



# Koppeling computermodellen voor grond- en oppervlakte-water interessant voor integrale aanpak waterbeheer

IR. A. SLOT, IWACO  
DRS. J. VELSTRA, IWACO  
IR. L. WIJNKER, IWACO  
DHR. E. VAN VUGT, IWACO

De nieuwe generatie krachtige pc's heeft het gekoppeld doorrekenen van (sub)regionale grond- en oppervlaktewatervlaksmodellen mogelijk gemaakt. Iwaco past deze methodiek onder meer toe in projecten waarbij een ingreep in het oppervlaktewatersysteem beoordeeld moet worden op haar effecten op het grondwaterregime en daarmee op landbouw en natuur. Hierbij wordt het oppervlaktewater gemodelleerd met behulp van het (standaard) DUFLOW-programma (versie 2.05), terwijl voor het grondwater gebruik wordt gemaakt van de meest recente versie van TRIWACO (TRIWACO voor Windows versie 2.0). De simulatie van de onverzadigde zone vindt plaats met behulp van het programma FLUZO.

De uitwisseling van gegevens tussen DUFLOW en TRIWACO gebeurt in een Geografisch Informatie Systeem (GIS)-omgeving. Hiertoe is een speciale routine geprogrammeerd die vanuit ArcView wordt aangeroepen. Dit verzorgt de koppeling tussen beide modelleringsprogramma's en verwerkt een deel van de uitkomsten. Deze routine stelt de gebruiker onder meer in staat de modellen, die gekoppeld doorgerekend dienen te worden, te selecteren, een keuze te maken tussen stationaire berekeningen (bijvoorbeeld ten behoeve van de ijking) en niet-stationaire (scenario)berekeningen en het tijdstip aan te geven waarop het systeem van een zomersituatie (zomerpeil) overgaat naar een wintersituatie (winterpeil) of andersom. Tenslotte wordt de GIS-omgeving gebruikt voor de presentatie van de resultaten.

De koppeling is voor het eerst toegepast in een gecombineerd landbouw- en natuurontwikkelingsgebied, waar de gevolgen van maatregelen ter bevordering van de natuurontwikkeling met name voor de landbouw in kaart zijn gebracht. Daarnaast heeft het gecombineerde model inzicht gegeven in de werking

van compenserende maatregelen voor de landbouw. Door de koppeling worden de gevolgen van de handelingen binnen verschillende componenten en op diverse niveaus op het brede vlak naar voren gebracht.

## Principe van de koppeling

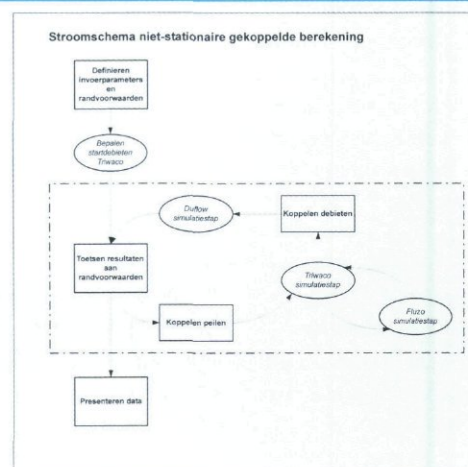
De koppeling van de programma's TRIWACO en DUFLOW vindt plaats door middel van het GIS-programma ArcView. Tijdens de berekening stuurt ArcView het oppervlaktewatervlaksmodel en het grondwatermodel aan. De modellen worden om de beurt gestart, waarbij de resultaten uit de oppervlaktewatersimulatie dienen als randvoorwaarden voor de daarop volgende grondwatersimulatie en vice versa. In één ronde rekenen TRIWACO en DUFLOW een periode van tien dagen door, waarna de resultaten worden uitgewisseld. Op deze wijze kunnen de waterbewegingen gedurende één of meerdere jaren worden doorgerekend.

De gegevens die van DUFLOW naar TRIWACO worden overgezet, zijn de waterstanden in de gemodelleerde watergangen aan het einde van een simulatie van tien dagen. Deze worden als constanten ingevoerd in TRIWACO. De grondwateraanvulling wordt op basis van decadewaarden van de neerslag en de bodemgesteldheid berekend met het programma FLUZO. Dit beschrijft de stroming in de onverzadigde zone. Op basis van de waterstanden uit DUFLOW, de grondwateraanvulling uit FLUZO en aanvullende randvoorwaarden berekent TRIWACO de verzadigde grondwaterstroming naar de watergangen in de vorm van fluxen van of naar die watergangen. Deze fluxen bestaan in feite uit twee componenten. De eerste component betreft de rechtstreekse afwatering via het drainage- en ontwateringssysteem naar de A-watergangen (deze worden bepaald aan de hand van het TRIWACO topsysteem, waarin het ontwateringssysteem is ondergebracht). De tweede component betreft de interactie tussen het oppervlaktewater in de waterlopen en de grondwaterstroming in de watervorende pakketten.

De gecombineerde fluxen worden door het omzettingsprogramma getransformeerd naar een constant debiet voor knooppunten in het DUFLOW-model. Het debiet in ieder knooppunt kan zowel een positieve als een negatieve waarde hebben, voor respectievelijk een drainerende dan wel een infiltrerende situatie bij de watergang.

Gedurende een simulatie kunnen wijzigingen optreden in andere randvoorwaarden dan de neerslag alleen. Hierbij valt te denken aan het veranderen van hoogtes van stuwen van zomerpeil naar winterpeil of soortgelijke seizoensgebonden wijzigingen in peilbeheer. Het omzettingsprogramma is zodanig opgezet dat in principe voor iedere decade deze instel-

Schematische weergave gekoppelde berekening





lingen kunnen worden aangepast in zowel TRIWACO als DUFLOW.

## Het oppervlaktewatermodel

Het gebruikte oppervlaktewatermodel is erg gedetailleerd. In het testgebied zijn alle A-watergangen en overige hoofdwatgangen meegenomen, inclusief alle hierin voorkomende kunstwerken. Dit detailniveau komt overeen met de mate van detaillering van waterlopen in het TRIWACO-model, zij het dat TRIWACO geen kunstwerken kent.

Voor de oppervlaktewatermodellering is een aangepaste versie van DUFLOW 2.05 gebruikt. Met deze versie kunnen op eenvoudige wijze de verschillende programmamodulen in het koppelingsprogramma worden verwerkt. De omvang van het model maakt het noodzakelijk gebruik te maken van de mogelijkheid buiten de 'menus' om te werken. De beperkingen van deze versie van DUFLOW op het gebied van visualisering van netwerken zijn door de koppeling met een GIS ook opgeheven. In het GIS-programma Arcview kunnen netwerken grafisch worden ingevoerd, waarna de netwerkgegevens met een omzettingprogramma in een bijbehorende layout worden gezet.

De standaardversie 2.05 staat in het model een maximaal aantal secties toe van 250. De aanpassing in de hier gebruikte versie bestond uit het opschrijven van deze limiet. Het uiteindelijke model heeft in totaal 547 knopen, 346 secties en 206 kunstwerken.

Een deel van de natuurlijke in- en uitstroming in het oppervlaktewatermodel vindt plaats door koppeling met TRIWACO via het GIS. Hierin zijn de secundaire drainage en de instroming vanuit het ondiepe grondwater naar de waterlopen verwerkt. Dit deel betreft dus voornamelijk de snelle en langzame componenten van de in het gebied optredende neerslag.

Randvoorwaarden die direct binnen het DUFLOW-model worden opgelegd, zijn kunstmatige toe- of afvoer in de vorm van inlaatwerken, (riool)overstorten en gemalen. Daarnaast kunnen natuurlijke fenomenen worden opgelegd als getijbewegingen of hoogwatergolven in rivieren. De gevolgen van de waterstandsfluctuaties voor het grondwatersysteem worden met behulp van de koppeling door TRIWACO berekend.

Naast de reactie van het grondwatersysteem op het oppervlaktewater worden ook de gevolgen van bijvoorbeeld grondwaterstands-dalingen als gevolg van droge perioden merkbaar in het oppervlaktewatersysteem. In dat

geval treedt een daling van de waterstand op door infiltratie.

## Het grondwatermodel

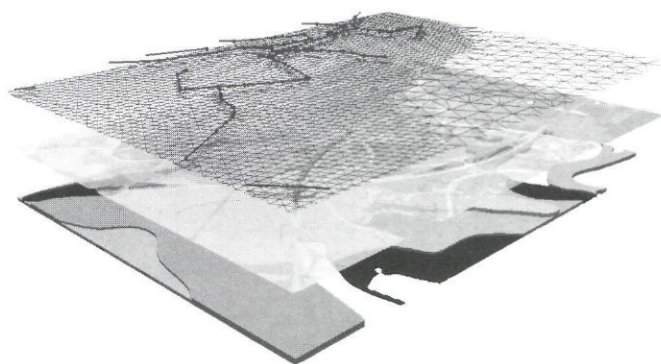
Voor het grondwatermodel is gebruik gemaakt van het eindige elementen-model TRIWACO voor Windows versie 2.0. Belangrijk voor de koppeling is het gebruik van een eindig elementen-netwerk waardoor waterlopen gedetailleerd in het model opgenomen kunnen worden. Omdat het proefproject gelegen is in één van de kustprovincies is bij de modellering tevens gebruik gemaakt van de nieuwe zoet-zout module. Deze module maakt het mogelijk om betrouwbare stijghoogtes en grondwaterstroming te berekenen in gebieden waar variabele dichtheden (lees chloridegehalten) van het grondwater voorkomen. Het programma is daarmee ook geschikt voor de modellering van grondwatersystemen in kustgebieden.

In deze casus is gebruik gemaakt van een zeer gedetailleerd grondwatermodel, waarbij vanwege de koppeling extra aandacht is besteed aan het topsysteem (ontwateringssysteem). Het model bestaat uit ruim 18000 knooppunten en 414 riviersecties (lijnelementen), waarvan 346 zijn gekoppeld aan het oppervlaktewatermodel. De overige riviersecties bevinden zich buiten het testgebied. De grote hoeveelheid knooppunten maakt het mogelijk om de topografie zeer gedetailleerd in het model op te nemen.

Alle waterlopen die in het oppervlaktewatermodel zijn opgenomen, zijn in het grondwatermodel als lijnelement ingevoerd. De afwatering via drainage, greppels en sloten wordt gemodelleerd middels het eerder genoemde topsysteem, waarvoor vlakparameters zijn gedefinieerd. Deze topsysteemparameters beschrijven de (gemiddelde) drainage en infiltratieweerstand, het drainageniveau en de te handhaven zomer- en winterpeilen voor de onderscheiden peilvakken. Deze parameters worden bepaald op basis van gedetailleerde informatie met betrekking tot de slootdichtheid, -diepte en de bodemgesteldheid. De drainageniveaus zijn in deze weer afhankelijk van de oppervlaktewaterpeilen.

## Conclusie

Waterbeheer technisch gezien zijn grondwater en oppervlaktewater onlosmakelijk met



Afb. 2 Ruimtelijke weergave van de modelopzet

elkaar verbonden. Met de toenemende reken-capaciteit van computers komt de koppeling van deze twee aspecten binnen handbereik voor een integrale aanpak van het waterbeheer. Met de koppeling van het oppervlaktewater- en het grondwatermodel is een instrument ontwikkeld waarin integraal beheer en beleid getoetst en ondersteund kan worden. Door in de koppeling een GIS te betrekken zijn de invoer en de resultaten goed zichtbaar te maken, wat interpretatie overzichtelijk maakt en verbanden met andere factoren dan oppervlaktewater en grondwater duidelijk naar voren brengt.

De koppeling tussen de twee modellen is met name nuttig wanneer fluctuaties in het oppervlaktewater doorwerken in het grondwatersysteem en vice versa. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan hoogwatergolven in de grote rivieren en verdrogingsstudies, maar ook aan veranderingen in peilbeheer op het raakvlak van landbouw, natuurontwikkeling en zoetwaterconservering. Tevens kan voor het gemodelleerde gebied de werkelijk maatgevende afvoer worden afgeleid. Dit kan van groot belang zijn als het watersysteem in het gebied opnieuw gedimensioneerd moet worden in het kader van grootschalige ingrepen (natuurontwikkeling, stadsuitbreiding, ontwikkeling van bedrijventerreinen enzovoort).

De ontwikkeling van integrale rekeninstrumenten in het waterbeheer door middel van koppeling van bestaande modules biedt mogelijkheden voor een integrale aanpak van de waterhuishouding. Het doel van het betreffende onderzoek bepaalt hierin of en in hoeverre een online koppeling gewenst is. Naast de binnen dit onderzoek reeds toegepaste koppeling met de zoet-zoutwatermodule valt te denken aan verdere uitbreiding met waterkwaliteitsmodules. Op deze wijze kan voor elk onderzoek een modellenpakket op maat worden geboden. ☐