij is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:

- Alleen longitudinale dispersie wordt in beschouwing genomen;
- De geloosde stoffen worden verondersteld gemengd te zijn over de dwarsdoorsnede, zowel direct benedenstrooms van het lozingspunt als direct benedenstrooms van samenvloeiingen van zijrivieren¹;
- De stromingscondities zijn constant voor de gehele beschouwde periode².

Het model gaat uit van een vaste longitudinale dispersieformulering met één coëfficiënt (Fisher) of van een opgegeven constante dispersiecoëfficiënt.

14.2 Toepassingen

Momenteel zijn de volgende toepassingen van alarmmodellen beschikbaar:

- Het Rijn Alarm Model (RAM);
- Het alarmmodel voor de Maas (de programmacode wijkt af van het RAM);
- Het alarmmodel voor de rivier de Prut in Roemenië (maakt gebruik van dezelfde code als het RAM).

De toepassingen voor de Rijn en de Maas zijn inmiddels redelijk gecalibreerd op basis van historische gegevens over calamiteiten en specifieke tracerproeven. Toch is het van belang dat deze modelsystemen operationeel worden gehouden door aanvullende metingen en

¹ Een 2D-module, wederom ontleend aan het Donau-alarmmodel is bij het totstandkomen van dit rapport in ontwikkeling, en komt wellicht in 2001 beschikbaar in het RAM.

² In de laatste versie van het Rijnalarmmodel is het mogelijk te werken met tijdsafhankelijke stromings-condities. Dat is allen nuttig in "forecasting"-situaties als men beschikt over voorspellingen t.a.v. de waterstanden en debieten in de rivier, of in "hindcasting"-situaties bij analyses achteraf.

controlemetingen, met name voor de Q-H-relaties die in belangrijke mate de looptijd van de calamiteit bepalen. Buiten Nederland bestaan toepassingen van soortgelijke modellen voor de Donau en de Elbe.

14.3 Invoer en resultaten

Gegevens

De invoer van het model bestaat uit operationele of actuele invoergegevens (lozing, hydrologische toestand van de rivier) en statische invoergegevens (schematisatie, empirische relaties om debieten en stroomsnelheden te bepalen, dispersie-parameters, dode zone parameters).

De belangrijkste operationele invoer voor de alarmmodellen is de informatie over de hydrologische toestand van de rivier op het moment van de calamiteit (waterstanden en/of debieten op geselecteerde stations). De hydrologische gegevens worden via telemetrische verbindingen betrokken vanuit de waarnemingspunten. Alhoewel informatie over de geloosde stof en de omvang van de lozing ook van belang is, zijn de modellen geschikt gemaakt om te werken met minimale informatie omtrent de lozing. In de praktijk blijkt namelijk dat uitgebreide informatie op dit punt moeilijk te verkrijgen is. Dit levert geen problemen op, omdat het bij calamiteiten vooral gaat om de voorspelling van de nog resterende tijd is tot de gifgolf een specifieke locatie bereikt (bijvoorbeeld de inlaatconstructie van een waterwinbedrijf).

De statische invoergegevens zijn vastgesteld tijdens de ontwikkeling van de modellen. Het is belangrijk dat het onderhoud van deze statische gegevens niet wordt veronachtzaamd, ook al is dat een dure aangelegenheid. Geadviseerd wordt om de modelopzet en gekozen modelparameters iedere 3 jaar te controleren en (opnieuw) te kalibreren. Hiervoor is uitgebreid overleg tussen de betrokken landen noodzakelijk en dient budget beschikbaar te zijn voor het uitvoeren van meetcampagnes. Daarnaast moet de beschikbare informatie over opgetreden calamiteiten goed worden benut.

Kosten

De kosten om een alarmmodel als operationeel systeem in de lucht te houden zijn relatief hoog. In principe moeten niet onaanzienlijke bedragen worden uitgetrokken voor het actueel houden van de modeltoepassing: actualisatie en (her)calibratie zijn van groot belang voor met name de nauwkeurigheid waarmee de looptijd tot specifieke locaties kan worden bepaald. Daarnaast werken het benodigde internationale overleg en samenwerking ook kostenverhogend.

14.4 Achtergronddocumenten en contactpersonen

14.4.1 Contactpersonen

WL | Delft Hydraulics: Jos van Gils, beheerder Rijn Alarm Model, 015-2858472;
Jos.vanGils@wldelft.nl

TU Delft: Albert van Mazijk; A.van.Mazijk@citg.tudelft.nl, 015-2785477.

I4.4.2 Achtergronddocumentatie

Spreafico, M., en A. van Mazijk (ed.), (1993). *Alarm Model Rhine*, A model for the operational prediction of the transport of pollutants in the River Rhine (in German), IRC/CHR Committee of experts, Rep. Nr. I-12 of the CHR, Secretariat CHR, Lelystad, NL.

Van Mazijk, A. (1996). One-dimensional approach of transport phenomena of dissolved matter in rivers. Proefschrift, TU Delft.

WL | Delft Hydraulics (1997). Documentatie Rijn Alarm Model, WL rapport R3053.

User-Manual / On-line Help File van Rijn Alarm Model, version 3.

15 Lijst van termen en afkortingen

Het taalgebruik van modelleers in het waterbeheer is in de praktijk niet altijd eenduidig en er ontstaat regelmatig spraakverwarring. Om die spraakverwarring wat te verminderen is onderstaand een begrippenlijst opgenomen (mede gebaseerd op het Handboek voor 'Good Modelling Practice' of GMP), met eenduidige definities. Vervolgens is een poging gewaagd om een aantal begrippen in samenhang te presenteren.

Internet-adres Handboek: <http://waterland.net/riza/aquest/projecten/modellen/gmp.shtml>

| begrip / term | betekenis |
|--------------------------|---|
| Alarmmodel | Rivieralarm model (e.g. RAM en DAM) voor berekening de transport van een chemische lozing (calamiteit) |
| BASELINE | GIS-gebaseerd info-database programma, inclusief selectie en conversie mogelijkheden om invoer voor modellen te genereren |
| BerichtenCentrum | Informatie en model centrum bij RIZA Lelystad |
| Betrouwbaarheids-analyse | Activiteiten om de betrouwbaarheid van een model te schatten na afloop van de calibratie (en/of validatie) |
| Calibratie | Activiteiten om een vooraf bepaalde mate van overeenkomst tussen model en metingen in het veld te verkrijgen door het (systematisch) veranderen van onzekere factoren (vaak parameters), gevolgd door een analyse van de restfouten |
| Conceptueel model | Beschrijving van de structuur van een systeem met kwalitatieve afhankelijkheden |
| Data | Gegevens |
| Data-assimilatie | Benaderingswijze waarbij data wordt geïntegreerd met een fysisch/chemische procesbeschrijving, zodanig dat de informatie-inhoud van zowel de data als de proces-beschrijving expliciet wordt gemaakt en gewogen |
| Delft3D | 2-D en 3-D model systeem van WL Delft Hydraulics voor berekening van water beweging, golven, sediment transport, en waterkwaliteit |
| DELWAQ | Een waterkwaliteitsmodel, dat zelfstandig en als module kan worden gebruikt (als module ingebouwd in Delft3D en SOBEK) |
| Deterministisch | Zonder toeval (tegenovergestelde van stochastisch) |
| Discretisatie | Het ombouwen van een continue model (in ruimte en tijd) naar een model dat het systeem beschrijft in discrete (niet oneindig kleine) stappen in de ruimte en tijd |
| DONAR | Database met RWS-meetgegevens |
| Dynamisch model | Model waarbij de tijd een onafhankelijke variabele is |
| Entiteit | Zelfstandige grootheid met een eigen betekenis |
| FEWS | Flood Early Warning System |
| Geldigheidsgebied | Het geheel van voorwaarden waaronder een model mag worden toegepast |
| Gevoeligheidsanalyse | Onderzoek naar de relatie tussen veranderende factoren (vaak parameters) en modeluitvoer |
| HMCZ | HydroMeteo Centrum Zeeland (Middelburg) |
| HMR | HydroMeteo Centrum Rijnmond (Hoek van Holland) |
| Hydrodynamische model | Een model voor berekening van waterbeweging, i.e. waterstanden en stroomsnelheden, mogelijk inclusief saliniteit en/of temperatuur en het effect daarvan op de waterbeweging |

| begrip / term | betekenis |
|-----------------------|--|
| Identificatie | Calibratie met als doel eenduidige waarden van alle parameters en andere calibratiefactoren te bepalen |
| Ijking | Calibratie |
| Massabalans | Balans van stofstromen |
| Meta-informatie | Gegevens over gegevens (waar zijn de gegevens, hoe en door wie gemeten, welke nauwkeurigheid, enzovoorts) |
| Model | Verzamelbegrip voor representaties van essentiële aspecten van een systeem, waarbij kennis gepresenteerd wordt in een bruikbare vorm. N.B: veelal wordt bedoeld een programma in de computer (een modelprogramma) met bijbehorende invoer. Het woord 'model' kan echter ook slaan op wat opmerkingen op papier, een wiskundige formulering, een schema of figuur |
| Modelapplicatie | Modelprogramma dat is toegepast op een specifieke situatie |
| Modelinstrumentarium | Gekoppelde set van modelprogramma's |
| Modelleerproces | Alle stappen die doorlopen moeten of kunnen worden bij het maken en werken met modellen |
| Modelleren | 1. maken van een model 2. werken met een model |
| Modelleur | 1. de ontwikkelaar van een model 2. iemand die werkt met een model |
| Modelprogramma | Wiskundige formulering in de vorm van een computerprogramma, bedoeld om modellen mee te bouwen door middel van het invoeren van gegevens |
| Modelproject | Project waarbij het werken met een model een belangrijke rol speelt |
| Modelstelsel | Zie modelinstrumentarium |
| Modeltoepassing | Modelprogramma dat is toegepast op een specifieke situatie |
| Nautilus | Een samenwerking project tussen de directies Noordzee, Zuid Holland, Noord Holland en Zeeland, de Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, het Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 en RIKZ (in het Nautilus project is een operationeel kennisstelsel voor hydrodynamische informatie, inclusief modellen, opgezet) |
| Niet-stationair model | Model waarbij de tijd een onafhankelijke variabele is (zie dynamisch model) |
| OILMAP | Commercieel model in gebruik bij RWS Directie Noordzee voor berekening transport van calamiteiten (olie en chemicaliën) |
| OMS | Open Model Stelsel: overeenkomst tussen RWS en WL Delft Hydraulics met afspraak om de twee model systemen SIMONA en Delft3D tot een lijn te brengen |
| Optimalisatie | Vaststellen van de waarde van parameters op een zodanige wijze dat de vooraf gekozen doelfunctie minimaal wordt |
| Operationeel model | Model dat volledig beschikbaar is voor de gebruiker, inclusief handboeken, helpdesk en gecertificeerde test-resultaten en toegepast wordt bij operationele (waarschuwings)taken |
| Parameter | Grootte die constant wordt verondersteld, maar die niet nauwkeurig bekend is |
| Probleembeschrijving | Een heldere, precieze (niet noodzakelijk kwantitatieve) specificatie van wat bekend is over het probleem en van wat berekend moet worden |
| Programmeur | Iemand die computerprogramma's maakt of verandert. N.B: sommige (programmerende) modelleurs programmeren ook zelf, maar meestal is dit niet het geval |
| RAM | Rijn Alarm Model |
| Schematisatie | Vereenvoudigde voorstelling van de ruimtelijke en temporele verdeling van variabelen en parameters |
| SIMONA | RWS overkoepelend modelinstrumentarium met daaronder de afzonderlijk modellen: TRIWAQ, WAQUA, SIMPAR en SLIB3D |

| begrip / term | betekenis |
|-----------------------------|--|
| SIMPAR | 3-D deeltjesmodel onder SIMONA voor berekening van transport van lozingen (calamiteiten) |
| SLIB3D | 3-D model onder SIMONA voor berekening van transport, sedimentatie en erosie van slib |
| SOBEK | 1-D modelinstrumentarium van RWS en WL Delft Hydraulics |
| SVSD | Stormvloed Waarschuwings Dienst (Stormvloed-Seindienst), een samenwerking tussen RWS en KNMI |
| Simuleren | Nabootsen van een deel van de werkelijkheid of systeem (gedachtenmodel, fysiek model, model op de computer) |
| Stabiliteit | Eigenschap van differentiaalvergelijking en/of integratiemethode, waarbij de fout in elke integratiestap kleiner wordt |
| Stationair (statisch) model | Model dat niet dynamisch is; de tijd veranderingen in de tijd worden niet onderzocht |
| Systeem | Een geheel (vaak een deel van de werkelijkheid) bestaande uit entiteiten, waartussen relaties bestaan |
| Systeembeschrijving | Een tekstuele beschrijving van een systeem |
| Toestand | Een verzameling variabelen binnen het systeem op een bepaald tijdstip, waarin alle informatie van het verleden is opgeslagen die relevant is voor de toekomst van het systeem. De toestand is niet altijd een unieke verzameling variabelen: er kunnen meerdere verzamelingen zijn die aan de definitie voldoen |
| TRIWAQ | 3-D waterbewegingsmodel (waterstanden en stroomsnelheden) onder SIMONA voor estuarium-, kust- en zee-systemen |
| Validatie | Vergelijken van modeluitvoer met een onafhankelijke (dat wil zeggen nog niet in de calibratie gebruikte) set meetgegevens, teneinde te kunnen vaststellen of het model 'goed' is (of het concept goed is, het model het verleden kan reproduceren met de vereiste nauwkeurigheid en of het model geschikt is om alle vragen te beantwoorden) |
| Variabele | Grootte waarvan de waarde kan veranderen |
| Verificatie | Controle of het wiskundige model correct geïmplementeerd is in het computerprogramma en of het computerprogramma correct in de computer is geïmplementeerd |
| WAQUA | 2-D waterbewegingsmodel (waterstanden en stroomsnelheden) onder SIMONA voor rivier-, estuarium-, kust- en zee-systemen |
| Waterkwaliteitsmodel | Model voor de berekening van concentraties en fluxen van bijvoorbeeld nutriënten, zuurstof, BOD, verontreinigingen |
| Wiskundige formulering | De wiskundige vertaling van het conceptuele model |

Het begrippenkader van modelleren en simuleren

Meestal wordt het woord *model* gebruikt als verzamelbegrip voor 'afspiegelingen van essentiële aspecten van een systeem'. Hiermee wordt veelal een programma in de computer (een *modelprogramma*) bedoeld met bijbehorende invoer. *Modelleren* is het werken met een modelprogramma. *Simuleren* is een vergelijkbare term en wordt gebruikt als men een systeem nabootst op de computer. Dit betekent vrijwel altijd dat er een aantal aannames moeten worden gedaan die het model eenvoudiger, maar ook minder realistisch maken. Maar dit vereenvoudigen maakt het model wel beter hanteerbaar.

Een model is *dynamisch* als het veranderingen in de tijd beschrijft en *stationair* of *statisch* als dat niet zo is. Een wiskundig model heeft één of meer *onafhankelijke variabelen* en één of meer *afhankelijke variabelen*. Twee variabelen zijn onafhankelijk als de waarde van de

ene variabele geen invloed heeft op de waarde van de andere variabele. Een dynamisch model heeft tenminste de tijd als onafhankelijk variabele. Als er sprake is van een ruimtelijk model dan is tenminste één ruimtelijke dimensie ook een onafhankelijk variabele. Bij een dynamisch 3D-model is er sprake van vier onafhankelijke variabelen: de tijd en de drie ruimtelijke dimensies. Dynamische modellen op basis van 'harde' niet-stochastische vergelijkingen heten *deterministische modellen*: de kennis van het gemodelleerde systeem ligt vast in het model en herhaald draaien van het model levert dezelfde uitkomsten op.

De grootheden (debiet, waterstand, concentratie) in een wiskundig model worden gerepresenteerd met behulp van één of meer *toestandsvariabelen* en relaties tussen de grootheden met behulp van *hulpvariabelen*. De toestandsvariabelen bepalen de toestand van het model. Veranderingen in een toestandsvariabele wordt beschreven met behulp van (partiële) differentiaalvergelijkingen. Vergelijkingen kunnen gebruik maken van toestandsvariabelen, hulpvariabelen, *parameters* (constant in de tijd), of andere *onderdelen van het model*.

Vervolgens wordt er een model op de computer gemaakt door gegevens in te voeren in een *modelprogramma* (een wiskundig formulering in de vorm van een computerprogramma, bedoeld om modellen mee te bouwen door middel van het invoeren van gegevens). Hiervoor moeten er keuzes gemaakt worden die onder meer te maken hebben met de ruimtelijke *schematisatie*. Naast de gevolgen van deze keuzes voor de *discretisatie* (het model of rekenrooster) moeten er ook invoer- of systeemgegevens worden aangeboden aan het modelprogramma waarmee het model gebouwd wordt. De controle of een model goed op de computer is gezet heet *verificatie*.

Nadat een model op de computer is gezet, is het vaak nodig om de overeenkomst tussen model en systeem beter op elkaar af te stemmen, of preciezer gezegd om het modelgedrag beter overeen te laten komen met het systeemgedrag. Dit heet *calibreren* en het wordt uitgevoerd door parameterwaarden te veranderen en vervolgens de modeluitkomsten met veldmetingen te vergelijken. Om te bepalen welke onzekere factoren tijdens de calibratie moeten worden aangepast om de betere overeenstemming te bewerkstelligen kan gebruik gemaakt worden van een *gevoeligheidsanalyse*. Na afloop van de calibratie kunnen de resterende verschillen worden onderzocht en de resterende onzekerheid in de modelvoorspellingen gekwantificeerd in een *betrouwbaarheidsanalyse*.

Validatie houdt zich bezig met de vergelijking van de modeluitkomsten (de resultaten van de onzekerheidsanalyse) met een onafhankelijke, niet bij de calibratie gebruikte, set waarnemingen om te bepalen of het model het systeem(gedrag) goed beschrijft.

16 Bijlage I: beschouwde modellen en geïnterviewde personen

| Modelnaam | | Korte omschrijving ¹⁾ | Aspecten ²⁾ | Aantal dimensies | Geïnterviewde personen |
|----------------|------------|--|------------------------|------------------|---|
| SOBEK | generiek | Integratie waterbeweging, waterkwaliteit, morfologie | Generieke code | 1-D | RIZA-Arnhem: Emiel van Velzen (Rolf van der Veen); WL: Adri Verwey. |
| | toepassing | RIJN-MAAS | h, u/v, c | 1-D | RIZA-Arnhem: Emiel van Velzen (Rolf van der Veen); RIZA-Dordrecht: Ludikhuize. |
| WAQUA | generiek | Waterbeweging, zout | Generieke code | 2-D | RIKZ: Philippart, Verlaan. |
| | toepassing | DCSM | h | 2-D | RIKZ: Krystyna Robaczewska; RIZA-Arnhem: Emiel van Velzen (Rolf van der Veen); RIKZ: Ron van Dijk, Jaap Lander. |
| DELFT3D | generiek | Integratie waterbeweging, waterkwaliteit, ecologie, morfologie, golven en deeltjes | generieke code | 2-3-D | WL: Walter van Kester. |
| | toepassing | PROMISE | u/v, c | 3-D | WL: Herman Gerritsen. |
| TRIWAQ | generiek | Waterbeweging, zout | Generieke code | 3-D | RIKZ: Johan de Kok, Marcel Zijlema, Martin Verlaan. |
| | toepassing | KUSTSTROOK en RIJMAMO Modellen Nautilusproject | u/v, c | 3-D | RIKZ: Krystyna Robaczewska. |
| DELWAQ | generiek | Waterkwaliteit (ook als module in andere systemen) | Generieke code | 1-2-3-D | WL: Jos van Gils; RIKZ: Marinus Bokhorst. |
| | toepassing | RIJN-MAAS | c | 1-D | RIZA-Dordrecht: Dik Ludikhuize. |
| | toepassing | KUSTSTROOK | c | 2-D | WL: Anouk Blauw, Hans Los; |
| | toepassing | PROMISE | c | 3-D | WL: Herman Gerritsen. |

| | | | | | |
|----------------------|------------|---|----------------|-------|---|
| GEM | generiek | Waterkwaliteit en ecologie | Generieke code | 2-3-D | WL: Jos van Gils; RIKZ: Marinus Bokhorst. |
| | toepassing | KUSTSTROOK en WADDENZEE | c | 2-D | RIKZ: Marinus Bokhorst. |
| | toepassing | VEERSE MEER | c | 2-DV | WL: Anouk Blauw, Hans Los. |
| OILmap | generiek | Waterkwaliteit door lozing van chemicaliën en olie | Generieke code | 2-D | ASA-documentatie. |
| | toepassing | NOORDZEE | c | 2-D | DNZ: Bommelé, van Brummelen. |
| Alarmmodellen | generiek | looptijd en concentratie van geloosde stoffen | Generieke code | 1-D | TUD: van Mazijk; WL: Jos van Gils |
| | toepassing | Alarmmodel Rijn | c | 1-D | WL: Jos van Gils; RIZA-Dordrecht: Dik Ludikhuizen. |
| SIMPAR | generiek | Lozing/deeltjesmodel onder SIMONA (relatie WAQUA- TRIWAQ) | Generieke code | 2-D | RIKZ: Mustapha Elorche |
| | toepassing | WESTERSCHELDE; IJSELMEER | c | 2-D | RWS dir Zeeland: Leen Dekker; RDIJ - contactpersoon ziek |

¹⁾ Waterbeweging impliceert zowel waterstanden als stroming/debiten.

²⁾ Betekenis codes: c = waterkwaliteit (concentraties)
 h = waterstanden
 u/v = verticale en horizontale stroomsnelheden en debieten

17 Bijlage 2: vragenlijst voor de interviews

17.1 Interview-vragen

- I. Voor welk soort vragen is het model (niet) bedoeld; wat is het toepassingsgebied;
- II. Welke ervaring is er met het gebruik van het model;
- III. Wat gaat erin en wat komt eruit; de relatie tussen de model input en -output;
- IV. Kosten-baten analyse en modelgebruik;
- V. Het gebruik van modellen in combinatie met in-situ waarnemingen en RS.

I: Toepassingsgebied

- Opsomming van de vragen die met het model wèl en niet kunnen worden beantwoord;
- Zijn er calibratie en validatie gegevens beschikbaar;
- Hoe is het voorspellend vermogen (groei van fouten etc.);
- In welke mate is er fysische kennis in het model verwerkt;
- Welke nauwkeurigheid wordt er in de berekeningen c.q. voorspellingen behaald;
- Is er een objectieve maat voor de kwaliteit van het modelresultaat.

II: Ervaring

- Waar is het model al voor ingezet;
- Wat is het profiel van de beoogde modelgebruiker;
- Is het systeem gebruikersvriendelijk / makkelijk te bedienen;
- Is het model geaccepteerd als adviesinstrument?

III: Input-output

- Zie ook de vragen vermeld bij 'Toepassingsgebied';
- Welke informatie is nodig om het model te draaien (randvoorwaarden, beginvoorwaarden en parameters);

IV: Wat kost het om modelgegevens beschikbaar te krijgen

- Parameters;
- Calibratiemateriaal;
- Operationeel gebruik (opleiding, computer-infrastructuur);
- Vergelijking kosten met 'traditionele' aanpak.

V: Integratie waarnemingen en modellen

- Welke in-situ gegevens en remote sensing beelden worden gebruikt;
- Is er sprake van data-assimilatie;
- Hoe vindt validatie van de resultaten plaats;
- Hoe wordt het model met andere informatiebronnen geïntegreerd.

17.2 Criteria

De opsomming is indicatief, voorlopig en niet dwingend.

- 1) Kwaliteit
 - nauwkeurigheid
 - reproduceerbaarheid
 - meta-informatie
 - precisie
 - betrouwbaarheid
 - calibratie
- 2) Dekking
 - tijd
 - ruimte
 - toepassingsgebied
 - bereik
- 3) Relevantie
 - grootheid
 - vergelijkbaarheid
- 4) Beschikbaarheid
 - toegankelijkheid
 - bewerkelijkheid
 - data-management
 - markt
 - intern RWS
 - voorbereidingstijd
 - inzetbaarheid
- 5) Risico
 - robuustheid
 - vervangbaarheid
 - correctie meetfout
 - meteo-omstandigheden
 - doorlooptijd (kritiek tijdpad)
- 6) Kosten
 - operationeel (per punt, per dag, per ha)
 - onderhoud
 - data-verwerking
 - afschrijving
- 7) Acceptatie
 - Good Modelling Practice (GMP), certificering
 - ervaring
 - bekendheid

18 Bijlage 3: Nederlandse Sobek toepassingen

| |
|---|
| PROJECTOMSCHRIJVING (selectie van WL-projecten voor de Nederlandse Rijksoverheid) |
| MODULE MAATPEIL Ontwikkeling onderdeel van WINBOS. |
| INTEGRAAL MODEL NEERSLAG-AFVOER Advisering en ondersteuning bij het opzetten van een integraal model van de neerslag-afvoer op de waterlopen van de Schouwenpolder over een periode van 30 jaar met het modelinstrument SOBEK. |
| SOBEK SCHEMATISATIE VOOR DE MAAS Realisatie en calibratie van een SOBEK schematisatie voor het Belgische deel van de rivier de Maas. |
| KLIMAATVERANDERING IJSSELMEER Effecten van klimaatverandering op functies van het IJsselmeergebied: veiligheid tegen overstroming, regionale water afvoer, water aanvoer, waterkwaliteit (retentie tijd en zoutgehalten). |
| REALISATIE GEBRUIKERSSCHIL FLOMAAS Ontwikkeling van een grafische gebruikersschil voor het bestaande hoogwatervoorspellingsysteem. |
| AANVULLENDE BEREKENINGEN BES Berekeningen ten behoeve van de herinrichting van het gebied rond Bergen, Egmond en Schoorl. |
| REALISATIE GEBRUIKERSSCHIL FLORIJN Ontwikkeling van een grafische User Interface voor het bestaande en op SOBEK gebaseerde hoogwatervoorspellingsysteem |
| WINDOPZET IN SOBEK-BEKKEN Onderzoek naar een algemene windopzet formulering. Deze werd generiek ingebouwd in Sobek. |
| SOBEK BEREKENINGEN GRENSMAAS De Grensmaas wordt verbreed ter verlaging van waterhoogten en om de natuurontwikkeling van het gebied te stimuleren. |
| VERKENNING DM IN SOBEK De studie heeft als doel de mogelijkheden te verkennen van het nieuwe Sobek-instrumentarium met betrekking tot waterverdelingsfunctionaliteit zoals die in het Distributiemodel (DM) aanwezig is. |
| TOEPASSING VAN SOBEK-GRADED In deze studie is onderzocht of SOBEK-GRADED of SOBEK-UNIFORM gebruikt kan worden voor 1-D morfologische berekeningen van de Nederlandse Rijntakken. Voor beide routines zijn berekeningen uitgevoerd en geanalyseerd. Geadviseerd is om SOBEK-GRADED te gebruiken. |
| LANDSCHAPS-PLANNING VOOR DE RIJN Ontwikkeling van nieuwe opties (zoals de automatische generatie van een effecten-tabel en de grafische presentatie van berekeningsresultaten) in het bestaande IVR-modelinstrumentarium. |
| UI - HOOGWATER-VOORSPELLINGSMODEL User Interface(UI) voor het Hoogwater Voorspellings Model voor de rivier de Rijn, dat automatisch de actuele meetgegevens verzameld en een alarmbericht genereert. |
| MER MAAS HOOGWATERBEHEER Assistentie bij de bepaling van milieu-effecten van voorgestelde hoogwater gerelateerde maatregelen. |
| ONTWIKKELING SOBEK-PLUVIUS Samen met DHV heeft WL Delft Hydraulics het programma Sobek-Pluvius ontwikkeld. Met dit programma kan het gehele neerslag-afvoerproces binnen stedelijk gebied worden gesimuleerd. Sobek-Pluvius berekent de instroming van neerslag in het riool op basis van het NWRW-inloop model en de waterstroming in het rioolstelsel op basis van volledige Saint-Venant vergelijkingen. Berekeningen kunnen worden gemaakt voor zowel afzonderlijke buien als voor meerjarige neerslagreeksen. Momenteel wordt gewerkt aan de uitbreiding van Sobek-Pluvius met kwantiteitsmodules waarmee de emissies naar het oppervlaktewater kunnen worden bepaald afhankelijk van de wijze van ontwerp en beheer van het rioolsysteem. |

19 Bijlage 4: Nederlandse Delft3D toepassingen

| |
|---|
| PROJECTOMSCHRIJVING (selectie van WL-projecten voor de Nederlandse Rijksoverheid) |
| KUST BESCHERMING EILAND TEXEL Hydraulische en morfologische studie naar de effecten van alternatieve kustbeschermingsmaatregelen. |
| MORFOLOGISCHE STUDIE MAASVLAKTE II Morfodynamische studie naar de effecten van verschillende lay-outs voor een vergroting van de Rotterdamse haven in de Noordzee. De studie beschouwde een periode van 5 jaar en een gebied van ongeveer 40 km bij 20 km. Verschillende randvoorwaarden voor golven zijn toegepast. De model-resolutie was zodanig dat een goede representatie van de golf-gedreven stroming mogelijk was. |
| ONAFHANKELIJKE STUDIE MARKERMEER Een uitgebreide beschouwing van de eigenschappen van het Markermeer. |
| GEGRADEERD SEDIMENT IN SOBEK Vergelijking van Delft3D-MOR en het model van Schuttelaars (IMAU) en een analyse van de stroming in de Westerschelde. |
| SEDIMENT BIJ HELLINGEN EN STUWEN State-of-the-art en ideeën met betrekking tot model concepten voor het transport van sediment over steile hellingen en stuwen, voor implementatie in Delft3D. |
| KOPPELING VAN Delft3D-MOR AND WAQUA Studie om te bepalen hoe 2-D hydraulische analyses met WAQUA kunnen worden gekoppeld met morfologische simulaties met Delft3D-MOR. |
| TOEPASSING EN UITBREIDING VAN 'MANS' Retrospectieve trend-analyse van nutriënten en chlorofyll in de Nederlandse kustzone tussen 1975 en 1994. Uitbreiding van het model met nieuwe modules voor graas en schadelijke algen. |
| TOEPASSING VAN RESTWAQ BIJ RWS Hong Kong Polytechnic University, Civil & Structural Engineering Department |
| MORFOLOGISCHE STUDIE RIJN-MAAS ESTUARIUM Mathematische modelstudie van grootschalige morfologische veranderingen in een vertakt estuarium. |
| MORFOLOGISCHE STUDIE HARTEL-BEERKANAAL Mathematische modelstudie van grootschalige morfologische veranderingen door een mogelijke verbinding van diverse takken van het estuarium. |
| HYDRODYNAMISCHE, MORFOLOGISCHE EN SLIBSTUDIES Hydrodynamische, morfologische en slibstudie naar de effecten van een open verbinding tussen het Hartelkanaal en het Beerkanaal/Calandkanaal. Eén-dimensionaal mathematisch model-studie. |
| NOMADS-IDEAAL GEVAL (MAST) Numerieke simulatie van een instabiliteit in een stagnante 20 meter open zee (vergelijking modellen). |
| MORFOLOGISCHE STUDIE WESTERSCHELDE Ontwikkeling en implementatie van morfologische modellen voor de analyse en voorspelling van het effect van baggeren in de Westerschelde. |
| MORFOLOGISCHE BEREKENINGEN Morfologisch model-studie naar de effecten van landaanwinning ten zuiden van Den Haag. Volledig dynamische simulaties met 2DH aanpak. |
| 2D ZAND-SLIB BEREKENINGEN Opzet en berekeningen met 2D stroming en sediment transport model voor de 'Nieuwe Merwede' gebaseerd op het bestaande 'Noordelijke Deltabekken' model. |
| ONTWIKKELING BORNRIJF - AMELAND Morfologische berekeningen voor de evolutie van zand in het deel ten westen van het Waddeneiland Ameland. Berekeningen beslaan een periode van 5 jaar. |

PROJECTOMSCHRIJVING (selectie van WL-projecten voor de Nederlandse Rijksoverheid)

GROOTSCHALIGE MORFOLOGIE MV-2

Studies van de Rotterdam Havenautoriteiten geven aan dat de haven in 2010 ongeveer 1250 hectares (MV-2 of Maasvlakte-2) extra nodig heeft. Om de lange termijn morfologische effecten te bestuderen is een instrument met diverse modellen en met verschillende mate van detail opgezet. Met behulp van deze set modellen is de invloed van 5 verschillende alternatieve landaanwinnings en zandwinnings opties onderzocht en vergeleken over een periode van 300 jaar, inclusief de analyse van de onzekerheid.

AANSLIBBING MAASVLAKTE 2

Bestudering van het effect van landaanwinning ten behoeve van Maasvlakte 2 in combinatie met een aangepast beheer van de Haringvlietsluizen op de sedimentatie in de Rotterdamse haven en kustzone.

KOELWATER HOLLANDSCH DIEP EN AMER

Een numeriek hydrodynamisch en transport model is gebruikt om de gevolgen van een verandering in het gebruik van de Haringvlietsluizen op de stromings- en temperatuurpatronen te onderzoeken.

MODELVERGELIJKING WESTERSCHELDE

Een studie ter vergelijking van de modelresultaten van twee modellen voor de slibverspreiding in de Westerschelde bij gegeven dump-scenario (Delft3D-WAQ van Delft Hydraulics en SLIB3D van RIKZ). Het verschil is geïnterpreteerd in termen van modelaannee.