

Synthesenota
Modelleren van Watersystemen

Verklarende Woordenlijst

<i>Basismodel:</i>	EEN MODEL ZOALS ORIGINEEL OPGELEVERD VIA DE BESTAANDE INDIVIDUELE MODELLERINGSPROGRAMMA'S. VOORBEEDEN ZIJN EEN HYDROWORKS-MODEL, EEN INFOWORKS-CS MODEL, EEN INFOWORKS-RS MODEL, EEN ISIS-MODEL, EEN MIKE11-MODEL, EEN MODFLOW-MODEL, DE TERM VERWIJST IMPLICIET NAAR DE BEPERKINGEN ZOWEL INZAKE KWALITEIT ALS INZAKE INTEGRATIE DIE NOG AANWEZIG ZIJN IN HET MODEL (SLECHTS EEN "BASISVERSIE") MAAR VERWIJST OOK NAAR HET FEIT DAT DEZE MODELLEN HET UITGANGSPUNT VORMEN VOOR (GEÏNTEGREERDE) WATERSYSTEEMMODELLEN.
<i>Bekkenmodel:</i> <i>Deelbekkenmodel:</i> <i>Stroomgebiedmodel</i>	MODELLEN WAARBIJ VERSCHILLENDE BASISMODELLEN GEOGRAFISCH GEÏNTEGREERD ZIJN EN OP EEN UNIFORME WIJZE GEUPDATED ZIJN. ZE BETRACHTEN EEN RELEVANT GEBIEDSDEKKEND KARAKTER TE HEBBEN, IN DE GEEST VAN HET ONTWERP-DECREET INTEGRAAL WATERBELEID, ZODAT ONDER EEN BEKKEN OOK B.V. EEN HYDROGEOLOGISCHE HOMOGENE ZONE KAN VERSTAAN WORDEN EN ONDER EEN DEELBEKKEN B.V. OOK EEN ZUIVERINGSGBIED. ALDUS BETRACHTEN ZE HET AANTAL RANDVOORWAARDEN TE MINIMALISEREN. DEZE MODELLEN ONDSCHIEDEN ZICH EVENEENS VAN BASISMODELLEN DOOR HUN GEBRUIKSKLARE EN TOEGANKELIJKE EIGENSCHAPPEN VOOR EINDGEBRUIKERS. DEELBEKKEN-, BEKKEN-, EN STROOMGEBIEDMODELLEN WORDEN SAMEN OMSCHREVEN ALS WATERSYSTEEMMODELLEN.
<i>Conceptueel model:</i>	EEN MODEL DAT VIA VEREENVOUDIGING (AL DAN NIET AAN HET DETAILMODEL) EEN DEELWATERSYSTEEM EN ZIJN PROCESSEN BESCHRIJFT. DE OPPONENTE TERM IS EEN DETAILMODEL. EEN TYPISCH VOORBEELD IS EEN BAKKENMODEL.
<i>Deelmodel:</i>	EEN MODEL DAT SLECHTS EEN DEEL VAN HET WATERSYSTEEM BESCHRIJFT. DE TERM VERWIJST IMPLICIET NAAR HET ONTBREKEN VAN SYSTEEM-INTEGRATIE. VOORBEEDEN ZIJN: EEN WATERLOOPMODEL, EEN GRONDWATERMODEL, EEN RIOOLMODEL,
<i>Deelwatersysteem:</i>	EEN DEEL OF COMPONENT VAN HET GANSE WATERSYSTEEM. VOORBEEDEN ZIJN: DE OPPERVLAKTEWATEREN, HET GRONDWATER, HET KWELWATER,
<i>Detailmodel:</i>	EEN MODEL DAT MAXIMAAL FYSISCH EN DETERMINISTISCH EEN DEELWATERSYSTEEM EN ZIJN PROCESSEN BESCHRIJFT. DE OPPONENTE TERM IS EEN CONCEPTUEEL MODEL.
<i>Geïntegreerd model:</i>	EEN MODEL WAARBIJ VERSCHILLENDE DEELMODELLEN SYSTEEM-OMVATTEND GEÏNTEGREERD ZIJN.
<i>Model:</i>	EEN WISKUNDIG INSTRUMENT DAT TOELAAT EEN (WATER)SYSTEEM EN ZIJN BIJHORENDE PROCESSEN NUMERIEK TE BESCHRIJVEN.
<i>Modelleerplatform:</i>	EEN BEPAALDE HARD- EN SOFTWARECONFIGURATIE DIE TOELAAT OM IN EERSTE INSTANTIE ALLE BASISMODELLEN TE BEHEREN. EEN MODELLEERPLATFORM IS VERVOLGENS OOK BEDOELD OM GEOGRAFISCHE- EN SYSTEEM-INTEGRATIE TE REALISEREN, EN DE ERUIT RESULTERENDE MODELLEN TE BEHEREN.
<i>Operationeel Model:</i>	EEN MODEL DAT GEBRUIKT WORDT VOOR OPERATIONELE BEHEERSTAKEN ALS B.V. VOORSPELLING, STURING, CONTROLE, OPERATIONELE MODELLEN ONDSCHIEDEN ZICH VAN DE BASIS- EN WATERSYSTEEMMODELLEN DOOR HUN REAL-TIME CONNOTATIE.
<i>Randvoorwaarde:</i>	EEN ONDERDEEL IN ELK MODEL DIE ERVOOR ZORGT DAT REKENING KAN GEHOUDEN WORDEN MET DE GEOGRAFISCHE GRENZEN VAN HET MODEL.

1. **Voorgeschiedenis van het Overlegplatform**

Het Overlegplatform modellering van watersystemen werd op **27 oktober 1998** opgericht met als partners de afdeling Water van AMINAL, het Instituut voor Natuurbehoud, de Vlaamse Milieumaatschappij, de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek van AWZ, de NV Aquafin, de Vlaamse Landmaatschappij en het Studiesyndicaat voor Water, dat onder meer de VMW overkoepelt. Dit waren toen de belangrijkste besturen en instellingen die op Vlaams niveau actief waren met het modelleren van onderdelen van watersystemen. Onder watersystemen worden hier beschouwd de van nature voorkomende oppervlaktewaters of grondwaters en de dragers van dat water. Afvalwaterstelsels en stelsels voor watervoorziening horen thuis onder de noemer waterketen en worden hier dus slechts indirect gevat. Naargelang de scheiding tussen regenwaterafvoer en afvalwaterafvoer verder wordt doorgedreven zal het belang van de modellering van afvalwaterstelsels in de watersysteemmodellering dan ook evenredig verminderen. Sinds medio 2002 zijn ook de provinciale waterbeheerders betrokken bij het Overlegplatform modellering van watersystemen.

Doelstelling van het Overlegplatform was en is het **uitwisselen** van informatie over modelleerpraktijken en gegevensverzameling binnen de Vlaamse administraties en het uitwerken van een geïntegreerde of **afgestemde werking** inzake modellering op basis van gezamenlijke standpunten.

Eind 1998 en begin 1999 werden de volgende initiatieven genomen:

- het opmaken door de partners van nota's over hun visie en methodologieën inzake modellering;
- het opmaken van een synthesesenota vertrekkende van de nota's van de partners

Aangezien niet alle partners hun inbreng leverden diende de werking van het Overlegplatform tijdelijk te worden stilgelegd. Eind 2001 werd de werking van het Overlegplatform dan ook hervat met als eerstvolgende finaliteit onderhavige synthesesenota.

Het Overlegplatform functioneerde tijdens de aanvangsjaren op vrij individuele en voluntaristische wijze. Naarmate duidelijk werd dat uit de discussies ook een aantal praktische realisaties naar voor konden worden geschoven, werd het ook duidelijk dat de werking van het Overlegplatform '**geofficialiseerd**' diende te worden. Het is dan ook daarom dat het Overlegplatform sinds enkele maanden onder de vleugels van het Vlaams Integraal Wateroverleg Comité vergadert. Meer bepaald het Subcomité Watersysteemkennis bood het geschikte forum om het Overlegplatform te huisvesten. Aangezien watersysteemkennis meer is dan enkel modellering, is het correcter te stellen dat de werking van het Overlegplatform **defacto samenvalt met deze van de "werkgroep modellering" van het Subcomité Watersysteemkennis van het VIWC**. Toch blijft, ook binnen het VIWC, nog steeds sprake van het Overlegplatform, zodat de oorspronkelijke missie overeind blijft, zijnde een bestuurlijk- en eindgebruikersforum gericht op de modellering van watersystemen. Op korte termijn zal het Overlegplatform derhalve nog uitgebreid moeten worden met vertegenwoordigers van de eindgebruikers als studie bureaus, universiteiten, e.a. .

2. *Probleemstelling inzake Watersysteemmodellering*

Integraal waterbeheer veronderstelt een **grondige onderbouwing** bij de inzet van het juridisch instrumentarium, de opmaak van waterbeleidsplannen en de realisatie van beheersmaatregelen op het terrein. Teneinde de verstoringketens te onderkennen (verdroging, wateroverlast, verontreiniging,...) en maatregelen uit te werken om duurzame evenwichten in watersystemen te herstellen volstaat het **niet om ad hoc** metingen te doen en individuele projectgerichte studies te lanceren. Alleen een geïntegreerde cyclus van geoptimaliseerde meetnetten, toegankelijke databanken en bruikbare numerieke modellen van watersystemen in al hun aspecten, laat toe om de complexiteit van de watersystemen te vatten en de nodige input te leveren (rapportering over toestanden en trends, resultaten van scenarioberekeningen,...) die vereist is voor de realisatie van integraal waterbeheer. De uitbouw en structurering van de watersysteemkennis ten behoeve van de drie niveaus die zich momenteel aftekenen in Vlaanderen (stroomgebiedniveau, bekkenniveau en deelbekkenniveau) is daarom noodzakelijk. Een grote uitdaging daarin is het **integreren** van de momenteel verspreide **kennis** rond watersystemen. Zowel op het vlak van meetnetten, databanken als modellering lanceren vandaag verschillende actoren in Vlaanderen initiatieven die nog al te vaak een individuele aanpak van problemen beogen. In de eerste plaats is dit gebrek aan afstemming het meest problematisch op het vlak van de modellering van watersystemen. Zo worden binnen een zelfde deelstroomgebied of voor een zelfde watervoerende laag nog vaak meerdere modellen ontwikkeld die niet op elkaar aansluiten, soms deels overlappen, waarvan de resultaten niet uitwisselbaar zijn, ... Voor bepaalde aspecten worden er heden nog geen modellen ontwikkeld of zijn er onvoldoende meetgegevens. De nood aan afstemming van de verspreide kennis inzake water uit zich op vele vlakken: kwantiteit-kwaliteit, ecologie-waterbeheer, afvalwaterstelsels-waterlopen, oppervlaktewater-grondwater, bevaarbaar-onbevaarbaar, verschillende categorieën van onbevaarbare waterlopen,... Integraal waterbeheer moet gesteund zijn op een geïntegreerde kennis van het gedrag van oppervlaktewater en grondwater, op de schaal van een stroomgebied, een bekken, een deelbekken of een watervoerende laag. De mogelijkheden om de bestaande kennis te ontwikkelen tot meer geïntegreerde kennis worden heden nog **onvoldoende benut** op Vlaams niveau.

3. *Doelstellingen van Watersysteemmodellering*

De aanzet tot systematische basismodellering werd in het begin van de jaren negentig gegeven vanuit de rioleringswereld waarbij hydraulische modellen opgebouwd werden teneinde **technische ontwerpen** van de zuiveringsinfrastructuur te dimensioneren. Al vlug werden met dezelfde modellen alternatieve scenario's berekend en was meteen de stap gezet naar modellen als **studie-tools**. Uiteindelijk bleek het originele basismodel ook bruikbaar te zijn als dagdagelijks **beheersinstrument** al dan niet in **operationele** vorm. Inderdaad ook bij waterloopmodellering wordt vastgesteld dat na een ontwerp- en studiefase hydrodynamische modellen momenteel gerecupereerd worden voor operationeel beheer wat zowel kan inhouden dat b.v. de al dan niet machtiging van een overstort via de modellen voorafgaandelijk wordt geëvalueerd of dat een real-time voorspelling van een hoogwatergolf wordt gecommuniceerd.

Op heden is modellering nog vaak gericht op de finaliteit van beheer, echter op korte termijn zullen modellen ook voor de volledige **beleidsplanning**¹ ertoe bijdragen dat de verschillende functies van het watersysteem objectief kunnen afgewogen worden en dat optimale doelstellingen kunnen geformuleerd worden.

Naast het drieluik planning, ontwerp en beheer kunnen nog een aantal andere doelstellingen van modellering aangehaald worden. Een eerste is dat modellen toelaten om het bestaande **kennispassief beter te beheren én te behouden**, zodat de bestaande terreinkennis in hoofde van vele ervaren medewerkers niet verloren gaat of telkens opnieuw moet opgebouwd worden wanneer zij de organisatie verlaten (b.v. pensionering). Alhoewel geen doel op zich, kunnen we er niet onderuit dat de hoge vlucht die modellen namen in het afgelopen decennium mee is ingegeven door de **informatisering**. Net zoals topografische kaarten of gewestplannen gedigitaliseerd werden ten behoeve van GIS-toepassingen, worden waterlijnberekeningen heden ten dage ook niet meer efficiënt met een rekenmachine uitgevoerd.

Een specifieke doelstelling voor Watersysteemmodellering is bovendien dat getracht wordt om expliciet rekening te houden met de grenzen van het watersysteem en aldus, steeds in overleg, op een **bevoegdheidsdomein overschrijdende manier** modellen worden opgebouwd. Er kan b.v. verwezen worden naar Bekken Modellen die in de toekomst beslist hydrodynamisch zullen moeten uitgebreid worden met het Waalse gedeelte van een aantal stroombekkens. Een aanpak die trouwens door tal van gerenommeerde experts in de media werd vooropgesteld naar aanleiding van de overstromingen in de overgang van 2002 naar 2003. Het is immers een illusie te denken dat modellen die strikt samenvallen met de grenzen van het bevoegdheidsdomein dan ook maar in staat geacht kunnen worden om de werkelijke processen te beschrijven die zich 'on-field' voordoen.

Er kan afrondend dus niet voldoende beklemtoond worden dat watersysteemmodellering nooit een doel op zich mag zijn. Het is **steeds een middel tot**, waarbij de wederzijdse band met het terrein een absolute vereiste is. Immers, geen goede modellering zonder goede terreinkennis en geen goed actie op het terrein zonder goede modellen. Het ultieme doel van watersysteemmodellering (en eigenlijk elke vorm van modellering) is dan ook de best mogelijke nabootsing van het gehele watersysteem.

¹ Stroomgebiedsbeheerplan, bekkenbeheerplan, Algemeen Waterzuiverings Plan, Sigma-plan, Ruimtelijk Structuurplan

4. *Huidige stand van zaken - modelgebruik*

In Vlaanderen zijn verschillende actoren actief met het bestuderen van onderdelen van watersystemen met behulp van modellen. Op Vlaams niveau zijn dat de partners die verenigd zijn in het Overlegplatform modellering van watersystemen. Naast het Vlaamse niveau zetten ook lokale waterloopbeheerders (provincies, gemeenten, polders en wateringen) steeds meer simulatiemodellen in voor de onderbouwing van hun waterloopbeheer. Tenslotte is er de studie- en onderzoekswereld aan universiteiten, studiebureaus en instellingen die meestal in opdracht van voormelde overheden werken doch die vaak ook eigen onderzoek ontwikkelen met betrekking tot watersysteemmodellering.

Het gebruik van de modellen beperkt zich in Vlaanderen tot zij die ze opgebouwd hebben (veelal externe dienstverleners) en vervolgens in het beste geval **individuele specialisten** bij de opdrachtgevende besturen. Van ruime participatie is momenteel geen sprake. Ook het hergebruik van opgeleverde basismodellen zit nu nog in een aanvangsfase.

In de onderstaande opsomming wordt tenslotte **een overzicht** gegeven van alle modelmerken momenteel in gebruik bij de partners van het Overlegplatform. Er blijkt dat een meerderheid van de gebruikte software-pakketten voor het grondwater gesitueerd zijn rond Modflow en voor het oppervlaktewater rond producten verdeeld door WallingfordSoftware (ISIS / InfoWorks / FloodWorks-programmagroep).

- AMINAL- Water Hydrologische modellering: PDM
Hydraulische modellering waterlopen: ISIS, InfoWorks RS
Operationele bekkenmodellen (OBM): FloodWorks
Grondwatermodellering Vlaams Grondwater Model, regionale modellen: Wetspa, Modflow e.a.
- Aquafin Rioolmodellering: Hydroworks, InfoWorks CS
RWZI-modellering: WEST, CHAT
- AWZ – HIC Hydrologische modellering: NAM
Hydraulische modellering: Mike 11, Delft 3D, ISIS
Operationele modellering: Floodwatch
Morfologische modellering en sedimenttransport: Delft 3D
- IN Ecohydrologische modellering: prototypes ITORS-VI en NICHE-VI
Grondwatermodellering regionaal, subregionaal, lokaal: Microfem, Modflow, Wetspa e.a.
Modellering sedimenttransport: Multsed
- Prov. Antwerpen Hydraulische modellering waterlopen: PDM / ISIS en InfoWorks-RS
- Prov. Vl. Brabant Hydraulische modellering waterlopen: PDM / ISIS en InfoWorks-RS
- Prov. O-Vlaand. Hydraulische modellering waterlopen: ISIS
- VLM Waterloopmodellering: ISIS
Grondwatermodellering: Modflow
- VMM Waterkwaliteitsmodellering: SIMCAT, Pegase
Nutriëntenafvoer: SENTWA
Pesticidenafvoer: SEPTWA
- VMW-SVW Grondwatermodellering: Modflow, Mike SHE, Microfem

5. **Afbakening van domein en noden van Watersysteemmodellering**

In onderstaande tien punten wordt toegelicht hoe het domein en de noden er uitzien voor de modellering van een aantal componenten van het watersysteem. We onderscheiden een algemene hydrologisch component, het kwantitatieve en kwalitatieve waterloopgebeuren, het sedimenttransport in een waterloop, het kwantitatieve en kwalitatieve afvalwatergebeuren, grondwaterkwantiteit en grondwaterkwaliteit en de hydro-ecologische component.

5.1 **Hydrologie (neerslag, verdamping, afvoer)**

Aangezien neerslag de drijvende kracht is achter alle processen die zich voordoen in het watersysteem, hoeft het niet te verwonderen dat zowat alle in punt 4 gemelde modellen een 'hydrologische component' hebben die toelaat om de reactie van het watersysteem op de neerslag(invoer) te beschrijven. Het is evenwel zo dat deze reactie verschillend is voor verschillende deelwatersystemen. Zo is voor de modellering van een rioolsysteem de opeenvolging van lange neerslagreeksen geruime tijd niet aan de orde geweest omdat terecht werd aangenomen dat initiële modelcondities (als verzadigingsgraad) voor verharde gebieden toch niet zwaar determinerend zijn. Voor de modellering van waterlopen is dit wel het geval en derhalve werd het gebruik van composietbuien (zoals bij rioleringsmodellen) er al snel verlaten. En voor grondwatermodellen is het deelsysteemgedrag opnieuw anders. Gezien de tragere respons wordt er dus b.v. geen gebruik gemaakt van uurlijkse neerslagdata (in tegenstelling tot riool- en waterloopmodellen) maar is de aanwending van ruimtelijk verdeelde neerslag dan wel meer relevant gezien de meestal grotere schaal van grondwatermodellen en het defacto gebruik van ruimtelijk verdeelde modellen. Als de reacties van de deelsystemen al zoveel verschillen hoeft het niet te verwonderen dat het type hydrologisch model (laat staan het merk) zal verschillen. Voor rioolmodellering hoeft het hydrologisch model vooral de neerslag-afvoer relatie van verharde gebieden te beschrijven (rc 0.8) terwijl bij het modelleren van waterlopen vnl. de landelijke gebieden hydrologisch gemodelleerd worden. Onnodig te zeggen dat zowel de rioolbeheerder als waterbeheerder momenteel een 'probleem' hebben als er resp. een stukje landelijk of gerioleerd gebied binnen hun projectgebieden liggen. En bij grondwatermodellering is de 'hydrologische finaliteit' er tenslotte een van grondwatervoeding en niet van afvoer die er aanzien wordt als een randvoorwaarde of restterm terwijl grondwatervoeding voor riool- en waterbeheerders net de restterm is.

De hierboven geschetste scheiding en soms tegengestelde noden is vooral de resultante van het beschikbare modelinstrumentarium dat nu eenmaal gecompartmenteerd is. Anderzijds dient gezegd dat in vele gevallen de hydrologische modellering voor de deelsystemen wel sub-optimaal is. Een van de grote **uitdagingen** voor geïntegreerde watersysteemmodellering is dan ook het vinden van **een hydrologisch model dat voor elk deelsysteem zo optimaal mogelijk blijft** zonder evenwel in overbodige detaillering of niet relevante systeembeschrijving te verzanden.

5.2 **Waterlopen kwantiteit (hoge en lage afvoeren)**

Tot voor enkele jaren was de afbakening van het domein van de kwantitatieve waterloopmodellering eenvoudig. Het betrof een individueel project - veelal opgestart in het licht van een uit te voeren werk - waarbij enkel off-line de hydraulische aspecten (in de waterloop zelf) werden bestudeerd. Thans behoren tot het domein eveneens de hydrologische aspecten, de stroming buiten de bedding, kartering van gesimuleerde overstromingsgebieden, real-time modellering, model gebaseerde sturingen,

Methodologisch staat waterloopmodellering dermate ver dat, mits kwalitatief hoogstaande invoergegevens worden gebruikt, zowat alles wat zich in de waterloop en zijn relevante omgeving afspeelt kan gemodelleerd worden met een zeer hoog waarheidsgetrouw

gehalte. Wel is het zo dat de focus in grote mate gericht is op het modelleren van **hoogwater** dit tengevolge van de directe uitgesproken interesse van de waterbeheerders en de maatschappij in de overstromingsproblematiek, doch eveneens tengevolge van het feit dat vanuit waterkwaliteitsmodellering tot op heden weinig tot geen vraag is naar laagwater-simulaties op dergelijke gedetailleerde schaal. Er is ook niet langer sprake van individuele projecten maar van heuse **modelleringsprogramma's** bij verschillende waterbeheerders. Het hoeft dan ook niet te verwonderen dat tezamen met het rioolstelsel de waterlopen tot de meest gemodelleerde deelsystemen in Vlaanderen behoren. Een wezenlijk verschil tussen deze deelsystemen is wel dat voor waterloopmodellering tal van individuele beheerders hun eigen modelleringsprogramma's invullen wat een rechtstreeks gevolg is van de versnipperde bevoegdheidsverdeling inzake waterlopen. Door de exponentiële groei van het aantal waterloopmodellen zijn tevens een aantal nieuwe items tot het modelleringsdomein gaan behoren zoals het **beheer en het hergebruik van waterloopmodellen**.

De grote uitdaging ligt er tenslotte in om de ontwikkelde basismodellen **te integreren op stroomgebiedsdistrict- en bekkenniveau** waarbij via samenwerking een bevoegdheidsoverschrijdend uniform modelinstrumentarium wordt betracht.

5.3 Waterlopen kwaliteit (gemiddelde en lage afvoeren)

Waterkwaliteitsmodellen trachten het milieubeleid inzake de waterkwaliteit van de oppervlaktewateren in Vlaanderen op milieutechnische en wetenschappelijke wijze **onderbouwen** volgens het principe van integraal waterbeheer. Waterkwaliteitsmodellen worden als beleidsondersteunend hulpmiddel gebruikt bij het opstellen van algemene waterkwaliteitsplannen (AWP2), bekkenbeheerplannen (BBP) en stroomgebiedbeheerplannen (SGBP). Modellen laten toe resultaten van simulaties over de waterkwaliteit van waterlopen snel en systematisch te berekenen. De resultaten en de besluiten die eruit worden afgeleid, worden wetenschappelijk onderbouwd. Modellen bieden de mogelijkheid de resultaten aantrekkelijker voor te stellen, waardoor ze sneller worden aanvaard. Modellen zijn een middel om toekomstsimulaties te maken.

De waterkwaliteit van de oppervlaktewateren, ingedeeld per bekken of per stroomgebied, wordt met behulp van waterkwaliteitsmodellen gemodelleerd. Deze modellen houden rekening met en beschrijven de fysische, chemische en biochemische processen die zich in de waterlopen afspelen. De aandacht is voornamelijk gericht op de volgende onderzoeksthema's : de zuurstofhuishouding, de eutrofiëring door nutriënten (plantenvoedingsstoffen). Een derde thema, de verontreiniging door zware metalen, komt inmiddels eveneens aan bod.

De uitbreiding en integratie van hydrologische meetnetten en de oprichting van een meetnet permanente meetstations waterkwaliteit, samen met de hydrologische meetnetten, zouden toelaten om diepgaander onderzoek met behulp van een dynamisch, deterministisch waterkwaliteitsmodel in het kader van integraal waterbeheer te ondernemen. Ook een **nauwere samenwerking** tussen verschillende partners die betrokken zijn bij watersysteemmodellering is een vereiste.

5.4 Waterlopen sedimenttransport

Zover de modellering van hoogwater staat, zo achter staat de modellering van sedimenttransport. Een holistische benadering zou stellen dat het domein van sedimenttransport modellering het ganse traject moet bestrijken van sedimenttoevoer naar de waterlopen in de brongebieden, de sedimentdoorvoer in een aantal waterlopen, tot uiteindelijk de sedimentatie en erosieprocessen in de Zeeschelde. Momenteel zijn de toepassingen veel minder ambitieus en beperken ze zich tot een aantal cases in de Beneden- en Zeeschelde en academische oefeningen. Zowel het **gebrek aan data als het niet op punt staan** van de sediment-modules in waterloopmodellen zijn hiervoor verantwoordelijk. Anderzijds dient gezegd dat in het kader van de ruimings- en baggerproblematiek of de waterbodems, sedimenttransportmodellen zeer nuttige bijdragen zouden kunnen leveren. Ook dient vermeld dat het erosieonderzoek dermate

ver gevorderd is, dat een erosiekaart Vlaanderen (20*20m) beschikbaar is en de mogelijkheid bestaat om dit instrument een tijdsafhankelijke dimensie te geven zodat voor willekeurige locaties tijdreeksen van sedimenttoevoer naar de waterloop gegenereerd worden.

5.5 Afvalwaterstelsels kwantiteit

Het gebruik van hydrodynamische modellen voor rioolstelsels is gedurende de afgelopen jaren een standaard berekeningsmethode geworden. Op dit moment wordt deze vorm van modellering gebruikt voor volgende doelstellingen : lange en korte termijn planning van nieuwe of te vernieuwen infrastructuur, en operationeel beheer van de bestaande infrastructuur. Het model bestaande toestand, waarvan de resultaten geverifieerd worden op basis van korte termijn debietmetingen, dient als referentiemodel voor de verschillende planningsscenario's. In de nabije toekomst zal er vooral aandacht besteed worden aan **het beheer en up to date houden** van dit referentiemodel, teneinde sneller te kunnen inspelen op beheersproblemen (wateroverlast, overmatige verdunning, ...).

Bij het modelleren van rioolstelsels speelt de **interactie** met de ontvangende (of aangesloten) **waterloop** een belangrijke rol. Momenteel wordt hierbij dikwijls een standpunt van "worst case scenario" gevolgd, hetgeen in de praktijk echter weinig realistisch is. Een **betere afstemming** met riviermodellen is hier **noodzakelijk** om tot een beter beheer van deze interacties te kunnen komen.

Wat de modellering van RWZI's betreft, is het kwantitatieve luik van minder belang. Dit wordt enkel gebruikt als een interne controleberekening voor de dimensionering van de verschillende compartimenten.

5.6 Afvalwaterstelsels kwaliteit

De kwalitatieve (vuilvrachten)modellering van rioolstelsels is vandaag **nog geen routine-toepassing**, zoals de hydrodynamische modellering. Belangrijkste knelpunten zijn het transportgedrag van sedimenten en de oppervlakte-afspoeling. Voor droogweerssimulaties worden stilaan wel bemoedigende resultaten geboekt. Voldoende metingen blijven hier wel een belangrijk knelpunt. De belangrijkste verhoopte toepassing van deze modellen is een verbeterde voorspelling van overgestorte vuilvrachten.

De kwalitatieve **procesmodellering van RWZI's** daarentegen is de laatste jaren de fase van piloot- en onderzoeksprojecten ontgroeid, en kent reeds verschillende **praktische toepassingen** voor zowel beheer als ontwerp (renovatie). Voor de toekomst wordt hier vooral uitgekeken naar de koppeling met vuilvrachtenmodellen van rioolstelsels, teneinde tot een betere dynamische voorspelling van het influent te komen.

5.7 Grondwater kwantiteit

Om de **impact** van grondwaterwinningen op de grondwaterstroming te kunnen kwantificeren zijn grondwatermodellen onmisbaar geworden. Grondwatermodellen zijn in staat complexe situaties, zoals interacties tussen verschillende watervoerende lagen, te simuleren. Ze laten toe waterbalansen, stroomlijnen, stroomtijden en grondwaterstanden te berekenen. Modellen laten toe scenarioberekeningen uit te voeren en te vergelijken. De resultaten (peilen, balansen) kunnen op een objectieve manier met elkaar vergeleken worden zodat beleidsbeslissingen goed kunnen onderbouwd worden. Daarenboven laat het modelleren toe om **voeling** te krijgen het grondwatersysteem.

Momenteel zijn met verschillende partners reeds verschillende grondwatermodelleringen uitgevoerd. De huidige ad hoc modelleringen leiden tot een wildgroei van modellen die niet op elkaar afgestemd zijn. Een **gebiedsdekkend, toegankelijk en operationeel** grondwatermodel (VGM: Vlaams Grondwater Model) dat dienst doet als het standaard grondwatermodel dringt zich op om een **verdere wildgroei** aan modellen te **vermijden**. Om tot een algemeen aanvaard standaard grondwatermodel te komen moet dit model ontwikkeld worden in samenspraak met bovenstaande actoren en moeten de resultaten

ervan publiek gemaakt worden. Dit kan door een stuurgroep op te richten waarin vertegenwoordigers van de toekomstige gebruikers zetelen en de resultaten van de modelleringen via DOV toegankelijk te maken.

Het VGM moet een operationeel model zijn dat continu aangepast wordt aan de actuele toestand van de kennis van het grondwatersysteem. De modellen bundelen op die manier steeds de beschikbare informatie. Zo worden continu boorgegevens gerapporteerd, worden her en der pompproeven uitgevoerd, worden winningen vergund of lopen winningen af. Door het model aan te passen aan de laatste stand van zaken heeft de beleidsmaker steeds een gebruiksklaar instrument te zijner beschikking waardoor snel en efficiënt scenario's berekend kunnen worden. Het VGM moet toelaten gegevens op verschillende schalen te modelleren: regionale grondwatersystemen, lokale grondwatersystemen en tot de schaal van één enkele winningsput. In eerste instantie is het VGM een Vlaams model dat uit een aantal regionale deelmodellen bestaat. De resultaten van deze deelmodellen zullen naadloos aan elkaar gezet worden, zodat de eindgebruikers naadloze gebiedsdekkende informatie kunnen opvragen.

Eens deze regionale modellen beschikbaar zijn kan gestart worden met de modellering van lokale grondwatersystemen zoals specifieke valleigebieden, kwelgebieden of intrekgebieden van waterwinningen. De informatie nodig voor de ontwikkeling van deze lokale modellen zal grotendeels uit het regionale model ter beschikking komen (randvoorwaarden,...). Er zal echter bijkomende lokale informatie moeten verzameld en verwerkt worden om deze modellen op te bouwen (fijnere detaillering van het DTM, invoeren van kleinere waterlopen,...)

5.8 Grondwater kwaliteit

Er is vraag naar het modelleren van water- en stoffentransport in de bodem en de verzadigde zone. Dit is echter **geen routinemodellering** en vereist voldoende kennis van het stroomsysteem, de verdeling van de grondwaterkwaliteit en de mineralogische samenstelling van de lagen. Pas wanneer deze voldoende gekend is kan een duidelijk concept van de interactie tussen grondwater en mineralen ontwikkeld worden. Dit concept kan vervolgens in het model ingepast worden.

Het modelleren van grondwaterkwaliteit beperkt zich in de praktijk meestal tot het modelleren van de verspreiding van een **vervuilingspluim rond een puntbron**. De meeste bestaande software voor stoffentransport in grondwater is dan ook hierop toegespitst. Deze software beschrijft op een vereenvoudigde manier het transport van een bepaalde stof in een poreus "reactief" medium. Het transport wordt in deze modellen voornamelijk door fysische of fysicochemische concepten beschreven (retardatie, verval, adsorptie, dispersie en diffusie).

Er bestaan eveneens modellen die de grondwaterkwaliteit beschrijven vanuit een **geochemische invalshoek**. Deze modellen laten toe ingewikkelde processen duidelijker te modelleren. Deze modellen koppelen chemische evenwichtsberekeningen (berekenen van ionensterkte, activiteiten en oplosbaarheidsproducten voor verschillende mineralen of gasfasen, kationuitwisseling, protonuitwisseling) aan 1 dimensionaal transport (diffusie, dispersie, dual porosity) van water. Modellering van de grondwaterchemie langs een stroomlijn van infiltratiegebied tot kwel- of brongebied is één van de talrijke mogelijkheden van deze modellen. Geochemische modellen vereisen behoorlijke rekenkracht en zijn in het verleden daarom enkel voor 1 dimensionaal transport toegepast. Door de opkomst van steeds krachtigere computers zijn recent geochemische modellen gekoppeld aan 3D grondwaterstromingsmodellen ontwikkeld. De toepassing van deze geochemische modellen beperkt zich voorlopig nog tot het academisch milieu.

5.9 Hydro-ecologie

De karakteristieken en samenstelling van de vegetatie worden in vochtige en natte gebieden in grote mate gestuurd door de hydrologische condities op de standplaats. In hydro-ecologische modellen worden deze relaties gekwantificeerd. Dit biedt de

mogelijkheid om op basis van (eventueel gemodelleerde) standplaatsfactoren de potenties voor vegetaties en soorten in bepaalde gebieden in te schatten door hun kans op voorkomen te berekenen en hun aan- of afwezigheid in te schatten. Het levert een instrument om natuurontwikkelings- en natuurherstel**projecten voor te bereiden** en te begeleiden, en om **effecten van ingrepen** op de standplaats (verdroging, vernatting, overstroming, ...) **te evalueren**.

Er worden hydro-ecologische modellen voor Vlaanderen ontwikkeld op basis van Nederlandse voorbeelden. Op het ogenblik wordt gewerkt aan

ITORS-VI:

- berekent voor 80 planten- en mossoorten en 11 vegetatietypen de kans op voorkomen op basis van dynamische en chemische kenmerken van ondiep grondwater.
- gebaseerd op multiple logistische regressie.
- toepasbaar in vochtige en natte biotopen, nutriënt-arm, in valleigebieden van de Kempen, het Hageland en de Leemstreek.

NICHE-Vlaanderen

- voorspelt standplaatsfactoren op basis van bodem, hydrologie en aan de hand van uitgewerkte beslisregels.
- voorspelt op basis van de standplaats, de potentiële ontwikkeling van vegetaties

Er wordt gestreefd naar de bouw of aanpassing van hydro-ecologische modellen om tot een reeks instrumenten te komen die de voor Vlaanderen relevante toepassingsvelden en –schalen dekken. Op korte termijn betekent dit de afwerking van Itors-VI en de ontwikkeling van Niche-Vlaanderen. Op middellange termijn moeten de mogelijkheden worden onderzocht voor een model inzetbaar op regionale schaal, voor de uitbreiding van het toepassingsgebied van Itors-VI en Niche-Vlaanderen, en voor het **inbrengen van het effect van overstromingen** (frequentie, diepte, duur, nutriënten) op valleibiotopen.

6. *Op weg naar geïntegreerde Watersysteemmodellering*

Uit het vorige punt is gebleken dat het modelleringsgebeuren in Vlaanderen een zeer breed domein bestrijkt en dat nagenoeg alle componenten van het watersysteem behandeld worden. Zoals ook al in de probleemstelling aangehaald, kan evenwel ook opgemaakt worden dat de integratie - zowel de geografische als de systeemgerichte - van deze deelmodellen (nog) niet behandeld wordt door de waterbeheerders.

Geïntegreerde watersysteemmodellering vertrekt vanuit de premisse dat integraal waterbeheer nood heeft aan geïntegreerde kennis. **Alle waterbeheerders** in Vlaanderen **erkennen** trouwens expliciet dat de kwaliteit van hun basismodellen enkel kan **verbeteren** als hun modellen zich kunnen baseren op de resultaten bekomen door andere basismodellen. Twee verschillende benaderingen inzake geïntegreerde watersysteemmodellering kunnen evenwel gevolgd worden.

De eerste is een **beleidsmatige benadering** die stelt dat enkel door conceptualisatie van de bestaande gedetailleerde modellen er een globaal model kan ontwikkeld worden dat in staat is het watersysteem integraal te beschrijven. Deze eerder **academische integratie** volgt een top-down traject; eerst wordt een nieuw modelleerplatform geconcipeerd en nadien wordt dit ingevuld via vereenvoudigde detailmodellen. Een voordeel op het eerste zicht is de grotere beheersbaarheid van het geïntegreerde model, er wordt immers van nul vertrokken en de uiteindelijke grootte (graad van detail) van het model kan nog bepaald worden. Een nadeel is dat de detailmodellen moeten omgezet worden, een operatie die moet herhaald worden telkens het detailmodel en de onderliggende fysische realiteit wijzigt.

De tweede benadering is een **beheersmatige benadering** die er vanuit gaat dat het geïntegreerd model kan ontwikkeld worden door de gedetailleerde fysische modellen zelf met elkaar te koppelen. Deze benadering volgt eerder een bottom-up benadering, er wordt vertrokken vanuit de praktijk van de bestaande deelmodellen en de integratie-overwegingen worden afhankelijk gemaakt van de bestaande modellen en volgen de mogelijkheden op softwarematig vlak. Vandaar dat deze benadering ook wordt omschreven als **technologische integratie**. Het voordeel van deze aanpak is dat er geen omzettingen dienen te gebeuren. Een mogelijk nadeel kan gezien worden in de over-complexiteit en traagheid van het geïntegreerd model, wat evenwel mogelijks kan opgevangen worden door schaling op een aantal niveaus en/of passende hardware-investeringen.

Naast deze twee benaderingen kan ook nog melding gemaakt worden van een pseudo-vorm van geïntegreerde watersysteemmodellering waarbij enkel de **uitgangsdta en/of de modelresultaten worden uitgewisseld**. Dit is geen volwaardige geïntegreerde modellering omdat de modellen nog steeds onafhankelijk opereren (de randvoorwaarden worden niet gereduceerd doch enkel vervangen door nauwkeurigere randvoorwaarden). Bij uitwisseling van uitgangsdta wordt bovendien dubbel gemodelleerd, waarbij de kwaliteit van dit dubbel-model niet gegarandeerd kan worden aangezien het niet zal opgemaakt worden door de bevoegde waterbeheerder die het best geplaatst is om het unieke basismodel op te (laten) maken.

Een quasi volstreekte **meerderheid** van de Vlaamse **waterbeheerders** **verkiest technologische integratie** boven de beleidsmatige, eerder academische, benadering. In de aanbevelingen zal technologische integratie dan ook nog verder omschreven worden.

7. *Knelpunten bij Watersysteemmodellering*

Zolang onze kennis van het watersysteem in realiteit (te velde) niet optimaal is, zullen modellen voor verbetering vatbaar zijn. Het merendeel van de watersysteem-processen is op mondiaal niveau gelukkig voldoende gekend zodat eventuele **kennishiaten** in de modellen beperkt blijven. Enkele kleinere kennishiaten zijn het niet aangepast zijn van modelvergelijkingen of modelparameters aan de Vlaamse context maar bovenal het ontbreken van kennis die deelwatersystemen geïntegreerd benadert. Er zijn wel riool-, waterloop- en grondwatermodellen maar onduidelijk is met welke kennis b.v. het effect van de waterkwaliteit aan een overstort op het ondiepe grondwater moet geëvalueerd worden.

Daar waar in de praktijk het nog net haalbaar is om met de bestaande **bevoegdheidsverdelingen** gestalte te geven aan integraal waterbeheer, leidt het opstellen van modellen conform de bevoegdheidsverdeling tot "systeemvreemde" en zelfs foutieve modellen. Een mooie illustratie hiervan is het bestaan van losstaande waterloopmodellen van 2° en 1° categorie naast bevaarbare waterloopmodellen, terwijl deze nochtans allen tot het **kennisdomein** van de kwantitatieve oppervlaktewaterhydrologie behoren. Maar ook het verschil tussen riool- en rwzi-model, of meteorologisch en hydrologisch model behoort hiertoe.

De **verschillende type** modellen (Ruimtelijk verdeeld – Lumped; Fysisch – Conceptueel; Gedetailleerd – Vereenvoudigd; Tijdsafhankelijk – Statistisch) moeten gezien worden in hun historisch perspectief. Uiteraard waren de eerste modellen vereenvoudigd, conceptueel, statistisch en lumped van aard. Doch zelfs op de dag van vandaag behoort een volledig ruimtelijk verdeeld, fysisch-gedetailleerd en tijdsafhankelijk model niet tot het standaard modelinstrumentarium. De modellen die we met z'n allen gebruiken bevinden zich hier ergens tussenin, afhankelijk van de combinatie waaruit hun vierledige typologie bestaat en gaan dus in feite terug op de graad van innovativiteit waarop de deelmodellen gebaseerd zijn. Verschillende modeltypen zijn uiteraard niet eenduidig compatibel en resulteren bovendien nog eens in verschillende modelleringsmethodologiën.

Van elke type model voor een bepaald deelwatersysteem bestaan er vervolgens verschillende merken (lees **software**) al dan niet geïntegreerd in een bepaalde overkoepelende **modelomgeving**. Het kan dus best zijn dat verschillende waterbeheerders met hetzelfde type model werken maar toch een verschillend softwarepakket gebruikten, zoals b.v. het geval is bij de waterloopmodellering van AMINAL en AWZ.

Elke waterbeheerder is ervan overtuigd dat samenwerking positieve impulsen kan geven aan het modelleringsgebeuren. Nochtans ontbreekt het in de praktijk veelal aan **samenwerking**, zeker vooraleer projecten worden opgestart. Zolang samenwerking vrijblijvend is en het niet gestructureerd gebeurt via bindende samenwerkingsverbanden, zullen er wel altijd opdrachten binnen de eigen organisatie zijn die meer prioritair zijn dan samenwerken.

Alle basismodellen worden **gefinancierd** door kredieten van de individuele waterbeheerders. Deze werkwijze is niet meer opportuun bij geïntegreerde modellering gezien het bevoegdheidsoverschrijdende karakter. Wie zal instaan voor de gemeenschappelijke hardware, wat met licentiekost van software, hoe uitbesteden,

Alle modellen zijn maar zo goed als de **data** waarop ze gebaseerd zijn. Zonder gevalideerde en representatieve data, die gebiedsdekkend op een uniforme manier beschikbaar zijn, zal de realisatie van geïntegreerde watersysteemmodellering steeds gehinderd worden.

8. **Aanbevelingen omtrent Watersysteemmodellering**

1. Samenwerkingsovereenkomst en bindend actieprogramma

Aangezien elke partner van het Overlegplatform erkent dat afstemming en integratie een meerwaarde vormen voor het modelleringsgebeuren, doch dat in de praktijk het nog niet zo lukt, is een eerste aanbeveling om na onderling overleg te komen tot een **bindende samenwerkingsovereenkomst** inzake geïntegreerde watersysteemmodellering, inclusief een eveneens **bindend actieprogramma**. Centraal in het samenwerkingsverband dient te staan de evenwaardige vertegenwoordiging van elke partner betrokken bij het Overlegplatform.

2. Gestandaardiseerd decentraal beheer van basismodellen via een Vlaams Modelleerplatform

Na bijna een decennium van modelopbouw dienen in Vlaanderen de basismodellen hoogdringend **geconsolideerd** te worden wat o.a. betekent dat in sommige gevallen modellen (alsnog) digitaal dienen opgeleverd te worden en dat de bestanden van de vele honderden CD's dienen ondergebracht te worden binnen een standaard model-beheersysteem. Hardware-matig kan dit gezien worden als een **aantal decentraal beheerde modelservers** die onderling met elkaar dienen te communiceren en toegankelijk zijn voor externen.

Modelbouwers, modelgebruikers, modelleveranciers en niet in het minst de waterbeheerders zelf hebben er vervolgens alle belang bij dat **software- en methodologische standaarden** dit beheerssysteem vorm geven. De hoge vlucht die GIS in Vlaanderen nam in de voorbije jaren is ook in hoge mate op standaardisatie gebaseerd en moet voor modellering dringend gevolgd worden, zoniet zullen de waterbeheerders door (gebrek aan) modelgebruikers onherroepelijk afgerekend worden. Ook vanuit de politieke wereld zal de rekening ongetwijfeld gepresenteerd worden als de "risicozones overstroming" niet zo uniform of consistent blijken als gevraagd was.

3. Technologische integratie ter realisatie van geïntegreerde watersysteemmodellering

Zodra nieuwe basismodellen via uniforme tools en technieken worden opgemaakt en ook de reeds opgeleverde basismodellen geactualiseerd werden naar deze uniforme richtlijnen, ligt de weg open naar geïntegreerde **Watersysteemmodellering**. Voor het oppervlaktewater impliceert Watersysteemmodellering de **geografische integratie** van basismodellen **op deelbekkenniveau** (de gemodelleerde waterzuiveringsinfrastructuur en lokale modellering van oppervlaktewater), **op bekkenniveau** (alle gemodelleerde waterlopen welke relevant zijn voor de 11 hydrografische bekkens) en **op stroomgebiedniveau** (de gemodelleerde waterlopen en kanalen die bekkenoverschrijdend zijn). Voor het grondwater is een analoge opdeling aangewezen resulterend in lokale-, sub-regionale grondwatermodellen en een Vlaams Grondwater Model.

Geïntegreerde Watersysteemmodellering is nog een stap verder en impliceert dat de verschillende modelniveaus (en de verschillende deelsystemen) met elkaar kunnen **interageren** (d.i. systeem-integratie). In concreto moet het dus mogelijk worden dat gemodelleerde overstortdebiëten, gemodelleerde afstromingsdebiëten van alle onbevaarbare waterlopen, de gemodelleerde getijdeninvloed aan het uitstromingspunt van de hydrografische bekkens, ... voor om het even welke modellocatie (rekenknoop) en om het even welk tijdstip via geavanceerde ICT-technologie kunnen uitgewisseld worden tussen de drie modelniveaus zowel in off-line als zelf in real-time mode. In praktijk zou b.v. zover kunnen gegaan worden dat bij de simulatie van eenzelfde gebeurtenis voor elke tijdstap van een riool- en een waterloopmodel aan de

interactiepunten het noodzakelijk is dat het gemodelleerde peil in de waterloop aan het rioolmodel wordt opgelegd en het overstortdebiet uit het rioolstelsel aan het waterloopmodel wordt opgelegd. Twee modelservers rekenen dus simultaan dezelfde gebeurtenis door zonder dat beide gedetailleerde modellen zelf aan elkaar gekoppeld zijn, enkel de model-output dient uitgewisseld.

Om geïntegreerde Watersysteemmodellering te realiseren **beveelt** een meerderheid van de waterbeheerders **aan** om via **bestaande en nieuw op maat te ontwikkelen technologie** de communicatie tussen modellen en hun resultaten te implementeren. Deze vorm van technologisch integratie is dus geenszins het zomaar aan elkaar hangen van alle modellen tot één mega-model. Op elk modelniveau wordt immers het beste uit de bestaande basismodellen herbruikt en elk modelniveau is **zowel leverancier** van eigen gegenereerde modeloutput **als ontvanger van model-output** gegenereerd op een ander modelniveau. Of nog anders gezegd, daar waar nu vele duizenden randvoorwaarden nodig zijn om de basismodellen draaiende te houden, zorgt technologische integratie ervoor dat maximaal gebruik wordt gemaakt van beschikbare model-output in andere modellen en dat overlap tussen modellen nagenoeg onbestaande is. Naar analogie met wat in de bestuurswereld sinds enkele jaren ingeburgerd is, zal dan waarlijk kunnen gesproken worden over model-subsidiariteit.

Bijlage 1

Visienota Modelleren van Watersystemen

afdeling Water

1. Inleiding

Deze nota wil een overzicht verschaffen van de modelleringsinitiatieven die momenteel bij de afdeling Water lopen of in ontwikkeling zijn. De nota komt er op vraag van de ambtelijke werkgroep "Overlegplatform modelleren van watersystemen" die in 1998 op initiatief van de afdeling Water is opgestart. Door het naast elkaar leggen van visies en plannen van aanpak bij andere waterbeheerders zal deze nota bijdragen tot een gefundeerde stellingname vanuit Vlaanderen ten aanzien van modellering. Hierna worden achtereenvolgens besproken waarom gemodelleerd wordt, wat gemodelleerd wordt en hoe modellering in een toekomstperspectief gezien wordt door de afdeling Water.

2. Waarom wordt gemodelleerd ?

Natuurlijke (water)systemen en de processen die deze controleren zijn moeilijk te doorgronden. Men kan niet op elke vierkante meter een peilput plaatsen om de grondwaterstand te kennen, een overstroming kan men niet induceren om het effect van beheer(sing)maatregelen te kennen, een waterloop kan niet vervuild worden om te weten welke emissies deze aankan, Kortom, **om een systeem** beter en in meer **omstandigheden te kunnen vatten** worden modellen opgebouwd die op een of andere wijze telkens trachten het natuurlijke systeem zo getrouw mogelijk te beschrijven. Watersystemen zijn te complex om ze in al hun kenmerken te vatten met klassieke rekenmethoden. Dankzij computermodellen zijn we in staat om snel effecten van bepaalde ingrepen te evalueren. Modellering moet ons toelaten om de effecten van zowel beleidsmatige als technische ingrepen in watersystemen op zo veel mogelijk gerelateerde aspecten in hun geheel te kunnen evalueren (waterkwaliteit, waterstroming, wijziging van structuur, invloed op ecologie...). Los van het feit dat courant bruikbare computermodellen maar dateren van het laatste decennium en dus pas sinds dan konden aangewend worden, is er een nog meer fundamentele reden. Deze reden is meteen dezelfde waarom anderen ervoor zorg(d)en dat b.v. topografische kaarten en kadastrale percelen werden gedigitaliseerd, zijnde **de informatisering**. Eens de digitale bestanden er zijn gaan ze in theorie levenslang mee, aanpassingen en meestal zelfs verbeteringen gebeuren door simpelweg een bestand te actualiseren. Sterker zelfs, de bestanden kunnen langer meegaan dan één loopbaanleven van een ambtenaar. Modelleren moet er dus ook op gericht zijn om opgebouwde **kennis** te verzamelen, **beheren** en beschikbaar te stellen voor komende generaties waterbeheerders (continuïteit van het beheer).

3. Wat wordt gemodelleerd ?

3.1 Basismodellen, algemene doorlichting van het ganse bevoegdheidsdomein via een meerjarenprogramma

Het laatste decennium werd Vlaanderen geteisterd door een aantal grote overstromingen. We denken hierbij aan deze van de winters van '93-'94 en '94-'95, de overstromingen van augustus '96, september '98 en december '99. Deels in antwoord op dit frequent overstromingsgedrag startte de afdeling Water van AMINAL in 1996 met vijf piloot-modelleringsstudies. Deze studies waren voornamelijk gericht op het hydraulisch gedrag van de onbevaarbare waterlopen van 1° cat. met een typisch stroomgebied van 50-500 km² en geven derhalve invulling aan het deelbekenniveau. Sedert 1997 werd een meerjarenprogramma opgestart wat aan het einde van dat jaar resulteerde in de aanvang van 15 modelleringsstudies terwijl twee jaar later nog eens 22 studies werden gegund. In de periode 2001 en 2002 werden tenslotte andermaal 9 studies aanbesteed. Alle studies moeten beëindigd zijn binnen het jaar en worden uitgevoerd door Vlaamse studiebureaus. De inhoud van de modelleringsstudies heeft in de afgelopen jaren nogal wat wijzigingen ondergaan wat geresulteerd heeft in een quasi-type bestek. Ze blijven wel nog steeds **gericht op het hoogwaterfenomeen** en op het **uitwerken van scenario's** ter bestrijding van wateroverlast. De eerste fase in elke studie bestaat uit een inventarisatie in een GIS-omgeving waaruit voornamelijk thematische waterkwantiteits- en waterkwaliteitskaarten komen, aangevuld met een beschrijvende tekst van algemene watergerelateerde aspecten, hydrologische- en beleidsaspecten. Parallel met deze fase gebeurt een hydrometeorologische meetcampagne die t.e.m. 1999 vijf weken duurde (nu 10 weken) en via een tiental deelgebieden het ganse stroomgebied bestrijkt. De resultaten van deze meetcampagne worden toegevoegd aan de bestaande historische meetreeksen van de limnigrafen en pluviografen. In een tweede fase gebeurt de hydrologische modellering met het continue conceptuele hydrologisch model ISIS-PDM. De derde fase bestaat uit de hydrodynamische modellering waarbij t.e.m. 1999 een **ISIS-model en nadien een InfoWorks-RS model** van de afwaartse waterlopen (1° cat. soms aangevuld met 2° cat.) en hun valleien wordt opgebouwd dat typisch uit 400 tot 2000 knopen bestaat. Hiertoe gebruiken studiebureaus de resultaten van recente topografische opmetingen. Na de calibratie en validatie van het hydraulisch model worden stormen met een

herhalingsperiode van 2, 5, 10, 25, 50 en 100 jaar gesimuleerd. De inloophydrogrammen zijn afkomstig van een hydrologische simulatie van 100 jaar waargenomen neerslag in het KMI te Ukkel. De resultaten van de hydrodynamische simulatie worden aangewend om overstromings-frequentie-kaarten van de bestaande toestand in te tekenen. Finaal worden volgend op dit derde luik een aantal scenario's doorgerekend. Typische voorbeelden hiervan zijn: het ruimen van een waterloop, het afbakenen en inrichten van natuurlijke overstromingsgebieden, het optimaliseren van sturingsregels in bestaande wachtbekkens, de renovatie van oude watermolen-sites, Elk modelleringsproject wordt begeleid door een Lokaal Wateroverleg, waarin alle betrokken besturen en instanties van het stroomgebied vertegenwoordigd zijn. Dit komt tenminste vier maal samen tijdens de studieopdracht waarbij tussentijdse resultaten worden voorgesteld. De discussies tijdens dit overleg dragen bij tot het begrijpen en aanvaarden van waterbouwkundige werkzaamheden die in de komende jaren worden aangevat. Alle resultaten van het modelleringsproject worden samengevat in een brochure die verspreid wordt naar het brede publiek.

3.2 Bekken Modellen, het dagdagelijks oppervlaktewaterbeheersinstrument voor het bekkenniveau

Een zeven jaar na het opstarten van het eerste basismodel is in opdracht van de afdeling Water een kleine 1500 kilometer, voornamelijk onbevaarbare, waterloop in model gebracht wat overeenkomt met meer dan 60.000 modelknopen. Daarnaast zijn zowel de stroomopwaartse als de stroomafwaartse waterbeheerders sedert enkele jaren ook actief om de waterlopen waar zij bevoegd voor zijn, te modelleren. Het is een vaststelling dat bij de afdeling Water, en de andere besturen, het **digitaal hergebruik** van en de **toegang tot de modellen** geen evidentie is. Los van praktische problemen als het ontbreken van netwerk licenties of een client-server architectuur, liggen ook een aantal meer fundamentele problemen aan de oorsprong. Vermits alle modellen tot op heden via uitbesteding in percelen werden gegund, zijn de resultaten enkel per perceel beschikbaar en ontbreekt tevens de nodige uniformiteit. Een bijkomend probleem is dat voor elke waterbeheerder in Vlaanderen de **naadloze aansluiting** van zijn modellen op stroomopwaartse of stroomafwaartse modellen eveneens verhinderd wordt door een gebrek aan afstemming. Gelukkig zijn het merendeel van de Vlaamse waterloopmodellen opgesteld met dezelfde software en vertrekken wellicht alle modellen van topografische opmetingen in het AutoCad-formaat. Als waterbeheerder van onbevaarbare waterlopen 1°cat, die per definitie gesitueerd zijn afwaarts de modellen gebouwd in opdracht van Provinciebesturen en opwaarts de modellen die gebouwd zijn in opdracht van de Administratie Waterwegen en Zeewezen, beschouwt de afdeling Water het als haar taak om ook voor het modelleringsgebeuren tot één afgestemde aanpak in Vlaanderen te komen. Daarenboven fuseert de afdeling Water in de toekomst met de VMM tot het Agentschap "Integraal beheer van watersystemen" zodat het komen tot een afgestemde modelleringsaanpak een avant la lettre invulling is van dit nieuwe Agentschap.

Bekken Modellen staan derhalve in hoofdzaak in om alle basismodellen in elk van de 11 hydrografische bekkens in Vlaanderen **te centraliseren, uniform te maken (updaten), aan te sluiten op elkaar en via decentraal beheer ter beschikking te stellen** van partners. Bekken Modellen verzorgen de kennisonderbouwing van wat in het voorontwerp van decreet betreffende het integraal waterbeleid als bekkenniveau werd gedefinieerd. Het omvat alle waterlopen die significant geacht worden om in het bekken een relevante hydrologische beschrijving (modellerings) te kunnen opstellen. In de meeste gevallen zal de geografische integratie dus gaan om zowel de centrale (al dan niet bevaarbare) waterloop als van het bekken aangevuld met alle onbevaarbare waterlopen van 1° categorie en de voornaamste onbevaarbare waterlopen van 2° categorie. Op termijn kan het zelf zo zijn dat, indien een grote verstedelijkte kern via het afvalwaterstelsel een significante invloed heeft op de hydrologische toestand van het bekken, ook een deel van de rioolmodellen dienen te interageren met een Bekken Model. Het is echter niet zo dat de som van de 11 (toekomstige) Bekken Modellen ambiëren om de kennisonderbouwing van het oppervlaktewaterbeleid op Vlaams niveau of het lokaal niveau in te vullen. Via andere initiatieven zullen zeker een bekkenoverschrijdend Stroomgebiedmodel (b.v. Schelde Model ...) en Deelbekken Modellen blijvend moeten opgebouwd worden. Niet enkel de geografische uitgestrektheid bepaalt immers het onderscheid tussen de drie modelniveaus in Vlaanderen doch minstens zo belangrijk is het verschil in resolutie of gedetailleerdheid. Uiteraard kunnen en zullen Deelbekken Modellen een grotere resolutie aanbieden dan het Schelde Model. Het Bekken Model bekleedt in deze een tussenpositie. Tenslotte hebben Bekken Modellen de zeer praktische doelstelling om de invloed van niet correct ingeschatte afwaartse randvoorwaarden op de modelresultaten te verminderen. Inderdaad, voor elk Bekken Model volstaat slechts één afwaartse randvoorwaarde daar waar momenteel elk basismodel telkens een eigen afwaartse randvoorwaarde nodig is. Hoe kleiner het gemodelleerde stroomgebied (bij basismodellen) hoe groter daarenboven de invloed van deze afwaartse randvoorwaarden is en hoe verder ze zich uitstrekt.

Bekken Modellen zijn gestoeld op vijf 'modellerings-principes'. Een eerste principe van het Bekken Model is dat het maximaal rechtstreeks gebruik moet maken van beschikbare basisinformatie. Zo wordt b.v. niet meer een afgeleid ascii-bestand, een diepte-volume relatie, een opgegeven stroomgebiedsoppervlakte of een Thiessenneerslag gebruikt maar worden deze data binnen het Bekken Model zelf berekend door rechtstreeks de bronbestanden als een AutoCad-bestand, een DTM en een set van puntneerslagen te gebruiken ("**source-data driven modelling**"). Het grote voordeel is uiteraard dat er een grotere controle is op de inhoud van het model zelf alsook op eventuele fouten en dat bij het ter beschikking komen van nieuwere basis-informatie deze eenvoudig kan vervangen worden. Om tot de gewenste uniformiteit te komen is een tweede principe bij het Bekken Model dat er volgens een vastgelegde en logische sequentie wordt gewerkt ("**logic sequential modelling**"). Zo heeft het geen zin om b.v. een DTM toe te voegen zonder dat eerst een oeverlijn is ingevoegd en voorafgaand modelknopen gegeorefereerd zijn. Een derde principe bij Bekken Modellen heeft te maken met 'fouten'. Intrinsiek aan de definitie van een model is dat het nooit de volledige werkelijkheid voor de volle honderd procent zal nabootsen. Toch willen Bekken Modellen de uiteindelijke fout minimaliseren door bij elke stap uit de logische sequentiële modellering een zo klein mogelijke (realistische) fout na te streven ("**error minimised modelling**"). Enkel hierdoor kan gegarandeerd worden dat de eindproducten als b.v. een overstromingskaart of een voorspelling overeenstemmen met het best mogelijk resultaat ("**barneec: best available result not exceeding excessif cost**"). Nauw verbonden met error minimised modelling is het vierde principe. Het stelt dat het Bekken Model maximaal fysisch gebaseerd is ("**physical based modelling**"). Dit wordt geïllustreerd doordat het Bekken Model b.v. in het tijdsdomein wordt gesimuleerd en niet in het frequentiedomein, doordat in een Bekken Model de rekenknopen niet langer relatief juist gelegen zijn (door tussenafstanden) maar dat de rekenknopen ingebed zijn in het Lambert-72 coördinatenstelsel of tenslotte doordat gebruik gemaakt wordt van absolute tijdsaanduidingen i.p.v. het uur nul bij aanvang van een simulatie. Een laatste principe van het Bekken Model is dat het nuttige meerwaarde dient op te leveren ("**usefull added value modelling**"). Dit impliceert dat het Bekken Model niet zomaar de toepassing van een nieuwste technologie (of software) mag zijn maar dat effectief zaken worden gerealiseerd die bijdragen tot een efficiënter gebruik van modellen en tot een efficiënter beheer te velde. Niet de toepassing is immers de finaliteit wel het gebruik van deze toepassing.

Bekken Modellen worden **via interne weg** bij de afdeling Water (en haar partners) opgebouwd. Hiertoe heeft de afdeling Water reeds twee "bekken-hydrologen" aangeworven in 2002. Met de twee bijkomende hydrologen in 2003 zal in vier van de vijf buitendiensten van de afdeling Water één hydroloog aanwezig zijn voor o.a. de opbouw van het (Operationeel) Bekken Model in de hem toegewezen bekkens. Uitbesteding van dit type projecten is weinig haalbaar wegens de gigantische hoeveelheid data die erbij betrokken is, het permanent karakter dat deze opdrachten hebben en bovenal het feit dat "hydrologisch kennisbeheer" voor waterbeheerders een absolute kerntaak is.

Bekken Modellen worden opgemaakt in **InfoWorks-RS** omdat het toelaat om alle bestaande ISIS-modellen foutloos te importeren, er uitgebreide beheersfuncties beschikbaar zijn en de softwarematige compatibiliteit met de aanpak bij de Vlaamse Provincies, Aquafin n.v. en de Waalse waterbeheerders gegarandeerd is.

3.3 Operationele Bekken Modellen (O.B.M.), real-time floodforecasting en de piloottoepassing in het Demerbekken

Het Operationeel Bekken Model tenslotte vertrekt van het Bekken Model (en de onderliggende geupdate basismodellen) en zorgt ervoor dat de modellen in een operationele context daadwerkelijk bruikbaar. Dit betekent dat de modellen niet enkel meer off-line draaien maar dat steeds **de meest actuele meetreeksen** en andere informatie in het OBM wordt ingebracht en de modellen als het ware **continu draaien**. Voor het Demerbekken werd in januari 2001 aangevangen met de opbouw van het OBM-Demer en in februari 2003 wordt dit piloot-OBM officieel ingehuldigd. Voor een aantal andere 'kritieke' bekkens (Dijle-, Dender-, Nete-, IJzerbekken e.a.) wordt in 2003 aangevangen met de voorbereiding voor gelijkaardige OBM's om in de loop van 2004 over te gaan tot implementatie. Voor andere bekkens als b.v. Gentse Kanalen en (delen van) het Bekken van de Brugse Polders worden momenteel vereenvoudigde OBM's vooropgesteld. Inderdaad, het is niet steeds nodig om een volledige configuratie in de **FloodWorks-software** op te zetten en dit in verbinding te stellen met het telemetrie-systeem. Ook in InfoWorks-RS kan immers een pseudo real-time voorspelling gegenereerd worden door manueel de recentste gebiedsneerslag aan het Bekken Model ter beschikking te stellen.

Een OBM bestaat steeds uit vier modules en is operationeel in drie modi. De eerste module is de **waarnemingsmodule** en deze staat in voor de continue verzameling van alle hydrologische data in het bekken (neerslag, en andere meteodata, waterpeilen en debieten, klepstanden, ...). De **voorspellingsmodule** zorgt o.a. voor neerslagvoorspelling op korte termijn op basis van neerslagradarbeelden, staat in voor de voorspelling van de afstroming (inloophydrogrammen) op honderden locaties alsook voor de voorspelling van waterstanden in alle knopen van alle opgenomen basismodellen in het OBM, wat kan oplopen tot 15.000-20.000 locaties. De derde module is de **beslissingsondersteunende module** en deze richt zich vooral op het bepalen van optimaal te nemen acties als: wanneer een wachtbekken vullen, met welk tijdsafhankelijk debiet, wanneer een wachtbekken beginnen te lozen, waar en wanneer een dijk doorsteken, Alle informatie uit de drie vorige modules wordt tenslotte in de **waarschuwingmodule** tot overzichtelijke bulletins gesynthetiseerd teneinde zowel de interne werking als de externe communicatie met hulpdiensten, crisiscomités, burgers, de pers, ... op een efficiënte wijze te organiseren.

De drie modi van een OBM zijn: de **basis-mode**, de **waak-mode** en de **storm-mode**. In niet kritieke omstandigheden bevindt het OBM zich in de basis-mode wat inhoudt dat elke ochtend alle data worden ingewonnen en een eenmalige voorspelling wordt gegenereerd voor de komende ... uur. De waak-mode betekent dat ergens in het bekken slechts één vooraf ingestelde drempelwaarde is overschreden (voorspelde neerslag, waargenomen neerslag, voorspelde waterstand, gemeten waterstand, ...). Als gevolg hiervan wordt ogenblikkelijk (binnen het kwartier) alle nieuwste data ingewonnen en een nieuwe voorspelling uitgevoerd. Blijkt dat er effectief overstromingsgevaar dreigt, dan gaat het OBM in storm-mode wat inhoudt dat elk kwartier de vier modules opnieuw worden doorlopen.

OBM-operatoren worden via SMS verwittigd over elke nieuwe mode waarin het OBM zich bevindt. Een OBM werkt zowel volledig automatisch, doch zal bij dreigende hoogwater ook deels manueel bediend worden vanuit een dispatching-centrale in het bekken waar een OBM-server zich bevindt. (b.v. Scholen, Leuven, ...). Ook vanuit de respectievelijke buitendienst en vanuit het hoofdbestuur is het OBM permanent toegankelijk en zelfs via een draagbare PC kan het OBM vanuit om het even welke locatie geconsulteerd en bediend worden.

3.4 Modelleren van grondwater en het Vlaams Grondwater Model (VGM)

De afdeling Water beheert het grondwater in Vlaanderen. De watervoorraden worden de laatste decennia steeds intensiever gebruikt voor de drinkwatervoorziening en voor landbouwkundige en industriële doeleinden. Vooral een verhoogde onttrekking van grondwater voor de landbouw en voor industrie zorgt voor een bedreiging van de grondwatervoorraden in bepaalde streken. Daar bovenop komt het probleem dat de toenemende urbanisatie en intensievere landbouwmethodes instaan voor een vermindering van de infiltratie van regenwater naar de ondergrond. De resulterende verdroging heeft niet alleen een invloed op de watervoorraden maar ook op kwelafhankelijke natuur die op vele plaatsen is achteruitgegaan. Tenslotte wordt het grondwater bedreigd door verontreiniging afkomstig van puntbronnen (stortterreinen en lozingen) en diffuse bronnen (vooral door het overmatig gebruik van mest in de landbouw). De noodzaak voor het opmaken van grondwatermodellen heeft daarom te maken met het zoeken naar wegen om het **bedreigde** ondiepe **grondwater** (vooral problemen van verontreiniging en verminderde kwel) en de bedreigde diepere watervoorraden (vooral probleem van overbemaling) **te beschermen tegen verdere aantasting**.

Op Vlaamse schaal is sedert 2000 gestart met de opmaak van het **Vlaams Grondwater Model** of VGM. Bedoeling is om alle watervoerende lagen in kaart te brengen en de Vlaamse overheid toe te laten scenario's van beleidsmaatregelen inzake bescherming van het grondwater gebiedsdekkend te evalueren. Na de conceptontwikkeling in 2000 is in 2001 gestart met de inventarisatie van alle nodige gegevens voor de opmaak van het VGM (boorbeschrijvingen, afbakening watervoerende lagen via de opmaak van kaarten met isohypsen en isopachen, bepalen van de infiltratie en onttrekkingen, invloed van rivierpeilen,...). Vanaf 2002 worden de modellen effectief opgebouwd.

Naast het VGM worden actueel ook **regionale of lokale** grondwatermodellen opgebouwd, bijvoorbeeld op de schaal van een bekken (Nete, Dijle) of op lokale schaal (Winterbeek, Demervallei,...). Elk model heeft daarbij een eigen finaliteit: evalueren van voeding en kwel via stroombaanberekening, effecten van vermessing op de grondwaterkwaliteit, wisselwerking tussen waterloop en kwel in valleigebieden,...).

Eenmaal het VGM operationeel is zal de opmaak van regionale modellen enkel nog neerkomen op het inzoomen op een gebied vertrekkende van het Vlaamse model, waardoor heel wat tijd en energie zal kunnen uitgespaard worden vergeleken met de huidige ad-hoc aanpak.

De modellering van grondwater en deze van oppervlaktewater ontmoeten elkaar op een aantal plaatsen: op hydrologisch vlak bij de bepaling van de verhoudingen tussen gevallen neerslag, oppervlakkige afstroming naar de waterlopen en infiltratie naar de ondergrond, m.i.v. de bepaling van de base-flow in waterlopen (voeding via grondwater), en op hydraulisch vlak bij de wisselwerking tussen waterlooppeilen en grondwaterstand. Op het vlak van waterkwaliteit is er een verband tussen de diffuse verontreiniging van zowel het grondwater als de waterlopen.

4 Toekomstperspectief

Niet enkel tussen grondwater- en oppervlaktewatermodellen zullen de interacties in de toekomst verder moeten uitgewerkt worden. Enkele andere voorbeelden van deze **systeem-integratie** zijn:

- de interactie tussen stroomgebied-, bekken- en deelbekkenmodellen inzake oppervlaktewater;
- de interactie tussen waterloop- en rioolmodellen;
- de interactie tussen waterkwaliteits- waterkwantiteitsmodellen;
- de interactie tussen meteorologische- en hydrologische modellen;
- de interactie tussen sturings- en hydrologische modellen;

Voor elk van deze interacties huldigt de afdeling Water het principe dat de functioneel bevoegde (water)beheerder steeds zelf dient in te staan voor de opmaak van de basismodellen. Het is echter ook zo dat de output van elk basismodel kan verbeterd worden indien het zich kan baseren op de outputs van andere basismodellen, vandaar de noodzaak tot interactie tussen de deelmodellen. M.a.w. indien een Bekken Model b.v. nu nog de afwaartse randvoorwaarde of een aantal riooloverstorten vereenvoudigd zijn ingevoegd, dan moet het in de toekomst mogelijk worden om deze te vervangen door de rechtstreekse output van andere modellen. Uiteraard zijn hiertoe een aantal **afspraken** nodig tussen de waterbeheerders inzake uniforme modelleringsmethodologie, software- en hardware, financiering, eigendomsrechten, Echter, deze afspraken zijn onontbeerlijk willen we de stap kunnen zetten van modellering in het bevoegdheidsdomein naar watersysteemmodellering en we aldus ook de vraagstukken vanuit integraal waterbeheer trachten te beantwoorden.

Bijzondere aandacht wordt gevestigd op de interactie tussen de modellen systeembeschrijvende werken (o.a. waterloop- en grondwatermodellen) en de zogenaamde **sturingsmodellen**. Inderdaad, zelfs het beste voorspellingsmodel inzake hoogwater of het beste subregionaal grondwatermodel, blijft in zijn bruikbaarheid beperkt als er niet op het terrein zelf tot de meest passende maatregel kan overgegaan worden (b.v. storm-specifieke sturing of vergund pompdebiet i.f.v. de gewenste grondwaterstand). Om uit het volledige arsenaal van maatregelen de meest optimale te halen (cfr. maatregelenprogramma's uit de Kaderrichtlijn) zullen "Model Predictive Control"-technieken moeten toegepast worden bovenop de louter systeembeschrijvende modellen. Uiteindelijk wordt een proactief waterbeheer gebaseerd op operationele sturing dan mogelijk.

De aanpak om **bevoegdheidsdomein overschrijdende** modellen te realiseren (zoals bij Bekken Modellen) zal in 2003 in de praktijk reeds toegepast worden op deelbekkenniveau via de gezamenlijke aanbesteding door de afdeling Water en een aantal Provinciebesturen van de nieuwste reeks **OWKM03-studies** waarin zowel onbevaarbare waterlopen van 1° als 2° categorie in bepaalde deelbekkens via slechts één studie zullen worden gemodelleerd.

Modellen zullen in de toekomst ook meer gebruik moeten maken van de vele **ICT-mogelijkheden** die zich aandienen. De tijd dat modellen lokaal op een losstaande PC werden opgebouwd en per CD naar de opdrachtgevers werden gestuurd, loopt stilaan ten einde. Volwaardige client-server toepassingen die modellen opbouwen op basis van gevalideerde bronbestanden die zich op centrale servers bevinden en de resultaten rechtstreeks op deze 'model-servers' wegschrijven, behoren al tot de mogelijkheden van het actuele modelleringsgebeuren. Tevens moet ICT het mogelijk maken dat de grenzen tussen de klassieke applicaties die geo-data (GIS) en tijdsafhankelijke data beheren enerzijds met de modellen anderzijds, verdwijnen. Afspraken met de leveranciers van deze courant gebruikte pakket-software zullen gemaakt moeten worden, teneinde te beschikken over een **op maat ontwikkeld geïntegreerd software-instrumentarium**.

Bijlage 2

Visienota Modelleren van Watersystemen

n.v. Aquafin

Voorafgaande opmerking

Voorliggende nota geeft een beschrijving van de visie van Aquafin met betrekking tot de specifieke kenmerken en noden van riool- en RWZI-modellering. De visie op de integratie en inpassing van de afvalwaterinfrastructuur in het volledige watersysteem wordt in een aparte tekst beschreven en doet -op het aspect van randvoorwaarden na- geen afbreuk aan onderstaande tekst, aangezien volgens Aquafin **ook in een geïntegreerd kader** voor elk onderdeel van het watersysteem een **specifieke benadering dient te worden behouden**.

1. Afbakening van de te modelleren infrastructuur

De door Aquafin te modelleren infrastructuur omvat zowel de rioolinfrastructuur als de rioolwaterzuiveringsinfrastructuur (RWZI's). In het geval van rioolinfrastructuur dient onderscheid gemaakt te worden tussen enerzijds gemengde, hybride en strikte afvalwaterstelsels en anderzijds strikte regenwaterstelsels. Strikt gezien vervullen deze laatste immers geen rol in het transport en zuivering van afvalwater. In de praktijk gedragen strikt gescheiden stelsels zich echter op een zelfde manier als gemengde rioolstelsels (afvoer van regenwater op ondoorlaatbare oppervlakten, versnelde ondergrondse afvoer in gesloten leidingen) en verschillen zij hierdoor aanzienlijk van natuurlijke regenafvoersystemen zoals waterlopen en grachten. Daarenboven kan worden gesteld dat het probleem van vuiltransport in het rioolstelsel als gevolg van oppervlakte-afspoeling van straten en daken, in principe identiek is voor gescheiden als voor gemengde stelsels en om die reden ook beter op eenzelfde manier kan worden bestudeerd. Bijgevolg is het de visie van Aquafin dat bij het modelleren van rioolstelsels in principe **geen beperking of afbakening** dient te worden gemaakt in functie van de aard van het rioolstelsel (voor zover het tenminste een stelsel van gesloten leidingen betreft).

2. Waarom wordt gemodelleerd ?

Modellering van riool- en RWZI-infrastructuur kan worden uitgevoerd vanuit verschillende objectieven :

- (lange termijn) planning van toekomstige infrastructuur;
- (korte termijn) ontwerpberekeningen voor nieuwe of te vervangen infrastructuur;
- beheer van bestaande infrastructuur.

In functie van deze objectieven is een verschillende aanpak van de modellering vereist.

2.1 Lange termijn planning

Bij dit objectief ligt de nadruk van de modellering op een na te streven eindtoestand (die op haar beurt bepaald wordt vanuit het beleid). Bij dit type van modellering is het vooral de bedoeling na te gaan op welke manier een rioolstelsel op termijn kan of moet worden **omgevormd of uitgebouwd** teneinde te voldoen aan de door het beleid voorgeschreven richtlijnen. Het resultaat van een dergelijke modellering is een planningsvisie en investerings- of renovatievoorstel voor de middellange en lange termijn. Afhankelijk van de huidige toestand van het rioolstelsel en de mate waarin het vandaag voldoet aan de beleidslijnen, zal het model in meer of mindere mate gebaseerd zijn op de bestaande toestand (zie verder). Voor RWZI's is dit type van modellering niet van toepassing.

2.2 Korte termijn ontwerpberekeningen

Dit type van model heeft als belangrijkste objectief het **hydraulisch dimensioneren** van een concreet gepland riolerings- of RWZI-project. Voor dit type van modellering werd bij de start van Aquafin de Hydronaut-procedure opgesteld, en deze wordt tot op vandaag hiervoor toegepast (zij het dat de procedure enigszins werd uitgebreid om ook bepaalde aspecten van lange termijn planning aan bod te laten komen). In grote lijnen kan de procedure als volgt samengevat worden :

- inventarisatie van de beschikbare gegevens van het rioolstelsel (eventueel inclusief het uitvoeren van bijkomende opmetingen indien de beschikbare gegevens niet voldoen aan de vereisten);
- het opbouwen van een referentiemodel volgens de huidige toestand van het stelsel (inclusief de verificatie van dit model op basis van actuele en historische meetgegevens);

- het opbouwen van een model geplande toestand, met het oog op het uitvoeren van ontwerp- en nazichtsberekeningen. De referentie voor deze berekeningen wordt gevormd door zowel de beleidslijnen als het eerder opgestelde model bestaande toestand.

Zoals reeds vermeld, wordt in de praktijk gebruik gemaakt van het model bestaande toestand om ook een aantal elementen van de lange termijn planning in de ontwerpberekeningen te integreren. Meetcampagnes met het oog op verificatie van het model bestaande toestand zijn beperkt in duur (meestal ca. 6-8 weken) en zijn vooral gericht op de meting van piekafvoerdebieten op bepaalde (cruciale) punten in het rioolstelsel.

Voor RWZI-projecten is de situatie enigszins verschillend en bestaat er geen uitgewerkte procedure :

- voor ontwerp van nieuwe RWZI's wordt een (steady state) hydraulische screening uitgevoerd ter dimensionering van de controlestructuren (overlaten, interne leidingen, ...)
- voor renovatie van bestaande RWZI's wordt een (dynamische) procesmodellering uitgevoerd (op basis van actuele influentmeetgegevens) ter optimalisering en dimensionering van het zuiveringsproces.

2.3 Beheersmatige (operationele) modellering

Dit type van modellering richt zich op de bestaande toestand en heeft als belangrijkste doelstellingen :

- **detailanalyse** van het huidig gedrag van het rioolstelsel met het oog op het definiëren van strategische en kritische zones in het stelsel en het opstellen van preventieve onderhouds- en beheersprogramma's;
- het **reproduceren** van een actuele toestand om te kunnen nagaan waar en waarom zich bepaalde problemen hebben voorgedaan en hoe deze hadden kunnen worden voorkomen of welke maatregelen nodig zijn om deze in de toekomst te voorkomen.

Cruciaal voor een beheersmatige modellering is het kunnen beschikken over een betrouwbaar en actueel model. Dit betekent in de praktijk o.a. :

- dat protocols voor gegevensuitwisseling (rioolinfrastructuur én informatie over verharde oppervlakten) moeten worden opgesteld en uitgevoerd met gemeentelijke of andere autoriteiten;
- dat strengere eisen aan de nauwkeurigheid van de modelresultaten worden gesteld, onder verschillende weersomstandigheden (droogweer en regenweer).

3. Wat wordt gemodelleerd ?

3.1 Rioolmodellering

Voor elk van de bovenvermelde objectieven wordt gebruik gemaakt van een hydrodynamisch berekeningspakket (volledige de St.-Venant-vergelijkingen). Voor alle ontwerp- en referentieberekeningen wordt daarbij gebruik gemaakt van (enkelvoudige) ontwerpstormen (de zgn. composietbuien). Voor verificatieberekeningen en voor operationele doeleinden kan tevens gebruik gemaakt worden van actuele neerslagmetingen.

In het verleden werd er meermaals op gewezen dat dit niet de meest correcte manier van berekening is voor bijv. de bepaling van overstortfrequenties, maar dat in dit geval lange neerslagreeksen meer geschikt zijn. Bij deze laatste stelt zich echter het probleem van berekeningstijden en dient in de praktijk te worden overgeschakeld op conceptuele (reservoir)modellen.

Aquafin is en blijft in deze van oordeel dat in de praktijk het **dubbel gebruik van gedetailleerde en conceptuele modellen niet haalbaar** is, en dat bijgevolg verder gewerkt wordt volgens de bestaande procedure :

- voor de bepaling van overstortvolumes wordt gebruik gemaakt van hoogfrequente composietbuien (waarbij evenwel niet wordt gesteld dat het resultaat van deze berekening kwantitatief kan worden vertaald als een overstortfrequentie);

- van zodra de technologische evoluties van de software dit toelaten (de verwachtingen zijn in dit opzicht meestal pessimistischer dan de realiteit) zullen bijkomende controleberekeningen worden uitgevoerd aan de hand van lange termijn hydrodynamische simulaties.

Het gebruik van (deterministische) vuilvrachttransportmodellen voor rioolstelsels zit op dit moment nog steeds in een onderzoeksfase (een uitgebreid onderzoeksproject door K.U.L. in verband met de toepasbaarheid en gevoeligheid van dit type van modellen loopt af in september e.k.).

Op middellange termijn zullen deze modellen vermoedelijk vooral gebruikt worden voor volgende objectieven :

- (in een "stand alone" toepassing) : meer nauwkeurige voorspelling van RWZI-influentvrachten ter ondersteuning van RWZI-procesmodel;
- (eveneens in "stand alone" toepassing) : voorspelling van sedimentatie-gevoelige plaatsen in het rioolstelsel;
- (in een geïntegreerde toepassing) : meer nauwkeurige begroting van overgestorte vrachten en -via integratie met rivierkwaliteitsmodellen- van de werkelijke impact van overstortingen.

3.2 RWZI-modellering

Zoals reeds eerder vermeld, worden op dit moment 2 types van RWZI-modellering uitgevoerd:

- steady state hydraulische modellering;
- dynamische procesmodellering.

Voor het eerste type wordt op korte termijn een overgang naar hydrodynamische modellering verwacht door integratie met de rioolmodellen.

4. Inrekenen van randvoorwaarden en interacties

Afhankelijk van de lokale interacties tussen waterlopen en rioolstelsel, dienen in een aantal gevallen volgende randvoorwaarden te worden gesteld aan de modellen :

- afwaartse randvoorwaarden : **waterpeil** in de ontvangende waterloop, dat de vrije uitstroming van het rioolstelsel ter hoogte van lozingspunten of overstorten (tijdelijk) kan verhinderen;
- afwaartse "uitbreiding" van het model : **grachtelementen**, afwaarts van het rioolstelsel, die de toekomstige evacuatie van regenwater vanuit gescheiden stelsels mogelijk maken;
- opwaartse randvoorwaarden : oppervlaktewaterdebieten die vanuit **kleinere waterlopen** (beken, grachten, bronnen) of via oppervlakte-afstroming van onverharde oppervlakten het rioolstelsel instromen.

Op dit moment -en in afwachting van een uitgewerkte visie op geïntegreerde modellering- worden deze randvoorwaarden binnen Aquafin op de volgende manier ingerekend :

- afhankelijk van het objectief van de modellering worden afwaartse waterpeilen aan het rioolmodel opgelegd via een constante waarde ("maximaal" waterpeil) of op dynamische wijze (waargenomen limnigramreeks);
- afwaartse grachtelementen worden **als open profiel** toegevoegd aan het rioolmodel om na te kunnen gaan of de te evacueren regenwaterdebieten lokaal geen wateroverlast veroorzaken (voor zij in een grotere waterloop terechtkomen). Deze fijnmazige waterloopelementen (die op dit moment trouwens vaak nog niet aanwezig zijn) worden meestal niet expliciet voorgesteld in riviermodellen.
- instromende debieten worden in de mate van het mogelijke begroot via een aangepaste toevoerende **oppervlakte en afvloeiingscoëfficiënt**. Hiervoor worden dezelfde tabellen gebruikt als bij riviermodellering. Voor kleinere en weinig tijdsafhankelijke debieten wordt meestal een constante waarde gebruikt, die representatief is voor perioden met verhoogde grondwaterstand.

5 Gebruikte software

5.1 Rioolmodellen

- Voor deze rioolmodellen wordt zowel binnen Aquafin als door de studiebureaus die in opdracht van Aquafin modelleringsopdrachten uitvoeren, **Infoworks™ CS** (Wallingford Software Ltd., UK) gebruikt.
- Enkel voor specifieke interne toepassingen (onderzoeksprojecten of buitenlandse opdrachten) wordt nu en dan gebruik gemaakt van het Deense pakket Mouse (Danish Hydraulic Institute, DK).

5.2 RWZI-modellen

- Als dynamisch procesmodel (enkel intern door Aquafin zelf) wordt het pakket **WEST** (Hemmis, B) gebruikt.
- Voor hydraulische berekeningen (intern en beperkt extern) wordt tot nu toe gebruik gemaakt van het pakket CHAT (Wallingford Software, UK). Gezien de verouderde rekenomgeving en de recente **integratie van CHAT in Infoworks CS**, wordt verwacht dat deze toepassing op termijn niet meer zal worden gebruikt en dat ook voor hydraulische RWZI-berekeningen gebruik zal worden gemaakt van Infoworks CS.

Bijlage 3

Visienota Modelleren van Watersystemen
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium

1. Inleiding

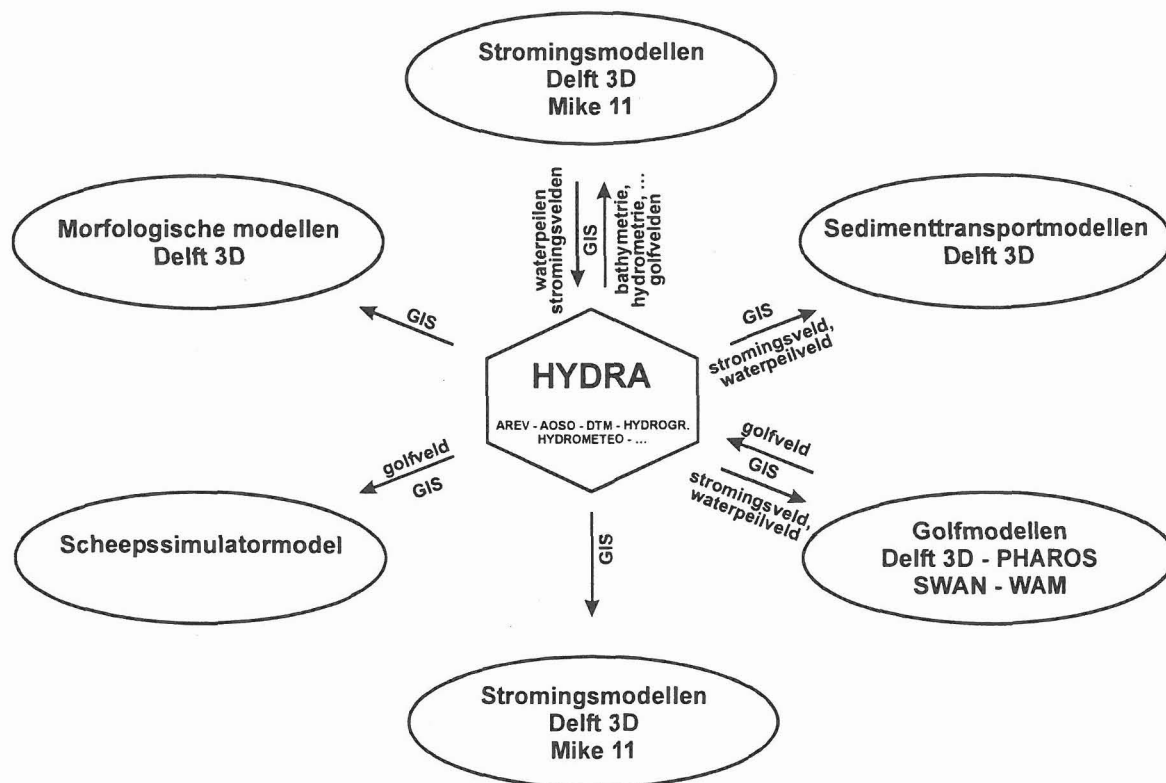
Deze globale nota wil een bijdrage leveren tot de algemene inventaris van de modelleringsinitiatieven ter ondersteuning van de watersysteemkennis die door verschillende afdelingen van het ministerie van de Vlaamse overheid worden genomen. Door het naast elkaar leggen van visies en plannen van aanpak van alle waterbeheerders zal deze inventaris bijdragen tot een gefundeerde stellingname vanuit Vlaanderen ten aanzien van "integrale modellering". Hierna worden achtereenvolgens besproken waarom gemodelleerd wordt, wat gemodelleerd wordt en hoe modellering in een breder kader (van meetnetten, databanken en onderlinge afstemming) gezien wordt door de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek.

2. Wat is er beschikbaar op de afdeling ?

De afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek voert met behulp van fysische en numerieke modellen allerhande onderzoek uit binnen de onderzoeksdomeinen hydraulica, morfologie, hydrologie, nautica en aspecten van aquatische ecologie. Het beschikt hiervoor over onderstaande specifieke applicaties. HYDRA is het hart van de organisatie, het is het informatiesysteem waarin alle relevante gegevens in gestockeerd worden inclusief de resultaten van de modelleringen voor de diverse toepassingen.

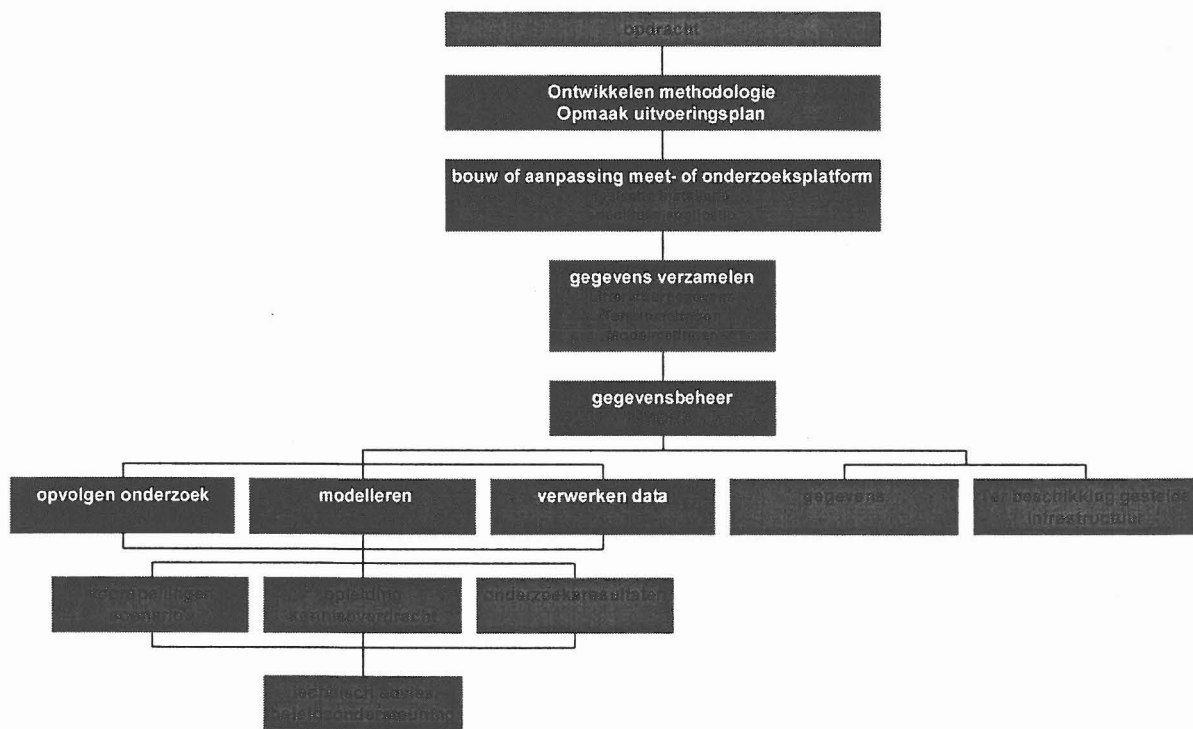
De modellen worden in essentie gebouwd rond drie strategische projecten van de afdeling:

- de waterbeheersing
- het nautisch onderzoek
- het hydraulisch onderzoek met inbegrip van de morfologie en van de milieugerelateerde waterbouwkunde



Volledigheidshalve dient te worden aangegeven dat de afdeling beschikt over een 1D-model van het Scheldebekken dat binnen het laboratorium ontwikkeld is en nog ingeschakeld is voor de dagdagelijkse berekeningen van scenario's als een eerste benadering. Daarnaast beschikt het laboratorium over een licentie ISIS, waarmee het IJzerbekken werd gemodelleerd. Zoals hierboven zichtbaar past het laboratorium momenteel MIKE11 toe als basissoftware voor hydrologische en ééndimensionale hydraulische modellering.

Het modelleren is een belangrijke stap in de processenstroom van het onderzoek van de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek. Op onderstaande schema wordt een algemeen overzicht gegeven van het hoofdproces toegepast onderzoek.



Figuur: Van opdracht tot output (groen met witte letters: deelprocessen - bruingroen: output); niet alle deelprocessen moeten worden doorlopen om bepaalde output te genereren.

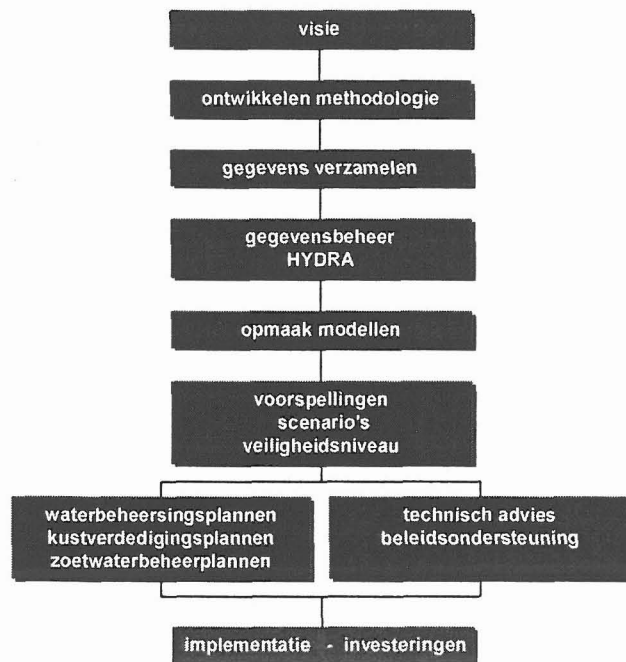
3. Modelleren in het kader van de waterbeheersing

Hieronder worden de inspanningen op het vlak van de modellering gekaderd in de algemene benadering, visie, organisatie en methodologie ontwikkeld voor de waterbeheersing van de waterwegen.

In de loop van het jaar 2000 heeft het project "Veiligheidsniveau Vlaanderen" het statuut gekregen van een strategische doelstelling van de minister onder de titel "Afstemmen van het waterpeilbeheer op de waterlopen en van het veiligheidsniveau van de zeewering op de principes van integraal waterbeheer en integraal kustzonebeheer".

Dit impliceert dat volgens het voorgestelde concept alle initiatieven inzake zoetwaterbeheer, de waterbeheersing en operationele toepassingen als dagelijkse voorspellingen, **zowel langs de waterwegen met inbegrip van de Westerschelde als langs de kust**, gepland zijn tot 2004 en een belangrijk aandeel van de huidige activiteiten van WLH omvatten. Het betekent ook dat WLH het mandaat heeft om het **Hydrologisch Informatiecentrum** verder te ontwikkelen.

Net zoals voor de strategische projecten hydraulisch onderzoek en nautisch onderzoek zit het modelleren vervat in een processenstroom die voor de respectieve projecten specifiek concreet wordt ingevuld.



Figuur: processenstroom voor het strategisch project waterbeheersing

3.1. Het Hydrologisch Informatiecentrum

Het Hydrologische Informatiecentrum (HIC) werd in 2000 opgericht in de schoot van de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek te Borgerhout. Dit centrum staat in voor het verzamelen, valideren en bewaren en exploiteren van hydrologische gegevens. In dit Hydrologisch Informatiecentrum bevindt zich een databank HYDRA waarin alle hydrologische gegevens, metingen en voorspellingen, verzameld worden.

Daarnaast wordt het HIC uitgebouwd tot een kenniscentrum, waar met behulp van numerieke hydrologische en hydraulische modellen voorspellingen gemaakt worden van te verwachten waterstanden en debieten. Op vraag van de beheerders van de waterlopen zullen ook simulaties uitgevoerd worden om het effect van maatregelen in of langs de waterloop na te gaan. Naast de dagelijkse voorspellingen van waterstanden en debieten zullen er op vraag ook berekeningen gebeuren om de effecten van voorgestelde maatregelen en ingrepen op het terrein te vergelijken.

Deze kennis moet gecombineerd worden met de ervaring van de terreinkennis van de beherende afdelingen om de bestaande waterbeheersplannen steeds te actualiseren en te verbeteren.

Om optimaal de taken en doelstellingen te kunnen realiseren, wordt een kenniscentrum met betrekking tot hydrologie uitgebouwd. Onderzoek en studies gebeuren er blijvend in functie van volgende taken:

- onderbouwen van waterbeheersingsplannen
- Ondersteuning van het zoetwaterbeheer
- Uitvoeren van morfologisch onderzoek langs de waterlopen
- leveren van dagelijkse hydrologische voorspellingen
- regionale hydrologische studies
- leveren van gegevens, expertise en adviezen (aan het beleid, de beheersafdelingen en aan derden)

Hiervoor wordt de **methodologie voor het modelleren** van de waterafvoer blijvend verbeterd en aangepast aan nieuwe wetenschappelijke inzichten en technologieën. Ook de methodes voor het genereren van betrouwbare overstromingskaarten, met vermelding van de overstromingsdiepte, -oppervlakte en -duur, bij verschillende statistisch bepaalde randvoorwaarden worden voortdurend geoptimaliseerd. Ook randvoorwaarden zoals

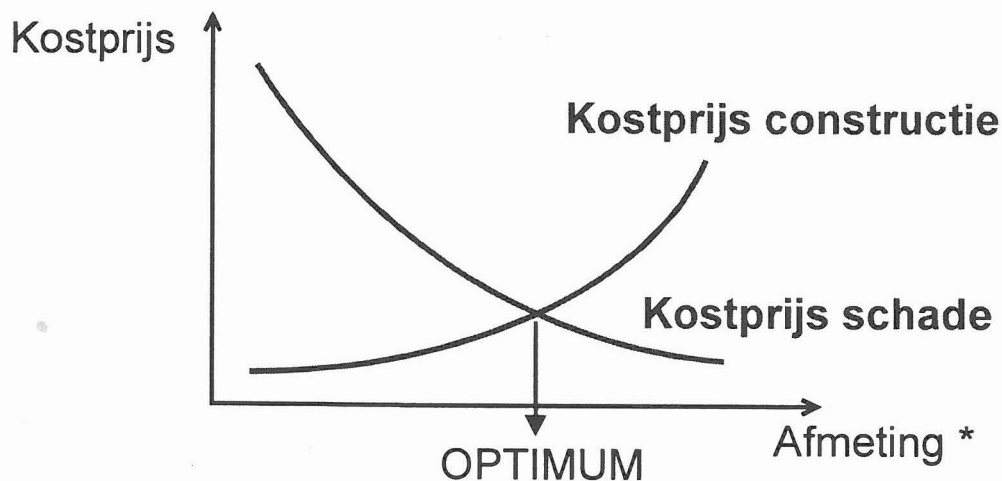
watertekorten en verdroging moeten gekend zijn. Al deze gegevens worden verzameld in een hydrologisch documentatiecentrum.

3.2. Nieuwe visie inzake waterbeheersing (voor het bevoegdheidsdomein van de waterwegen)

Volgens de nieuwe visie zal een gedifferentieerde bescherming tegen overstromingen worden verwezenlijkt. Het uitgangspunt wordt daarbij dat overstromingen niet altijd kunnen vermeden worden. Immers, natuurlijke veranderingen (klimaatwijzigingen, zeespiegelrijzing) en menselijke ingrepen (rechtstrekken van waterlopen, urbanisatie,...) kunnen tot een verhoogde belasting van de waterkeringen leiden. Eveneens wordt het veiligheidsvraagstuk tegenwoordig bekeken vanuit een geïntegreerde benadering, waarbij erover gewaakt wordt dat de diverse functies van het watersysteem gewaarborgd blijven voor de komende generaties.

De opdracht van de waterbeheerder wordt dan ook om de onvermijdbare overstromingen dermate onder controle te brengen dat zij een minimale schade toebrengen. De veiligheid tegen overstromingen wordt daarbij afhankelijk van een aantal factoren.

Eerst en vooral moet een inzicht verkregen worden in de gevolgen van een potentiële overstroming, zoals het mogelijk aantal slachtoffers, de mate van ontreddering, de directe en indirecte materiële schade en de vele vormen van immateriële schade. Hiertegenover staan de offers en kosten die de maatschappij moet brengen om waterkeringswerken te realiseren, zoals de kosten van aanleg en onderhoud, maar ook het schaden van waardevolle landschappen en de teloorgang van culturele objecten. In het project "Afstemmen van het waterpeilbeheer op de waterlopen en van het veiligheidsniveau van de zeewering op de principes van integraal waterbeheer en integraal kustzonebeheer" worden deze aspecten economisch en sociaal-maatschappelijk tegenover elkaar afgewogen.



* Afmetingen waterbeheersingsinfrastructuur

Naarmate de gevolgen van een overstroming groter zijn moet bijgevolg de kans van voorkomen van deze overstroming dalen. Anderzijds kan waterbeheersingsinfrastructuur in gebieden waar de gevolgen van een overstroming minder ernstig zijn lichter gedimensioneerd worden.

De nieuwe visie gaat bijgevolg uit van een bescherming tegen schade in plaats van een bescherming tegen hoogwaterstanden.

3.3. Numerieke modellen voor voorspellingen van waterstanden en debieten

De numerieke hydrologische en hydraulische modellen, die opgemaakt worden voor de bepaling van een gedifferentieerd veiligheidsniveau in Vlaanderen, zullen ook on-line gebruikt worden als operationele voorspellingsmodellen. Er zullen voorspellingen uitgevoerd worden op regelmatige tijdstippen met verschillende zichttijden (6 tot 48 h).

Tijdens het uitvoeren van de voorspelling doorlopen de modellen volgende cyclus:

- 1) Herrekenen voor het tijdsverloop van laatste voorspelling met de metingen als randvoorwaarden (hindcast) om de beginwaarden voor de nieuwe voorspelling te schatten.
- 2) Doorrekenen van de afwaartse randvoorwaarden via Continentaal Platmodel en kuststrookmodel
- 3) Invoeren van de resultaten van andere modellen en van neerslagvoorspellingen als randvoorwaarden en van de resultaten van de hindcast als beginvoorwaarden voor de nieuwe voorspelling.
- 4) Voorspellen van de debieten in de beken en bovenlopen met behulp van hydrologische modellen.
- 5) Voorspellen met de hydraulische ééndimensionale modellen

In crisissituaties zullen de gevolgen van het ingrijpen van de beheerder (vb. dijkdoorbraken, werking van kunstwerken) in de modellen gesimuleerd en voorspeld worden.

De afwaartse randvoorwaarden worden geleverd door een voorspellingsmodel van de Noordzee, de kust en het Schelde-estuarium, dat door AWZ verworven wordt.

Bij het gebruik van voorspellingsmodellen in reële tijd dient er continu een bijsturing ('updating') te gebeuren van de simulatieresultaten. De bijsturing wordt gebaseerd op de debietmetingen die continu ter beschikking komen. Ze heeft tot doel de bijkomende informatie van de debietmetingen te gebruiken om de simulatieresultaten maximale nauwkeurigheid te geven (data assimilatie). De simulatieresultaten zijn immers onzeker omwille van onzekerheden in de neerslaginvoer, de evapotranspiratieinvoer, de modelstructuur van het hydrologisch model, ... Deze onzekerheden weerspiegelen zich in een verschil tussen de simulatieresultaten en de debietmetingen. Door toepassing van de nodige modelbijsturingstechnieken, die rekening houden met zowel amplitude- als fasefouten, is het mogelijk om de nauwkeurigheid van de voorspellingen gevoelig te verhogen.

De resultaten van de voorspellingsberekeningen worden visueel voorgesteld met behulp van GIS (Geografisch Informatie Systeem). Zo is het mogelijk om overstromingen op kaart voor te stellen, en te laten zien hoe het water zich in het verloop van de tijd in het bekken zal verspreiden.

3.4. Het aspect kustverdediging

Het bereiken van het Veiligheidsniveau Vlaanderen tegen overstromingen noodzaakt een specifieke aanpak voor de gebieden onderhevig aan getijdenwerking en golfwerking.

Volgende fasen zullen worden doorlopen:

- Het verwerven van **werkinstrumenten** (hard- en software) voor het gegevensbeheer inzake golfwaarnemingen en de informaticatechnische uitbreiding van databank HYDRA voor gegevens van de kust en de zee.
- Het verwerven van de **essentiële basisgegevens en -kennis** (kust en zee). Voor de uitvoering van zijn taken voor het kustgebied is er nood aan de gegevens van het betrouwbaar, kwaliteitsvol en eventueel uitgebreid hydrometeo meetnet, aan recente bathymetrische en topografische data en aan windvoorspellingsgegevens.
- Het verwerven, uitbreiden en exploiteren van de **numerieke modellen** voor kust en zee. Om een actief waterpeilbeheer te realiseren voor de rivieren of een efficiënte stormvloedwaarschuwing te kunnen blijven garanderen langs de kust zijn nauwkeurige numerieke modellen nodig die golven en de waterhoogtes kunnen simuleren.
- Het ontwikkelen van on-line **voorspellingen** van waterstanden langs de kust en in de Scheldemonding. De afwaartse randvoorwaarden voor de modellen langs de Vlaamse rivieren, ter ondersteuning van HIC, moet liggen aan het opwaartse einde van het meergeulensysteem van de Zeeschelde liggen in plaats van momenteel in Vlissingen. Daarnaast moeten uiteraard langs de kust en in de Scheldemonding voorspellingen van de hoogwaterstanden, rekening houdend met golven en getijden voor een zichttijd van 48 uur

beschikbaar zijn. Ten behoeve van de ontwikkeling van scenario's voor de waterbeheersing en bij overstromingsgevaar zullen dus on-line voorspellingen worden gerealiseerd ter ondersteuning van de te nemen beheersmaatregelen.

Het betreft activiteiten om de waterstanden beter te kunnen voorspellen. Deze activiteiten voor het kustgebied hebben een duidelijke link met het morfologisch onderzoek. Ze zullen beheerd worden vanuit de andere organisatiestructuur die wordt opgericht naast het HIC, met name OZES (onderzoeksgroep Zee en Schelde).

4. Modelleren in het kader van het hydraulisch onderzoek

4.1. Hydraulisch onderzoek voor watergebonden infrastructuur

De hydraulica is de basiscompetentie van WLH waarop alle strategische projecten zich beroepen. De tussenkomst van WLH bij het ontwerpen van watergebonden infrastructuur spitst zich toe op het gebruik van **mathematische modellen** (DELFT 3D) om simulaties uit te kunnen voeren inzake de golf- en de stromingsimpact op infrastructuur en hun omgeving. Zo kan men inzichten krijgen over bijvoorbeeld potentiële erosie- en sedimentatiezones.

Geassocieerd onderzoek in **schaalmodellen** laat toe de impact te bestuderen van golven of stromingen op constructies of op bijvoorbeeld de kustverdediging.

4.2. het morfologisch onderzoek

Tot eind 1997 werd morfologisch onderzoek voor de Schelde op het WLH uitgevoerd via het fysische Scheldemodel. Sedert 1998 is de DELFT3D software beschikbaar. Vanaf 1998 kon gestart worden met onderzoek op de Schelde met gereedschap dat toch al minstens een groot deel van de complexe processen in de Schelde kon beschrijven via wiskundige modellering. Er werden tussen 1998 en 2000 uitbreidingen aan DELFT3D gerealiseerd die moeten toelaten om ook de morfologie aan de kust in de toekomst te kunnen bestuderen. De volledige Belgische Kust en het Schelde-estuarium vormen immers één morfologisch systeem. Vanaf 2000 wordt met behulp van wiskundige modellen een bijdrage geleverd worden aan het morfologisch onderzoek waarbij in een eerste fase vooral de hydrodynamische omstandigheden gemodelleerd worden.

Het morfologisch onderzoek poogt inzichten te verwerven in de gevolgen van de menselijke ingrepen en natuurlijke invloeden op de morfologie van de Schelde en op de morfologie voor de Vlaamse kust. Deze invloeden hebben ook gevolgen de veiligheid waardoor het onderzoek aldus nauw aansluit bij de onderzoeken inzake de waterbeheersing.

Binnen de afdeling wordt de Onderzoeksgroep voor Zee en Schelde ontwikkeld, verder aangegeven als OZES. Deze organisatie zal gebruik maken van uit te breiden faciliteiten van HIC, meer in het bijzonder het informatiesysteem HYDRA. Analoot als HIC zal deze onderzoeksgroep ook een processentrein omvatten vanaf de gegevensverzameling, over het gegevensbeheer en de digitale opslag. De gegevens zullen worden geëxploiteerd voor onderzoeksdoeleinden en voor operationele taken (zoals bij de opvolging van de baggerwerken). HYDRA zal ook alle historische gegevens moeten omvatten wat impliceert dat er een grote inspanning zal moeten worden geleverd voor de digitalisatie van historische gegevens van de morfologie en van de waterstanden van het getijdengebied. Samenwerkingsverbanden zullen worden gerealiseerd; specialisten zullen moeten worden ingeschakeld om tot een aanvaardbare methodologie te komen.

Het morfologisch onderzoek van Toegepast Onderzoek zal niet alleen rond mathematische modellering worden uitgebouwd maar zal ook gebruik maken van fysische schaalmodellen en vooral van heel wat extra terreinmetingen. Terreinkennis zal moeten worden verworven.

In het kader van de Lange Termijnvisie van de Schelde zijn het veiligheidsaspect, het milieu en de toegankelijkheid prioritaire invalshoeken. Voor deze aspecten is gedegen morfologisch onderzoek van de Schelde noodzakelijk.

Op langere termijn zal het door het morfologisch onderzoek mogelijk moeten worden om voorspellingen te doen over de impact van menselijke ingrepen op de watersystemen. Scenario's moeten kunnen worden doorgerekend en advies zal geleverd kunnen worden over de meest optimale aanpak van bepaalde ingrepen.

5. Modelleren in het kader van het nautisch onderzoek

In de Beleidsnota Mobiliteit en Openbare Werken 2000-2004 worden voor het vervoer te water drie doelstellingen gegeven: 1) verwijderen van knelpunten in het waterwegennet; 2) garanderen van de maritieme toegankelijkheid en 3) verminderen van de aanloopkosten in de havens.

In de strategische doelen van de Administratie Waterwegen en Zeewezen vindt men daarvoor terug

- het aandeel van de binnenvaart en de kustvaart in het totaal van het goederenvervoer betekenisvol doen stijgen
- de totale kostprijs per ton bij het aanlopen van schepen naar de Vlaamse zeehavens verminderen, terwijl hun aandeel in de trafiek op de range Hamburg-Le Havre stijgt.

Het bewaren en vermeerderen van technische knowhow inzake nautische aspecten die een bijdrage kunnen leveren voor de realisatie van die doelstellingen is een taak van vooral het Waterbouwkundig Laboratorium.

Samengevat omvat het nautisch onderzoek het bestuderen van het manoeuvreren van schepen, vooral in ondiep water, onderzoek dat experimenteel wordt uitgewerkt in een fysisch model, de sleeptank, en dit in samenwerking met de Universiteit Gent.

De resultaten van dit sleeptankonderzoek wordt vertaald in wiskundige modellen van de hydrodynamische krachten, van voortstuwing, roer, sleepboten en interactie met de omgeving (stroming, golven, oevers, bodem, e.a.). Deze krachtenmodules samen met een numerieke beschrijving van de omgeving uit terreinmetingen en rekenmodellen vormen het wiskundige model van de scheepsmanoeuvresimulator. Wat men vanop de scheepsbrug kan zien wordt met een driedimensionaal geometrisch model weergegeven in een "virtual reality" visualisatie waarin de leerling of proefpersoon zijn vaartaken realistisch zal uitvoeren. Men moet hierbij bedenken dat de mens het enige element is dat niet gemodelleerd wordt.

Met de simulator onderzoekt men ontwerpen van haveninfrastructuur en veiligheid van manoeuvres. Loodsen, studenten van de Hogere Zeevaartschool, sleepbootkapiteins e.a. worden er getraind voor het manoeuvreren in nieuwe situaties of met grotere schepen.

De unieke combinatie van onderzoek vanaf terreinmetingen, over modelmatig verwerken van de terreinmetingen met DELFT3D modellen, over het fysisch experimenteren in de sleeptank met scheepsbewegingen, over de integratie van natuur- en nautische gegevens in het model van de simulator, tot het realiseren van de simulatie-experimenten en uiteindelijk de opleiding is een voorbeeld van geavanceerd geïntegreerd onderzoek waar TO wil voor staan en hier ook een unieke positie inneemt dat door geen enkel binnenlandse groep als dusdanig kan worden gerealiseerd.

De unieke infrastructuur van het waterbouwkundig laboratorium maakt het mogelijk om vanuit verschillende invalshoeken tot verbeterde ontwerpen van watergebonden infrastructuur te komen. Dit werd toegepast bij het ontwerp van de nieuwe haventoeegang van Oostende. Op basis van de beschikbare gegevens verzameld op het terrein (morfologie, stromingen, hydrometeorologische gegevens) kunnen de hydrodynamische omstandigheden gemodelleerd worden van de huidige toestand en van de toestand na constructie van de havendammen. De gemodelleerde toestand kan worden ingebracht in het mathematisch model van de scheepsmanoeuvresimulator. Daarnaast wordt dit model gevoed door nautische aspecten, de in een sleeptank gemeten impact van stromingen op specifieke schepen die de haven zullen aandoen.

6. Besluit

De afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek is uitgerust met voldoende hard- en software, heeft expertise in huis, en heeft een door de bevoegde minister ondersteund plan om het waterpeilbeheer te organiseren naar de principes van het integraal waterbeheer.

Niet alleen op het vlak van waterbeheersing kan de afdeling samen met de andere waterbeheerders instaan voor de noodzakelijke modellering, de monitoring en het databeheer om beleidsondersteunend en beleidsuitvoerend

een belangrijke rol te kunnen spelen. Ook voor hydraulische problemen en inzake nautische aangelegenheden ontwikkelt de afdeling modellen of bouwt ze hierover de nodige knowhow op.

Bijlage 4

Visienota Modelleren van Watersystemen

Instituut voor Natuurbehoud

1. Inleiding

Hydrologische randvoorwaarden, waaronder de grootte en samenstelling van waterstromen, bepalen in belangrijke mate de ecologische kwaliteit. Niet alleen voor aquatische systemen, maar ook voor terrestrische systemen die op één of andere manier met deze waterstromen in verbinding staan. Het is via deze waterstromen dat vochtige en natte gebieden verbonden zijn met het omliggende landschap en de invloed ervan ondergaan. Voor het merendeel van de Vlaamse natuurreservaten is dit het geval. De kennis van de effectenketen tussen hydrologie en ecologie is belangrijk om veranderingen in de waterhuishouding te kunnen evalueren in termen van ecologische kwaliteit. Men moet over instrumenten kunnen beschikken die deze effecten beschrijven en eventueel kwantitatief uitdrukken.

Een belangrijk deel van het onderzoek op het Instituut voor Natuurbehoud heeft betrekking op watersystemen en op natuur die gebonden is aan watersystemen. Deze activiteiten zijn vooral samengebracht in de **Onderzoeksceel 'Ecohydrologie en Watersystemen'**.

De **onderzoeksgroep 'Landelijk Waterbeheer'** richt zich op de watersystemen zelf. Ze verricht hydrologisch onderzoek in het landelijk gebied en concentreert zich op de analyse van hoogwaterafvoeren in functie van het veiligheidsbeleid, de laagwaterafvoeren, de kwaliteit van de hydrologische data en de erosie en sedimentatieprocessen in onbevaarbare waterlopen. De resultaten onderbouwen het beheer van de onbevaarbare waterlopen. Deze onderzoeksgroep werkt in opdracht van Afdeling Water.

Daarnaast wordt onderzoek verricht naar een hele reeks ecosystemen die voor hun bestaan afhankelijk zijn van de aanwezigheid van water. Het betreft aquatische systemen in rivieren, estuaria en stilstaande wateren en waterrijke terrestrische systemen (wetlands) die gekoppeld zijn aan waterstromen zoals rivieren of grondwater. Niet zelden behoren zij tot de meest waardevolle natuur in Vlaanderen en stellen ze zeer specifieke eisen aan het milieu. De hydrologische randvoorwaarden -waterkwantiteit, watersamenstelling, riviermorfologie- zijn van wezenlijk belang voor het functioneren, de potenties en de natuurwaarde van het ecosysteem.

Het gebruik van hydrologie gerelateerde modellen situeert zich op drie vlakken:

- In het 'Landelijk Waterbeheer' wordt gewerkt met hydrologische en hydraulische modellen die belangrijk zijn voor het begrijpen van de waterhuishouding op de schaal van rivierbekkens met een optimaal rivierbeheer voor ogen;
- Hydrologische modellering kunnen helpen om op basis van waterstromen in het landschap randvoorwaarden voor habitat- of standplaatscondities te bestuderen en te voorspellen (waterpeilen, watersamenstelling, waterdieptes, frequenties) met een voor ecologie relevante nauwkeurigheid.
- Hydro-ecologische modellen kwantificeren de relatie tussen de hydrologische randvoorwaarden en de ecologie om op basis van de hydrologie de karakteristieken en samenstelling van het ecosysteem te voorspellen.

Het IN is in hoofdzaak een gebruiker van bestaande en beschikbare hydrologische modellen, er wordt slechts in beperkte mate geparticipeerd in de ontwikkeling ervan. Op het vlak van de hydro-ecologie (zie verder) neemt het Instituut wel het initiatief voor de ontwikkeling van modellen voor Vlaanderen.

2. Waarom wordt gemodelleerd ?

2.1 Landelijk Waterbeheer

Vlaanderen heeft 20.000 km waterlopen, waarvan ongeveer 10 % waterlopen van eerste categorie. Het is onmogelijk om op alle relevante locatie's en op alle gewenste momenten het gedrag van dit oppervlaktewater te meten. Dit waterloppennet heeft immers een zeer verscheiden karakter, de stroomgebieden variëren tussen 2 en 2000 km², en omvatten alle soorten bodemgebruiken van waardevol natuurgebied tot dichtbevolkte woonzones.

Gelet op de huidige ruimtelijke benutting van het gebied zijn **onderbouwde beslissingen** nodig bij het beheer van het waterloppenstelsel. Om meerdere oplossingsscenario's te vergelijken en verschillende belangen tegen elkaar af te wegen is een modelleringstudie met een computermodel de meest gebruikte techniek. Met hydrologische en hydraulische modellen wordt het gedrag van het oppervlaktewatersysteem gesimuleerd, worden de effecten van beheersmaatregelen nagebootst (bouwen van kunstwerken, hermeandering, inrichting van

overstromingsgebieden, enz) en wordt de invloed van maatregelen op andere watergebruikers (natuur, grondwater, ...) onderzocht.

2.2 Hydrologische randvoorwaarden voor natuur

De potenties en waarde van de natuur in aquatische en natte terrestrische ecosystemen worden in belangrijke mate bepaald door de hydrologische randvoorwaarden. Enkele voorbeelden: de natuur in kwelgebieden is afhankelijk van de grootte en de samenstelling van de voedende grondwaterstroom; de potenties van riviervlaktes voor natuur zijn afhankelijk van de kwaliteit van het oppervlaktewater, het aquatische biotoop in rivieren wordt mede gestuurd door de structuurkenmerken van de waterloop. Het definiëren van geschikte en haalbare hydrologische randvoorwaarden voor de natuur, en onderzoeken hoe deze gerealiseerd kunnen worden is essentieel voor het behoud, het herstel of de ontwikkeling van natuur. Dit is belangrijk bij

- de **afstemming tussen waterbeheer** (met o.a. veiligheid) en **natuurbeheer**, een belangrijke uitdaging voor de nabije toekomst;
- het verkennen van potenties voor **natuurontwikkelingsprojecten** in valleigebieden;
- het voorbereiden van **natuur- of rivierherstelprojecten**.

Anderzijds is het belangrijk de effecten van ingrepen in de waterhuishouding op de hydrologische randvoorwaarden voor natuur te kunnen voorspellen. Beslissingen met betrekking tot het te voeren water- of natuurbeleid kunnen er mee worden onderbouwd. Hierbij wordt onder andere gedacht aan verstoringsketens zoals vermessing en verdroging.

Hydrologische modellen zijn belangrijke instrumenten om deze randvoorwaarden en interacties te onderzoeken. Ze kwantificeren de relaties tussen de waterhuishouding op regionale schaal en de hydrologische randvoorwaarden op standplaats- of habitatniveau, en laten toe scenarioanalyses uit te voeren. De uitkomst van deze modellen moet voldoen aan de nauwkeurigheid die voor de ecologie noodzakelijk is. De hydrologische modellen hebben betrekking op het grondwater, oppervlaktewater, waterkwaliteit, bodemhydrologie en morfodynamiek.

2.3 Hydro-ecologie

De karakteristieken en samenstelling van de **vegetatie** worden in vochtige en natte gebieden in grote mate gestuurd door de **hydrologische condities** op de standplaats. In hydro-ecologische modellen worden deze relaties gekwantificeerd. Dit biedt de mogelijkheid om op basis van (eventueel gemodelleerde) standplaatsfactoren de potenties voor vegetaties en soorten in bepaalde gebieden in te schatten door hun kans op voorkomen te berekenen en hun aan- of afwezigheid in te schatten. Het levert een instrument om natuurontwikkelings- en natuurherstelprojecten voor te bereiden en te begeleiden, en om effecten van ingrepen op de standplaats (verdroging, vernatting, overstroming, ...) te evalueren.

3. Wat wordt gemodelleerd en met welke modellen ?

3.1 Landelijk Waterbeheer

Aan de onderzoeksgroep Landelijk Waterbeheer wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de hydrologische en hydraulische modellen uit de OWKM (oppervlaktewaterkwantiteitsmodelleringen)-studie's van de Afdeling Water. Waar deze modellen niet beschikbaar zijn wordt op basis van de terreinopmetingen van de Afdeling Water projectmatig een model opgebouwd. Het accent bij deze modellen ligt nog uitsluitend op het hoogwaterfenomeen: overstromingsbescherming, inrichting van buffergebieden in hoogwaterperioden, enz.

Voor de hydrologische studie wordt het **PDM** (Probability Distributed Moisture) model van het HR Wallingford gebruikt. Aan de hand van gemeten tijdreeksen van neerslagen en afvoer wordt een model gemaakt om invoeren van tijdsafhankelijke debieten te genereren in bepaalde knopen van een geschematiseerd waterlopenstelsel. De hydraulische modellen (**ISIS**) worden gehanteerd om peilen en debieten te berekenen over alle knopen van het waterlopenstelsel, uitgaande van een hydrologische invoer, om aldus over cijfermatige resultaten te beschikken van de afweging van de effecten van bepaalde ingrepen.

In de rand van de hoogwaterstudies wordt het ISIS model gebruikt voor de bepaling van maximum waarden bij de keuze van de inplanting van een nieuwe meetplaats, bij het onderzoek naar de relatie's tussen waterhoogte en afgevoerd debiet (debietskrommen van bepaalde stations) en bij het onderzoek naar de hydraulische ruwheid van waterloopsectie's.

Het hydrologisch PDM-model wordt ook gehanteerd als hulpmiddel bij de kwaliteitscontrole van de hydrologische data (aanvullen van ontbrekende waarden in de tijdreeks, verbetering van waarden als gevolg van slecht functionerende toestellen, enz).

3.2 Hydrologische randvoorwaarden voor natuur

Het modelgebruik op het Instituut met betrekking tot dit item is sterk projectgebonden: de problematiek, de doelstellingen spelen daarin een belangrijke rol. Met uitzondering van de onderwerpen in de vorige paragraaf beschreven, wordt voor deze aspecten meestal samengewerkt met andere gespecialiseerde onderzoeksgroepen, afdelingen of studiebureaus die de watermodellering voor hun rekening nemen. Eventuele eigen modelleringen hebben eerder een verkennend karakter.

Grondwaterstroming

Gemodelleerde grootheden: waterpeilen, kwelgebieden, infiltratiegebieden, stroomtijden

Modellen : **Microfem**, finite element grondwaterstromingsmodel, toegepast op Walenbos (Motte) en Snoekengracht (Velp); **Modflow** toegepast op Polders van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde, Demervallei

Samenwerking met Diest Hydrologie Vrije Universiteit Brussel

VUB Model voor afbakening kwelgebieden, toegepast op Nete, Demer- en Dijlebekken.

Modflow, berekening van kwelgebieden en grondwaterstroming naar kwelgebieden

Wetspa voor de berekening van de voeding van de grondwaterlagen

Berekening van waterbalans van wetlands

Berekende grootheden : kwelflux

Toegepast op het Walenbos (Motte)

Verdamping

Berekende grootheden : reële evapotranspiratie bosvegetatie

Toepassing van de **Penman- Monteith** methode, aangepast voor bossen en toegepast op Walenbos (Motte)

Sedimenttransport

Berekende grootheden : afvoeren en sedimentconcentratie op stormbasis

Multsed voor simulatie van erosie en sedimenttransport in rivierbekkens, toegepast op het bekken van de Steenbeek, Diksmuide

3.3 Hydro-ecologie

Op het Instituut worden hydro-ecologische modellen voor Vlaanderen ontwikkeld op basis van Nederlandse voorbeelden. Op het ogenblik wordt gewerkt aan

- ITORS-VI:

- berekent voor 80 planten- en mossoorten en 11 vegetatietypen **de kans op voorkomen** op basis van dynamische en chemische kenmerken van ondiep grondwater.
- gebaseerd op multiple logistische regressie.
- ontwikkeld in samenwerking met Universiteit Utrecht;
- toepasbaar in vochtige en natte biotopen, nutriënt-arm, in valleigebieden van de Kempen, het Hageland en de Leemstreek.

- NICHE-Vlaanderen

- **voorspelt standplaatsfactoren** op basis van bodem, hydrologie en aan de hand van uitgewerkte beslisregels.
- voorspelt op basis van de standplaats, de potentiële ontwikkeling van vegetaties
- ontwikkeld in samenwerking met SVW.

4. Toekomst perspectief

4.1 Landelijk waterbeheer

Het hydrologisch/hydraulisch modelleren van waterlopen wordt steeds belangrijker bij de motivatie van beheersmaatregelen op de waterlopen. Ook bij de keuze van nieuwe meetplaatsen en het onderzoek naar de hydraulische ruwheid van waterloopsecties zijn deze modellen gebruikt. De kwaliteitscontrole van de hydrologische data bevindt zich nog maar in de aanvangsfase, zodat ook daar goede hydrologische modellen nodig blijven.

Het aanwezige hydrologische pakket kan opgewaardeerd worden door een betere invoer, zowel van regengegevens als van afvoergegevens. Voor adequate regencijfers is de hoop gevestigd op een Vlaams pluviografisch netwerk, voornamelijk door een netverdichting van het huidig aantal pluviografen. Betere afvoergegevens worden betracht bij de optimalisatie van het limnimetrisch net, niet alleen door een betere spreiding van stroomgebieden over het gehele grondgebied maar ook als gevolg van een kwalitatieve verbetering van de meetgegevens (hoogwater en laagwater) en combinatie met andere meetnetten (regenwateroverlaten uit rioleringsstelsels, sedimentonderzoek, waterkwaliteit, enz.).

Vooralsnog is de meeste aandacht gericht op waterdebieten, en voornamelijk op hoogwaterdebieten. Het limnimetrisch net was tot heden geënt op hoogwaterbescherming. Er is een begin gemaakt met een meetnet voor sedimentdebieten, en mogelijks wordt hiermee de aanzet gegeven voor een meer continu onderzoek naar de waterkwaliteit van zowel hoog- als laagwaterafvoeren. Een meer systematisch gebruik van de valleien als overstromingsgebieden voor de oplossing van hoogwaterproblemen zal immers een betere kennis vereisen van de waterkwaliteit.

Op korte termijn is de uitbouw van een sedimentmeetnet te verwachten. De zoektocht naar performante modellen voor de **modellering van sedimenttransport** en sedimentuitspoeling zal zeker deel uitmaken van het onderzoek.

Naast deze 'pragmatische' noodzaak aan modellen wordt er voor een bekken in zijn geheel gestreefd naar de **integratie van modellen en modelresultaten** binnen de toepassingsgebieden van zowel de waterloopbeheerder (veiligheid, inrichting van waterlopen) als van andere actoren (waterkwaliteit, grondwater, natuurontwikkeling). In het kader van concrete projecten kan stap voor stap op zoek gegaan worden naar de efficiëntie van de modellen en modelresultaten voor het gebruik als hydrologische randvoorwaarden voor natuur, grondwaterbeheer, ...

4.2 Hydro-ecologie

Er wordt gestreefd naar de bouw of aanpassing van hydro-ecologische modellen om tot een reeks instrumenten te komen die de voor Vlaanderen relevante toepassingsvelden en -schalen dekken. Op korte termijn betekent dit de afwerking van Itors-VI en de ontwikkeling Niche-Vlaanderen. Op middellange termijn moeten de mogelijkheden worden onderzocht voor een model inzetbaar op regionale schaal, voor de uitbreiding van het toepassingsgebied van Itors-VI en Niche-Vlaanderen, en voor het inbrengen van het effect van overstromingen (frequentie, diepte, duur, nutriënten) op valleibiotopen.

4.3 Hydrologische randvoorwaarden voor natuur

Het belang van modellen die hydrologische randvoorwaarden voor natuur berekenen en voorspellen is groot. Op het Instituut voor Natuurbehoud is er een permanente aandacht voor. Het IN is vragende partij maar kan op het ogenblik gezien de techniciteit van de materie en de huidige prioriteiten van zijn opdrachten geen initiatiefnemer zijn.

Er zijn twee krachtlijnen.

- Een reeks modellen zijn gebouwd voor zuiver hydrologische toepassingen, de nauwkeurigheid vereist voor ecologisch gebonden problemen is niet altijd gegarandeerd of niet duidelijk: testen en verbeteren van deze modellen is dus de doelstelling
- Voor een aantal problemen zijn nog geen modellen beschikbaar die routinematig gebruikt kunnen worden. De ontwikkeling van deze instrumenten vraagt een nieuw initiatief

Hieronder een aantal behoeften opgelijst:

Effecten van overstromingen (=waterberging) op waterhuishouding in valleigebied

Overstromingen kunnen effecten hebben op waterpeilen van het grondwater in valleigebieden. Ze beïnvloeden de standplaatsfactoren en bijgevolg ook de potenties op vlak van de vegetatie. Op het ogenblik bestaat weinig informatie over deze effectenketen en de kwantificering ervan. Nochtans is het zeer belangrijk voor de natuur in valleigebieden en eventuele compatibiliteit met waterberging voor veiligheidsdoeleinden. Naast de opvolging van de effecten van overstromingen in valleigebieden zijn modellen nodig die deze processen kwantificeren. Het zou een belangrijke stap voorwaarts zijn het realiseren van een integraal valleibeheer.

Aspecten die hierbij belangrijk zijn, zijn de grondwaterdynamiek, grondwaterkwaliteit, bodemwaterhuishouding, nutriëntenhuishouding, en de rol van sedimentatie.

Normering oppervlaktewaterkwaliteit op vlak van nutriënten voor terrestrische ecosystemen,

De waterkwaliteit van rivieren wordt veelal geëvalueerd in functie van ongewervelden of vispopulaties in aquatische ecosystemen. De betekenis van deze normen voor terrestrische ecosystemen in de valleien in het geval van (tijdelijke) waterberging is niet duidelijk. Er bestaat geen specifieke normering m.b.t. de nutriënten die bij overstromingen mogen worden aangevoerd. Nochtans is deze gewenst om uit te maken of overstroming (=waterberging) in bepaalde valleien tolereerbaar is voor verschillende types van terrestrische ecosystemen, dan wel dat ze aanleiding zal geven tot verruiging en verarming van vegetaties.

Verspreiding van ecotoxicologische stoffen bij natuurlijke overstromingen.

Rivierwater, rivierbodems en alluviale sedimenten zijn mogelijke bronnen van ecotoxicologische stoffen. Een consequentie van natuurlijke, al dan niet, gecontroleerde overstromingen is de verspreiding van deze stoffen in grotere delen van het valleigebied. Bij natuurontwikkelingsprojecten is het inschatten van deze gevolgen vaak een belangrijke randvoorwaarde. Modellen die dit proces kunnen ondersteunen leveren een belangrijke meerwaarde.

Modelleren van de onderlinge afhankelijkheid van oppervlaktewaterpeilen en grondwaterpeilen

Rivierpeilen hebben een invloed op grondwaterpeilen. Ze bepalen of aangrenzende percelen al dan niet ontwateren en hoe snel. Vooral laagwater afvoeren zijn hierbij belangrijk. Ook de hoge afvoeren kunnen een rol spelen daar het grondwater kunnen aanvullen. Berekeningsmethoden die van de relatie tussen de hoogte van waterpeilen in waterlopen en grondwaterpeilen in aanpalende gronden kwantificeren zijn nodig voor effect voorspellingen.

In sommige biotopen, bv. schorren of oeverzones, is een dynamische modellering aangewezen.

Modelleren van grondwaterchemie langs het traject van infiltratie- naar kwelgebied

De grondwatersamenstelling in aquifers is een zeer belangrijke randvoorwaarde voor vegetatieontwikkeling in valleigebieden. De diversiteit aan kwelgebieden wordt er in grote mate door bepaald. Voorspellen van grondwatersamenstelling kan bijdragen tot realistisch inschattingen van mogelijke vegetaties. Modellen die op basis van informatie betreffende de watervoerende lagen de grondwatersamenstelling tussen infiltratiegebied en kwelgebied simuleren kunnen hierbij goede diensten bewijzen.

Modelleren van water- en stofstromen in de bodem.

De bodem mag beschouwd worden als de interfase tussen hydrologische randvoorwaarden en de vegetatie. De vertaling van hydrologische randvoorwaarden naar operationele standplaatsfactoren (beschikbaarheid van vocht, nutriënten, zuurstof) is een essentiële stap in het voorspellen van effecten van waterbeheer op het ecosysteem.

Evalueren van grondwatermodellen in functie van ecologische probleemstelling

Grondwatermodellen, vooral Modflow, worden in vele studies (o.a. ecohydrologische of hydro-ecologische studies) gebruikt voor het berekenen van grondwaterstanden in valleigebieden, met het oog op het evalueren van de potenties van bepaalde ecotopen. Dit is positief en noodzakelijk. Grondwatermodellen werden echter ontwikkeld voor zuiver hydrologische toepassingen waar nauwkeurigheden van meters vaak voldoende zijn. In ecologische probleemstellingen worden hogere nauwkeurigheden gevraagd, 10 tot 20 cm maken een groot verschil. Nochtans worden dezelfde modellen ook voor die doelstellingen gebruikt, niet altijd zonder problemen. Een tussentijdse evaluatie van het gebruik van verschillende modellen in Vlaamse valleigebieden bij ecohydrologische vraagstellingen dringt zich op. Er moet leiden tot een normstelling voor het gebruik van dergelijke modellen in ecohydrologische toepassingen: hoe, in welke omstandigheden, met welke gegevens mogen welke modellen gebruikt worden.

Modelleren morfodynamiek van rivieren.

Herstel van meanderende rivieren ten behoeve van aquatische en terrestrische habitats in valleigebieden is een belangrijke trend in het rivierbeheer. Om de compatibiliteit van meandering met veiligheid te verhogen is er behoefte aan methoden die de evolutie van meanders, bijvoorbeeld na ingrepen, kunnen voorspellen.

Bijlage 5

Visienota Modelleren van Watersystemen

***Dienst Waterbeleid
Provincie Antwerpen***

1. Inleiding

Deze nota wenst een overzicht te geven van de visie van de dienst Waterbeleid over de modelleringen van waterlopen. Hierin worden aspecten zoals de redenen, de aanpak en de verwachtingen naar de toekomst besproken.

2. Redenen voor modellering

In het jaar 1996 werd de eerste opdracht gegeven voor het uitvoeren van een hydrologische en hydraulische studie van de Koude Beek in het Benedenscheldebekken. De reden voor deze opdracht was de steeds weerkerende wateroverlast in de gemeente Borsbeek en de vrij complexe verweving van rioolstelsels en overwelfde waterloopsegmenten. Na de grote overstromingen van september 1998 in het Antwerpse werd al gauw in sneltreinvaart opdracht gegeven voor nog een kleine 20 studies omdat duidelijk werd dat er iets ernstigs mis was met de waterhuishouding en dat eenvoudige berekeningstechnieken niet meer voldeden om oplossingen te zoeken om deze wateroverlast te voorkomen. Het **veiligheidsaspect** was dan ook vrijwel de enige reden om een modellering uit te voeren.

Naarmate deze studies werden uitgevoerd groeide het besef dat deze modelleringen ook nog voor andere doeleinden konden gebruikt worden. De provincie wordt, als waterloopbeheerder, steeds vaker geconfronteerd met vragen van derden voor het uitvoeren van ingrepen, rechtstreeks of onrechtstreeks op de onbevaarbare waterlopen. De behoefte aan een instrument om de invloed van deze ingrepen te kunnen inschatten wordt dan ook steeds groter, zeker als men weet dat vele waterlopen reeds tot aan de rand (of erover) worden benut voor de waterafvoer. Ook ontbreekt een zicht op wat een waterloop allemaal kan verwerken, niet alleen naar water, maar ook naar slibtransport, vervuiling, welke onderhoudswerken en herstellingswerken er dienen uitgevoerd wanneer en waar, enzovoort.

3. Wat wordt er gemodelleerd?

In de eerste plaats werden sinds 1998 voornamelijk de **waterlopen van 2^e categorie** gemodelleerd die aanleiding gaven tot wateroverlast. Hierbij werden in het stroomgebied van dergelijke waterloop alle waterlopen van 2^e en 3^e categorie opgemeten. Er werden debietmetingen en peilmetingen verricht over een periode variërende van enkele weken tot enkele maanden. Een hydrologisch model werd opgesteld en geijkt waarna het hydraulisch model werd opgesteld. Een aantal scenario's voor het vermijden van de wateroverlast werden doorgerekend.

De subsidiariteitsprincipe indachtig wordt heden van de betrokken gemeenten ook een inspanning verwacht waarbij deze gevraagd worden het deel van de kosten van de modellering dat betrekking heeft op de waterlopen van 3^e categorie die onder hun beheer vallen, voor hun rekening te nemen.

Tot 2001 werd ISIS-software voorgeschreven in de bestekken. De laatste offerteaanvragen (eind november 2002) schrijven allemaal Infoworks voor, teneinde deze modellen later vlot te kunnen laten koppelen aan de modellen van afdeling Water.

Deze waterloopmodelleringen uitgevoerd door diverse studiebureaus hebben uiteindelijk als doel een **stroomgebied in zijn geheel** te bekijken. Belangrijk hierbij is dat, via een doorgedreven communicatie naar de betrokken besturen door zogenaamd Lokaal Wateroverleg, de boodschap aan deze besturen wordt gegeven dat elke ingreep op een deel van het watersysteem invloed kan hebben op het gehele watersysteem. Vooral de gemeentebesturen kunnen met deze modelleringen bewust gemaakt worden dat zij ook heel wat verantwoordelijkheid hebben in een degelijk beheer van hun waterlopen, rioleringen en zeker niet in het minste de ruimtelijke ordening.

4. Toekomstperspectief

De provincie wil op middellange termijn een model laten opstellen van **de belangrijkste waterlopen van 2^e categorie onder haar beheer**. Het opstellen hiervan zal steeds gepaard gaan met het nodige overleg met alle betrokkenen. Gelet op de vereiste knowhow voor het opstellen van deze modellen, zal deze taak opgedragen worden aan de hierin gespecialiseerde studiebureaus.

De provincie zal eveneens het softwarepakket Infoworks aankopen. Het doel hiervan is dat de modellen opgesteld door de studiebureaus worden bijgehouden en gebruikt worden voor het berekenen van de invloed van bepaalde werken uitgevoerd door derden of door de provincie zelf. Alleen op deze manier kan rekening gehouden worden met de alle invloeden die er reeds bestaan op deze waterloop en met wat er nog in de toekomst kan ontstaan. Het **model** zou dan **als beleidsinstrument** kunnen gehanteerd worden voor het duurzaam beheer van de waterloop.

Door de provincie worden retentiebekkens en gecontroleerde overstromingsgebieden aangelegd, samen met nog heel wat waterbouwkundige constructies zoals pompinstallaties. Het effectief aanwenden van deze installaties zal maar goed kunnen gebeuren door het permanent afstemmen van hun werkelijk gedrag met het model. Hier wordt gedacht aan **real-time modellering** als sturing voor deze installaties.

In de toekomst zal steeds **verdere afstemming** gezocht worden met de modelleringen uitgevoerd door andere besturen zoals Aquafin, afdeling Water, AWZ enzovoort.

Het is aangewezen om standaarden te laten ontwikkelen inzake de gebruikte systematiek bij de opbouw van de hydrologische modellen in functie van de grootte van het te modelleren stroomgebied. De aanpak bij de opbouw van een hydrologisch model voor een rioleringsstelsel verschilt van deze voor een stroomgebied. Ook de grootte van een stroomgebied is bepalend voor de aan te wenden systematiek. Op dit ogenblik gebruikt elk studiebureau zijn eigen methode en dit komt de integrale benadering niet ten goede.

Een bedenking is toch wel dat zelfs met de meest gesofisticeerde modellen en apparatuur het wellicht toch niet mogelijk zal zijn de natuur zelf te voorspellen. Zeker met wat de afgelopen vier jaren in de provincie gebeurd is moet men zich afvragen of al de statistische gegevens van de afgelopen honderd jaar wel kunnen gebruikt worden voor het opstellen van hydrologische modellen. Is er een klimaatsverandering aan de gang en durft men hier reeds rekening mee houden? Daarom wordt toch wel gepleit voor de nodige voorzichtigheid bij de interpretatie van deze modelleringen en voorziet men zich best op het ergste.

Bijlage 6

Visienota Modelleren van Watersystemen

Vlaamse Landmaatschappij

1. Werking en bevoegdheden van de VLM

De Vlaamse Landmaatschappij is o.a. bevoegd voor de inrichting van de open ruimte in Vlaanderen. Daartoe beschikt zij over de instrumenten ruilverkaveling, landinrichting en natuurinrichting. De werking van deze instrumenten kenmerkt zich door een planmatige en projectmatige aanpak. Elk project bestaat uit 3 fasen : de inventarisatie, de planvorming en de uitvoering.

De inventarisatie beschrijft het volledige projectgebied in al haar facetten, waarvan water er één is. Hierbij wordt alle gebiedsinformatie rond waterlopen (veelal waterlopen van 1°, 2°, 3° en 4° categorie), zoals stroomgebieden, grondwaterkwetsbaarheid, waterwingebieden, grenzen polders en wateringen, lozingspunten, meetpunten kwaliteit of grondwaterstand, ..., verzameld en gedigitaliseerd.

Als er zich binnen de projectgebieden specifieke problemen voordoen, of als er bij de inrichting specifieke vragen gesteld worden rond de waterhuishouding, kunnen er bijkomende topografische opmetingen van waterlopen en/of aangrenzende terreinen uitgevoerd worden. Uiteraard wordt, vooraleer over te gaan tot deze extra-uitgave, nagevraagd of er bij de bevoegde administratie of overheid hierover geen bruikbare informatie beschikbaar is.

Bij recente studies wordt op basis van de luchtfotogrammetrie een DTM aangemaakt van het studiegebied. Voor een meer gebiedsdekkende modellering (erosie- of hydrologische modellering) worden soms de 1/10.000 hoogtelijnen gedigitaliseerd.

2. Modellering

In de verschillende projecten werden tot nog toe de hydraulische modelleringen beperkt tot stationaire berekeningen van waterhoogtes bij piekdebieten. De hydrologische modellering van de te verwachten afvoer bleef in de meeste gevallen beperkt tot een arbitraire aanname (bv. x l/s/ha) of tot een rationele berekening (d.m.v. run-off-coëfficiënt, oppervlakte en intensiteit). In enkele gevallen werd de tijd-oppervlakte-methode (afgeleid van de rationele methode voor verschillende isochrone oppervlaktes) of de methode van het eenheidshydrogram toegepast. Bij samenloop van grotere beken werd bij de samentelling van de afvoerhydrogrammen rekening gehouden met optredende tijdverschuivingen. Bij beschikbaarheid van een DTM wordt de tijd-oppervlakte-methode toegepast via GIS-modules.

Omdat de noodzaak zich in enkele projecten stelde om meer verfijnde berekeningen te kunnen uitvoeren waarbij de niet-stationaire één-dimensionele modellering van de waterbeweging van belang is, werd in het najaar van 1998, na een grondig marktonderzoek, het programmapakket ISIS aangekocht. Voor het voorjaar '99 werd een opleiding voorzien voor 5 personen van de VLM.

Eind 1998 werden de eerste projecten opgestart waarvoor ISIS werd aangewend. De ruilverkaveling Sint-Lievens-Houtem en het landinrichtingsproject "Oude Kale" zijn de eerste projecten waarbij ISIS wordt gebruikt voor het onderzoeken en uitwerken van de inrichtingsvoorstellen. Voor verschillende andere projecten staan modelleringen met ISIS op stapel (o.a. rvk Londerzeel, rvk Scheldekant, rvk Willebringen).

De visie en methodologie van de VLM omtrent de modellering van waterlopen bestaat erin om specifiek binnen elk projectgebied de noodzaak tot modellering te evalueren. Indien de vraag tot modellering verantwoord is, zal het schaalniveau en de detailgraad van de modellering worden bepaald om de effecten van geplande maatregelen op een correcte wijze te kunnen voorspellen. Naargelang de situatie zal het volstaan een bestaand model verder uit te werken (of te vereenvoudigen) tot het gewenste schaalniveau, of moet er een volledig nieuw model worden opgesteld. Een goede coördinatie tussen de bevoegde administraties en overheden is noodzakelijk om dubbelwerk hierbij te vermijden.

De VLM is dan ook **voorzitter van de werking** van de werkgroep "Modellering van watersystemen" om tot **een centraal bestand te komen** waarin de gegevens van alle modelleringen verzameld worden waardoor het opzoeken en uitwisselen ervan vereenvoudigd wordt.

3. Probleem

De VLM is van oordeel dat de grootste onzekerheid bij de modellering van watersystemen zich situeert bij het hydrologisch deel. Het bepalen van een representatief maatgevend afvoerhydrogram met een bepaalde kans van voorkomen blijft een discussiepunt bij alle modelleringstudies. Het afvoerhydrogram kan bij wijze van spreken "gemaakt" worden op maat van de resultaten die men wenst te verkrijgen.

Om deze willekeur en onzekerheid in de toekomst zoveel mogelijk te vermijden is het noodzakelijk hierover verder onderzoek uit te voeren en te coördineren om tot **éénduidige normen** te komen bij het opstellen van een **maatgevend afvoerhydrogram** (cf. normen bij ontwerp rioleringen). Alleen dan zal men resultaten op een correcte manier kunnen interpreteren en vergelijken.

Bijlage 7

Visienota Modelleren van Watersystemen

Vlaamse Milieumaatschappij

1. Inleiding

Deze nota wil een overzicht verschaffen van de modelleringsinitiatieven die momenteel bij de VMM lopen of in ontwikkeling zijn. Deze nota komt er op vraag van de werkgroep Modelleren (het Overlegplatform rond modellering van watersystemen) van het VIWC subcomité Watersysteembekendheid. Door het naast elkaar leggen van visies en plannen van aanpak bij de andere waterbeheerders zal deze nota bijdragen tot een gefundeerde stellingname vanuit Vlaanderen ten aanzien van "integrale watermodellering". Hierna wordt achtereenvolgens besproken waarom gemodelleerd wordt, wat gemodelleerd wordt en hoe modellering in een breder kader (van meetnetten, databanken, modellen en onderlinge afstemming) gezien wordt door de VMM.

2. Waarom de waterkwaliteit modelleren ?

De VMM wenst met behulp van waterkwaliteitsmodellen het milieubeleid inzake de waterkwaliteit van de oppervlaktewateren in Vlaanderen op milieutechnische en wetenschappelijke wijze te onderbouwen volgens het principe van integraal waterbeheer. Waterkwaliteitsmodellen worden als beleidsondersteunend hulpmiddel gebruikt bij het opstellen van algemene waterkwaliteitsplannen (AWP2) en in een volgende fase stroomgebiedbeheer-plannen (SGBP).

Modellen laten toe om snel en op systematische wijze simulaties over de waterkwaliteit van waterlopen door te voeren. De resultaten en de besluiten die eruit worden afgeleid, krijgen via modellering een wetenschappelijk onderbouwing. Modellen bieden de mogelijkheid de resultaten te visualiseren, waardoor ze voor de beleidsmakers beter begrijpbaar worden. Modellen zijn een middel om toekomstsimulaties door te voeren, waardoor de effecten van geplande maatregelen op de waterkwaliteit kunnen bepaald worden.

De volgende taken kunnen met behulp van waterkwaliteitsmodellen uitgevoerd worden :

- opstellen van normen (concentraties en vrachten),
- toetsen van toelaatbare vrachten,
- onderzoek van vergunde vrachten,
- onderzoek van stofstromen,
- vergelijkende studie van diverse scenario's,
- onderzoek van kritische toestanden voor crisisbeheer,
- optimalisatie van meetnetten.

3. Wat wordt er gemodelleerd ?

De waterkwaliteit van de oppervlaktewateren, ingedeeld per bekken of per stroomgebied, wordt met behulp van waterkwaliteitsmodellen gemodelleerd.

Deze modellen houden rekening met en beschrijven de fysische, chemische en biochemische processen die zich in de waterlopen afspelen. De aandacht van de VMM is voornamelijk gericht op de volgende onderzoeksthema's : de zuurstofhuishouding en de nutriëntenhuishouding (stikstof en fosfor). Nieuwe onderzoeksthema's zijn de verontreiniging door zware metalen en bestrijdingsmiddelen.

Aangezien een waterkwaliteitsmodel de relatie tussen emissie en immissie moet leggen, wordt er bij de gebruikte waterkwaliteitsvariabelen en meetgegevens een onderscheid gemaakt tussen de grootheden gebruikt voor bepaling van de waterkwaliteit van de oppervlaktewateren (immissie) en de grootheden gebruikt voor de bepaling van de vuilvrachten die in de oppervlaktewateren terechtkomen (emissie). Deze zijn namelijk niet altijd dezelfde. Bij de fysico-chemische grootheden kunnen twee inconsistenties tussen emissie- en immissiemeetgegevens vermeld worden.

De eerste inconsistentie bestaat uit het feit dat de organische vuilvracht gekwantificeerd wordt door het biologisch en chemisch zuurstofverbruik (BZV en CZV) terwijl de waterkwaliteit bij de zuurstofhuishouding gekwantificeerd wordt door opgeloste zuurstof (en biomassa's zijnde biologische grootheden). Het meetnet afvalwater meet normaal gezien geen opgeloste zuurstof bij effluënten en het meetnet oppervlaktewater meet normaal gezien geen rest BZV in de oppervlaktewateren.

Om deze grootheden toch te kunnen toetsen heeft de VMM speciale meetcampagnes voor waterkwaliteitsmodellering moeten voeren.

De tweede inconsistentie bestaat uit het feit dat de stikstofvuilvrachten genormeerd en bijgevolg gemeten worden als totaal stikstof, terwijl de waterkwaliteit van de oppervlaktewateren genormeerd en bijgevolg gemeten worden voor de samenstellende onderdelen Kjeldahl-stikstof en totaal geoxideerde stikstof (= nitraat- en nitriet-stikstof). Aangezien een waterkwaliteitsmodel een consistent geheel aan emissie- en immissiemeetgegevens vergt, heeft de VMM op het vlak van de nutriënten een fictieve immissienorm voor totaal stikstof moeten samenstellen vanuit de bestaande immissienormen voor Kjeldahl-stikstof en totaal geoxideerde stikstof.

Op deze wijze kunnen emissiestandaarden voor bedrijven en RWZI's toch getoetst worden aan immissienormen.

Verder moet er ook onderscheid gemaakt worden tussen fysico-chemische en biologische grootheden. Dit is voornamelijk van belang bij de waterkwaliteit van de oppervlaktewateren, waar de biologische grootheden meer de gevolgen op lange termijn van de aanwezige vervuiling op de ontvangende waterloop beschrijven, terwijl de fysico-chemische grootheden effecten op korte termijn weergeven. De vervuilingsbronnen daarentegen zijn meestal van fysico-chemische aard. Bijgevolg worden geen biologische grootheden voor de vuilvrachten opgegeven, alhoewel bij voorbeeld coliformen als biologische belasting zouden weergegeven kunnen worden.

De VMM heeft geopteerd voor het gebruik van het SIMCAT-model van het Water Research Center (WRC) uit Engeland, een eenvoudig statistisch waterkwaliteitsmodel, om een algemeen beeld van de waterkwaliteit in een bekken weer te geven.

Het WRC bouwt, kalibreert en valideert bekkenmodellen die daarna door de VMM gebruikt worden om diverse toekomstsimulaties door te voeren.

De SIMCAT-bekkenmodellen voor de bekkens van de Dender, IJzer, Nete, Demer, Bovenschelde en Dijle-Zenne zijn stapsgewijze in de tijd voltooid; het bekkenmodel van de Leie is in opbouw.

De selectie van te modelleren waterlopen in een SIMCAT-model gebeurt op basis van volgende regels: vooreerst wordt/worden de hoofdwaterlo(o)p(en) van het bekken genomen, bij voorbeeld: de Demer of de Grote en Kleine Nete of de Dijle en de Zenne. In tweede instantie worden alle belangrijke zijrivieren van eerste orde genomen. Kleinere zijrivieren of zijrivieren van lagere orde worden alleen gemodelleerd indien er vele en/of belangrijke lozingen via deze waterlopen stromen.

Aangezien SIMCAT alleen op klassieke zoetwaterbekkens zonder getijdenwerking van toepassing is, zullen de vier overblijvende bekkens (Maas, Brugse polders, Gentse kanalen en Benedenschelde) door andere modellen behandeld moeten worden.

Het Maasbekken bestaat uit de Grensmaas en zijn direct aansluitende zijrivieren enerzijds, uit enkele andere zijrivieren (zoals de Abeek, de Dommel, de Mark en Aa-Weerij) die via Nederland stromen vooraleer de Maas te bereiken anderzijds. Vanwege het grensoverschrijdend karakter zal er samenwerking met Nederland gezocht worden voor behandeling van dit bekken. Voor de Grensmaas wordt er gedacht aan medeparticipatie aan het Nederlands SOBEK-model van de Grensmaas.

De bekkens van de Brugse polders en de Gentse kanalen vormen een zeer specifiek watersysteem bestaande uit polders en kanalen. Rivieren zijn er schaars. Gelet op het specifiek karakter van dit watersysteem dat nog zeer weinig gekend en nog minder gekwantificeerd is, zal er bijkomend voorafgaandelijk onderzoek moeten gebeuren om het watersysteem te verkennen alvorens een keuze voor een geschikt waterkwaliteitsmodel te kunnen maken.

Het bekken van de Benedenschelde (en modelmatig de hele Zeeschelde van Gent tot aan de Belgisch-Nederlandse grens) vormt eveneens een zeer specifiek watersysteem, gekarakteriseerd door de getijdenwerking en de overgang van zoet naar brak water.

Dit bekken zal daarom door een dynamisch, deterministisch waterkwaliteitsmodel moeten behandeld worden.

Daarom startte de VMM begin 2002 met een tweede fase inzake waterkwaliteitsmodellering. Hierbij wordt het model PEGASE van de universiteit van Luik (ULg), een dynamisch, deterministisch waterkwaliteitsmodel, gebruikt om diepgaander onderzoek op de waterkwaliteit van het Scheldestroomgebied te ondernemen.

Aangezien dit Scheldemodel in 1994-96 reeds door de ULg gebouwd werd in opdracht van de VMM, de 'Ministère de la Région wallonne' (MRW) en de 'Agence de l'Eau Artois-Picardie' (AEAP) met Europese subsidies voor bijna heel het Scheldestroomgebied (van de bron van de Schelde tot aan de Belgisch-Nederlandse grens, dit is 92 % van het stroomgebied), heeft de VMM besloten om dit model te laten reviseren en updaten met recente gegevens (anno 2000). Het MRW heeft een analoge opdracht aan de ULg gegeven; de AEAP zal waarschijnlijk binnenkort volgen.

Met dit model wenst de VMM het bekken van de Benedenschelde en al zijn toevoerbekken te behandelen. De output-kanalen van de Schelde en de Leie (afleidingskanaal van de Leie, kanaal Gent-Oostende, kanaal Gent-Terneuzen en de Ringvaart rond Gent) zullen mede in het model opgenomen worden.

De biologische modellering en de behandeling van de zware metalen zijn een uitbreiding op de vroeger (door SIMCAT) behandelde onderzoeksthema's. PEGASE werd vroeger door Wallonië ontwikkeld om de biologische waterkwaliteit te modelleren en de kans op voorkomen van zalm- en karperachtigen in de waterlopen op basis van de fysico-chemische en biologische waterkwaliteit te bepalen.

Bijkomende modellen SENTWA en SEPTWA worden gebruikt om een inschatting te maken van de vuilvrachten van respectievelijk nutriënten en bestrijdingsmiddelen, afkomstig van de landbouw; bij bestrijdingsmiddelen ook afkomstig van openbaar en particulier gebruik.

4. Visie van de VMM aangaande geïntegreerde watermodellering

Voor waterkwaliteitsmodellering weze het ideaal om te beschikken over een beleids-ondersteunend systeem waarbij waterkwantiteits- en waterkwaliteitsmodellen van de diverse onderdelen van de watersystemen (oppervlaktewater, grondwater, rioleringsstelsel) geïntegreerd zouden zijn. Spijtig genoeg is dit nog altijd een utopie. Er bestaan namelijk teveel knelpunten om dit te verwezenlijken.

Ten eerste hebben waterkwantiteits- en waterkwaliteitsmodellering van de oppervlaktewateren andere doelstellingen :

- Waterkwantiteitsmodellering heeft als doel overstromingen te vermijden. Hoogwatersituaties vormen de kritieke situaties.
- Waterkwaliteitsmodellering heeft als doel de effecten van waterverontreiniging in kaart te brengen en maatregelen ter sanering van bekkens te onderzoeken op hun effectief impact op de waterkwaliteit van de waterlopen. Laagwatersituaties vormen voornamelijk de kritieke situaties. Ook al leidt een plotse hoogwatersituatie soms tot 'first flush' verontreiniging.

De tijdsschalen die met deze verschijnselen gepaard gaan, zijn ook zeer verschillend :

- Bij waterkwantiteitsmodellering wordt de situatie van een waterloop minuut per minuut opgevolgd gedurende een periode van enkele weken.
- Bij dynamische waterkwaliteitsmodellering wordt de situatie van een waterloop dag per dag opgevolgd gedurende een periode van enkele jaren.

De ruimteschalen die met deze verschijnselen gepaard gaan, zijn bovendien ook zeer verschillend

- Bij waterkwantiteitsmodellering wordt het gebied van een deelbekken of hydrografische zone zeer gedetailleerd bestudeerd.
- Bij waterkwaliteitsmodellering wordt het gebied van een bekken of zelfs van een volledig stroomgebied bestudeerd, doch veel minder gedetailleerd. De dichtheid knopen en karakteristieke punten is veel minder groot.

Het aantal gemodelleerde variabelen verschilt sterk tussen waterkwantiteits- en waterkwaliteitsmodellen :

- Bij waterkwantiteitsmodellering worden de waterpeilen en de debieten van de waterlopen gemodelleerd.
- Bij waterkwaliteitsmodellering worden, naast de watertemperatuur, concentraties van minstens tien stoffen in de waterkolom gemodelleerd. Interacties met de waterbodem moeten bij hydrodynamische waterkwaliteitsmodellering tevens in rekening gebracht worden. Het aantal metingen (monsternames en analyses) en hun kost lopen bijgevolg snel hoog op. De kost van de gegevensverwerving en -verwerking bij een project van waterkwaliteitsmodellering bedraagt het hoofdaandeel van de totale kost van het project.

Een hydrodynamisch waterkwaliteitsmodel zal bijgevolg een hydrodynamisch waterkwantiteitsmodel vragen die hetzelfde gebied met dezelfde waterlopen bestrijkt en in staat is om situaties van droogte (laagwatersituaties) te simuleren en lange termijnsimulaties uit te voeren.

Eens de problemen van waterkwantiteitsbeheer (zoals de regulering van het debiet in de waterlopen en de nodige afvoer via aftakkingen en afleidingskanalen) door het waterkwantiteitsmodel opgelost, moet het waterkwaliteitsmodel op basis van de berekende debieten van de waterlopen de resulterende waterkwaliteit kunnen berekenen. De nodige vervuiliingsreducties moeten bij welbepaalde hydraulische regimes in de waterlopen kunnen bepaald worden.

De koppeling tussen grondwatermodellen en oppervlaktewatermodellen is nog maar in ontwikkelingsfase; de koppeling tussen oppervlaktewatermodellen en rioleringsmodellen is ook niet altijd verwezenlijkt.

Een aantal problemen in verband met de gegevensaanlevering voor de hydrodynamische waterkwaliteitsmodellen worden eveneens gesteld.

Er is nood aan meer uitgebreide meetreeksen waardoor :

- intensieve en integrale meetcampagnes voor kalibratie en validatie van modellen georganiseerd zouden moeten worden,
- de hydrologische meetnetten (o.a. debietmeetstations) geoptimaliseerd en uitgebreid zouden moeten worden,
- een meetnet permanente meetstations waterkwaliteit op de strategische plaatsen op de waterlopen in Vlaanderen, samen met de hydrologische meetnetten, opgericht zou moeten worden,
- een meetnet Afvalwaterzuiveringsinfrastructuur (op het rioleringsstelsel) (verder) ontwikkeld zou moeten worden,
- de meetstrategie bedrijfs- en RWZI-effluenten op consequente wijze toegepast zou moeten worden.

Indien bij geïntegreerde watermodellering de module waterkwaliteit even gedetailleerd moet zijn als bij het hydrologisch model, wordt de vraag gesteld of de meerwaarde van een volledig geïntegreerd model dan nog opweegt tegen de (onbetaalbare) meerkost van bovenvermelde maatregelen op het vlak van meetnetten.

Verder wordt er aangestuurd op een betere structurering van databanken en een onderlinge afstemming van unieke databanken (geen meervoudige opslag van informatie bij verschillende instanties en met afwijkende versies !). Een decentraal beheer van databanken zou mogelijk moeten zijn. Ieder bevoegde instantie zou de vrije toegang tot deze databanken in een gemeenschappelijk netwerksysteem moeten krijgen.

Een aantal ecologische elementen of waterbeheerwerken oefenen ook een invloed uit op de watermodellering :

- De structuurkenmerken van waterlopen zoals het type oever, de meandering of de kanalisatie van waterlopen, het 'pool-riffle' profiel, de aanwezigheid van uiterwaarden.
- Baggerwerken bij aangeslibde waterlopen.
- Onderhoudswerken aan oevertvegetatie.

De meeste modellen houden nog geen rekening met deze elementen.

Tenslotte dient vermeld dat een nauwere samenwerking tussen alle actoren uit het Overlegplatform rond modellering van watersystemen een vereiste is voor het oplossen van

bovenvermelde problemen teneinde een betere afstemming en een mogelijke integratie op lange termijn in de watermodellering te kunnen verkrijgen.