



Deltaprogramma

Deltamodel

Functionele specificaties, kwaliteitseisen en
opbouw Deltamodel





Functionele specificaties, kwaliteitseisen en opbouw Deltamodel

Datum 1 juli 2012
Status Rapport Projectteam Deltamodel, Versie 1.1

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Waterdienst
Informatie	Timo Kroon
Telefoon	0320-298521
Uitgevoerd door	Timo Kroon (Waterdienst) en Erik Ruijgh (Deltares), met bijdragen van medewerkers van Deltares en Rijkswaterstaat en HKV (Herm-Jan Barneveld)
Opmaak	
Datum	1 juli 2012
Status	concept Projectteam Deltamodel
Versienummer	V1.1

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	<i>Deltamodel op hoofdlijnen</i>	6
1.2	<i>Fasering en proces</i>	8
1.3	<i>Doel functionele specificaties en kwaliteitseisen</i>	9
1.4	<i>Leeswijzer</i>	9
2	Uitgangspunten Deltamodel	11
2.1	<i>Doelstelling Deltamodel</i>	11
2.2	<i>Deltamodel en Deltaprogramma</i>	12
2.3	<i>Deltamodel en Delta-Instrumentarium</i>	15
2.4	<i>Deltamodel en regionale modellen</i>	17
2.5	<i>Deltamodel en een samenhangend instrumentarium voor waterbeheer</i>	17
2.6	<i>Eindgebruikers</i>	19
2.7	<i>Tijdshorizon</i>	21
2.8	<i>Verschillende niveaus van toepassing</i>	23
3	Beoogde toepassing Deltamodel	26
3.1	<i>Vergelijkingssystematiek</i>	26
3.2	<i>Waterveiligheid</i>	27
3.3	<i>Zoetwatervoorziening</i>	30
3.4	<i>Verbinding waterveiligheid en zoetwatervoorziening</i>	31
4	Functionele specificaties Deltamodel	33
4.1	<i>Inleiding</i>	33
4.2	<i>Maatregelen, scenario's en vergelijkingssystematiek</i>	34
4.3	<i>Waterveiligheid</i>	39
4.4	<i>Zoetwatervoorziening</i>	41
4.5	<i>Geografische afbakening</i>	44
4.6	<i>Verbinding pijlers Deltamodel</i>	46
5	Kwaliteitseisen	48
5.1	<i>Inleiding</i>	48
5.2	<i>Waterveiligheid</i>	48
5.3	<i>Zoetwatervoorziening</i>	52
6	Workflows in Rekenfaciliteit Deltamodel	54
6.1	<i>DP Zoetwater</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
6.2	<i>DP Rivieren</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
6.3	<i>DP Rijnmond/Drechtsteden (DP-RD)</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
6.4	<i>DP IJsselmeer</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
6.5	<i>DP Zuidwestelijke Delta</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
7	Geraadpleegde literatuur	65

Voorwoord

Voor u ligt de tweede versie van het rapport "Functionele specificaties en kwaliteitseisen en opbouw Deltamodel". Een document waarmee we het Deltamodel verder afbakenen en verduidelijken.

Het Deltamodel is een model(instrumentarium) dat gebruikt wordt bij de waterstaatkundige onderbouwing van beleidskeuzen voor de lange termijn. Binnen het Deltaprogramma wordt het Deltamodel ingezet voor beleidsvraagstukken op het gebied van waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. De focus ligt hierbij op het hoofdwatersysteem en de Deltabeslissingen.

Eind 2012 komt versie 1.0 van het Deltamodel beschikbaar voor de gebruikers. Om te komen tot een goed werkende en geteste versie, is eind 2010 een conceptversie 0.1 opgeleverd en 1 oktober 2011 een conceptversie 0.2. Deze beide conceptversies hebben nog niet de volledige functionaliteit en zijn nog niet volledig getest. Ze worden ingezet voor voorlopige analyses in het Deltaprogramma.

Op 1 september 2011 is een eerste versie van het rapport "Functionele specificaties en kwaliteitseisen Deltamodel" verschenen. Daarin is beschreven welke soort scenario's en maatregelen in het Deltamodel 1.0 kunnen worden doorgerekend en welke resultaten de berekeningen opleveren. De kwaliteitseisen hebben betrekking op de nauwkeurigheid van de berekeningsresultaten. Inzicht in de nauwkeurigheid is nodig bij de interpretatie van resultaten. Het helpt bijvoorbeeld bij het bepalen of effecten van maatregelen onderscheidend zijn of niet. De mate van nauwkeurigheid geeft belangrijke informatie voor de besluitvorming in het Deltaprogramma.

Begin 2012 is besloten het rapport te actualiseren. Een belangrijke reden hiervoor is dat de context van het Deltamodel in beweging is. Er is bijvoorbeeld meer bekend over de ontwikkeling van het Delta-Instrumentarium, waar het Deltamodel onderdeel van uitmaakt. Ook is aanvullende informatie beschikbaar over de vergelijkingssystematiek, waarin wordt vastgelegd op basis van welke informatie en criteria strategieën in het Deltaprogramma onderling worden vergeleken. Deze ontwikkelingen zijn op het moment van publicatie van dit document nog niet uitgekristalliseerd, maar in het werkplan van 2012 van het project Deltamodel is al zo veel mogelijk op deze ontwikkelingen geanticipeerd. Dit heeft geleid tot enkele accentverschuivingen in onderdelen van het project. Met name zijn enkele functionaliteiten verschoven van het Deltaportaal naar de Rekenfaciliteit. Ook zijn door verdere discussie met de gebruikers van het Deltamodel de wensen t.a.v. van de ontwikkeling van het Deltamodel verder aangescherpt. In deze geactualiseerde rapportage is daarmee nader uitgewerkt wat eind 2012 verwacht kan worden van Deltamodel 1.0.

1 Inleiding

1.1 Deltamodel op hoofdlijnen

Doelstelling Deltamodel

Het project Deltamodel heeft als doel het leveren van een betrouwbare en geaccepteerde waterstaatkundige basis voor de voorbereiding van het Deltaprogramma, waarbij er in het bijzonder aandacht is voor de samenhang tussen de rekenmodellen van waterveiligheid en zoetwatervoorziening die de deelprogramma's gebruiken. Het Deltamodel vormt de 'waterstaatkundige gereedschapskist' voor het Deltaprogramma. Het Deltamodel zal vanaf de geplande oplevering eind 2012 dienen als het nieuwe rekenmodel voor de beleidsanalyse voor het hoofdwatersysteem.

Projectplan en Werkplan Deltamodel

Op basis van de beschrijving van het project Deltamodel in het Projectplan (Rijkswaterstaat, 2009b) is in 2010 het Werkplan Deltamodel (Deltares, juni 2010) opgesteld. Dit Werkplan Deltamodel geeft een eerste aanzet voor de uitvoering van het project en de opzet van het Deltamodel ¹. Het werkplan is in 2011 en 2012 bijgesteld op basis van de laatste inzichten (Deltares, mrt 2012).

Deltamodel en Rekenfaciliteit

Het Deltamodel bevat een verzameling modellen ² om waterstaatkundige parameters te berekenen (hydraulica, hydrologie, morfologie, geotechniek en waterkwaliteit). Met deze modellen ³ kunnen de gevolgen van scenario's en maatregelen worden doorgerekend voor het watersysteem. De onderlinge samenhang van de modellen is geborgd door de uitgangspunten in de verschillende modellen op elkaar afstemmen. Bovendien zijn de verschillende onderdelen van de berekeningen op elkaar afgestemd, door het gebruik van software (gebaseerd op Delft-FEWS ⁴) die de berekeningen coördineert. Deze software wordt de "Rekenfaciliteit Deltamodel" genoemd en vormt de interface met de gebruiker. De Rekenfaciliteit is nader beschreven in paragraaf hoofdstuk 6.

Effectmodules en Delta-Instrumentarium

De berekeningsresultaten van het Deltamodel vormen tevens de invoer voor verschillende effectmodules waarmee de effecten op gebruiksfuncties van het watersysteem kunnen worden doorgerekend (scheepvaart, landbouw, natuur, etc.). Deze effectmodules vormen geen onderdeel van het Deltamodel zelf, maar behoren tot het Delta-Instrumentarium (zie figuur 1), waar het Deltamodel ook onderdeel van maakt.

Deltascenario's en Deltaportaal

In 2011 is een consistente set van 'Deltascenario's' ⁵ opgeleverd (Bruggeman et al, 2011), waarbij mogelijke klimatologische en sociaal-economische ontwikkelingen zijn uitgewerkt in vier scenario's. De Deltascenario's worden in 2012 geactualiseerd (Bruggeman et al, in prep.). De uitkomsten van de berekeningen met het Deltamodel worden samen met de belangrijkste uitgangspunten gevisualiseerd via het 'Deltaportaal' ³ (Hendriks2010, 2011 en de Jonge et al, 2012). Met dit internetportaal wordt de voor het Deltaprogramma relevante kennis (waaronder de waterstaatkundige kennis) ontsloten en wordt ondersteuning geboden voor de professionals in het Deltaprogramma in het proces om tot de Deltabeslissingen te komen. Door het gebruik van eenduidige uitgangspunten in het

¹ In het taalgebruik lopen het *project Deltamodel* en het *Deltamodel zelf* af en toe door elkaar heen, hetgeen tot verwarring kan leiden. In hoofdstuk 2 gaan we nader in op de afbakening van het project en het Deltamodel.

² Voor de in dit rapport gehanteerde definitie van "model". en de verschillende onderdelen waaruit dit bestaat, wordt verwezen naar de beschrijving in paragraaf 2.2.

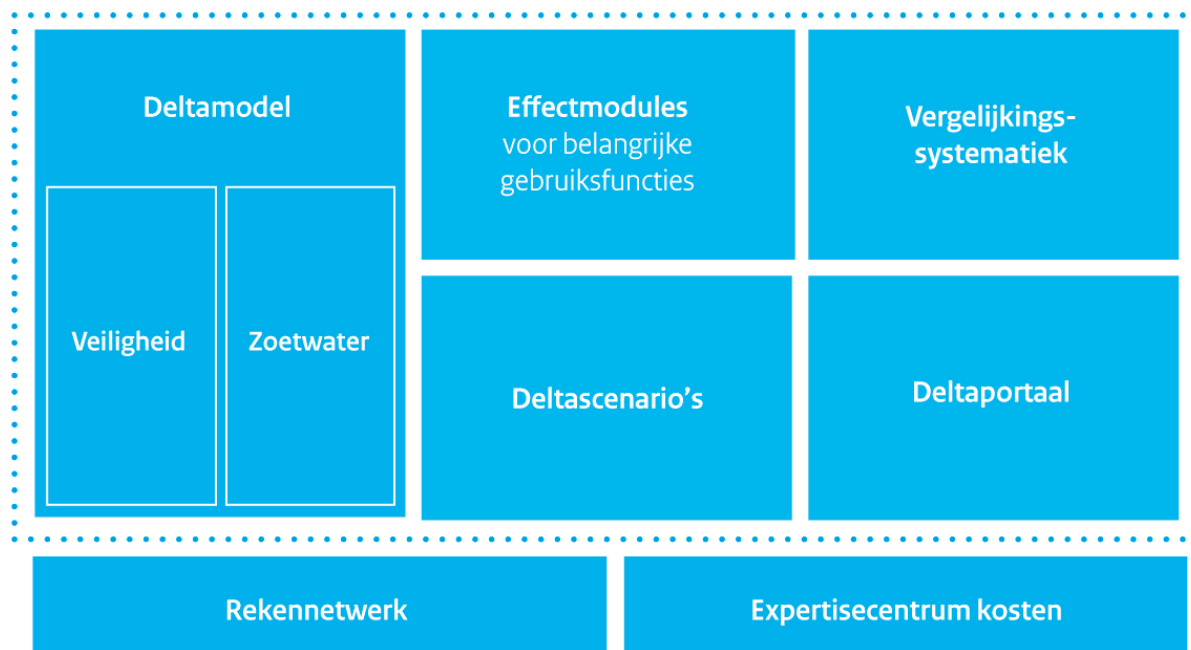
³ In het Werkplan Deltamodel (Deltares, juni 2010) werden deze modellen nog als de "Rekenkern Water" omschreven.

⁴ Delft FEWS (Deltares; Flood Early Warning System) is oorspronkelijk ontwikkeld voor de operationele (real-time) voorspelling van rivierafvoer, en kent inmiddels een groter toepassingsbereik.

⁵ Eveneens gerealiseerd in 2010 binnen het *project Deltamodel*.

Deltamodel en de Deltascenario's, en het ontsluiten van deze informatie in het Deltaportaal kan iedereen in het Deltaprogramma over dezelfde informatie beschikken voor de besluitvorming.

De Deltascenario's en het Deltaportaal vormen geen onderdeel van het *instrument* Deltamodel (al zijn ze wel een onderdeel van het project Deltamodel), maar behoren tot het Delta-Instrumentarium. De relatie van het Deltamodel met andere delen van het Delta-Instrumentarium is weergegeven in onderstaande figuur 1 en wordt verder toegelicht in hoofdstuk 2.



Figuur 1: Overzicht van de omgeving van het Deltamodel: het Delta-Instrumentarium (binnen de stippellijn); het Rekennetwerk en het Expertisecentrum kosten.

Rekennetwerk

Voor verdere afstemming tussen de eindgebruikers van het Deltamodel en het Delta-instrumentarium is bij RWS Waterdienst het rekennetwerk opgericht. Het Rekennetwerk kent afvaardiging uit de deelprogramma's die de gebruikers van het Delta-instrumentarium vertegenwoordigen. Na oplevering van het Deltamodel zal het rekennetwerk de berekeningen met het Deltamodel en het Deltainstrumentarium helpen coördineren en ondersteunen.

De invulling van de taken en verantwoordelijkheden van het rekennetwerk is in ontwikkeling. Dit geldt ook voor de precieze eisen die worden gesteld aan de modelberekeningen met Delta-instrumentarium. Dit betekent dat er aanvullende eisen kunnen worden gesteld aan (toekomstige) ontwikkeling van het Deltamodel en het Deltaportaal. Daarom is goede afstemming nodig tussen het rekennetwerk en de ontwikkelaars van het Deltamodel en het Deltaportaal, ook na de oplevering van het Deltamodel.

Expertisecentrum kosten

Voor een goede afweging van de maatregelen en strategieën⁶ is het van belang dat de kosten van maatregelen op een eenduidige manier worden afgewogen. Omdat het efficiënter is om de beschikbare kennis voor meerdere deelprogramma's in te zetten, is het Expertisecentrum kosten opgericht. Het Expertisecentrum ondersteunt de deelprogramma's om tot betrouwbare en uniforme kostenschattingen van voorgestelde maatregelenpakketten te komen. Het gaat daarbij niet alleen om uniforme kostenkanten; ook wordt er op toegezien dat de deelprogramma's dezelfde systematiek toepassen.

1.2 Fasering en proces

Het Deltamodel zal volgens de opdracht van de Stuurgroep Deltamodel eind 2012 opgeleverd worden (Deltamodel 1.0). De ontwikkelfase wordt op 1 oktober 2012 afgesloten. Daarna worden acceptietesten uitgevoerd op de productieomgeving, zodat het Deltamodel op 1 december 2012 beschikbaar is voor de gebruikers. Vooruitlopend op de definitieve versie is eind 2010 een eerste werkversie opgeleverd (Deltamodel 0.1) en op 1 november 2011 een tweede werkversie (Deltamodel 0.2). Deze werkversies hadden nog niet de volledige of uitontwikkelde functionaliteit van de eindversie van het Deltamodel, zoals 1 december 2012 beschikbaar zal zijn voor de gebruikers. Consequentie daarvan is dat berekeningsresultaten van de voorlopige werkversies kunnen afwijken van de eindversie van het Deltamodel.

Idealiter was dit rapport met functionele specificaties en kwaliteitseisen van het Deltamodel bij de start van het project reeds beschikbaar geweest, zodat voor een ieder duidelijk was wat aan het eind van het project wordt opgeleverd. Echter, door de complexe materie van het modelinstrumentarium en het groot aantal partijen dat in diverse gremia betrokken is bij de ontwikkeling van (onderdelen van) het Deltamodel, is in dit project een andere werkwijze gevolgd.

In 2010 zijn eerst de contouren van het eind 2012 op te leveren Deltamodel geschetst en de daarvoor gewenste ontwikkelingen beschreven (Werkplan Deltamodel, Deltares 2010, inclusief bijbehorende Achtergrond-documenten). In 2010 is begonnen met een aantal 'no-regret' werkzaamheden voor de ontwikkeling van het Deltamodel. Samen met modelontwikkeling elders (zie paragraaf 2.5) heeft dit geleid tot Deltamodel versie 0.1.

In 2010 zijn de functionele specificaties verder uitgewerkt. Hiervoor is eerst vanuit de expertise van enkele deskundigen op het gebied van waterveiligheid en zoetwatervoorziening een aanzet gegeven voor een zo compleet mogelijke beschrijving van de verwachte functionaliteiten, inclusief een voorzet voor de gewenste nauwkeurigheid. Deze functionele specificaties zijn getoetst bij medewerkers van de Waterdienst die betrokken zijn bij de deelprogramma's en de ontwikkeling van het Deltamodel, en experts van de regionale diensten bij Rijkswaterstaat. De functionele specificaties hebben richting gegeven aan de ontwikkeling van Deltamodel versie 0.2.

De functionele specificaties en kwaliteitseisen zijn in 2010 en 2011 aangescherpt, onder meer door ze te toetsen bij externe partijen. De resultaten zijn beschreven in de eerste versie van de rapportage en vastgesteld door de Stuurgroep Deltamodel. Voor de modellen voor de zoetwatervoorziening hebben vertegenwoordigers van STOWA, PBL, de wetenschappelijke klankbordgroep NHI en regionale waterbeheerders een belangrijke bijdrage geleverd in de aanscherping van de eisen die gesteld worden aan het Deltamodel. Voor de waterveiligheid is waardevolle feedback verkregen van verschillende experts die betrokken zijn bij het deelprogramma Veiligheid, WV21 en WTI. De externe toetsing heeft niet alleen geleid tot aanscherping van de eisen, maar heeft ook waardevolle

⁶ Een strategie definiëren we hier als een consistente set van maatregelen die ingezet worden ten behoeve van een duurzame toekomstige waterveiligheid en/of zoetwatervoorziening

aanbevelingen opgeleverd voor de uitwerking van het Deltamodel. Hier is in het project dankbaar gebruik van gemaakt.

Begin 2012 is besloten de informatie in de rapportage te actualiseren, omdat verder is uitgekristalliseerd wat wordt verwacht van het Deltamodel. De context van het Deltamodel in bijvoorbeeld het Delta-Instrumentarium is duidelijker geworden, en door verdere discussie met de gebruikers van het Deltamodel zijn de wensen t.a.v. van de ontwikkeling van het Deltamodel nog verder aangescherpt. Bij de actualisatie van de rapportage is van de gelegenheid gebruik gemaakt om de definitieve invulling van het Deltamodel 1.0 nader te beschrijven.

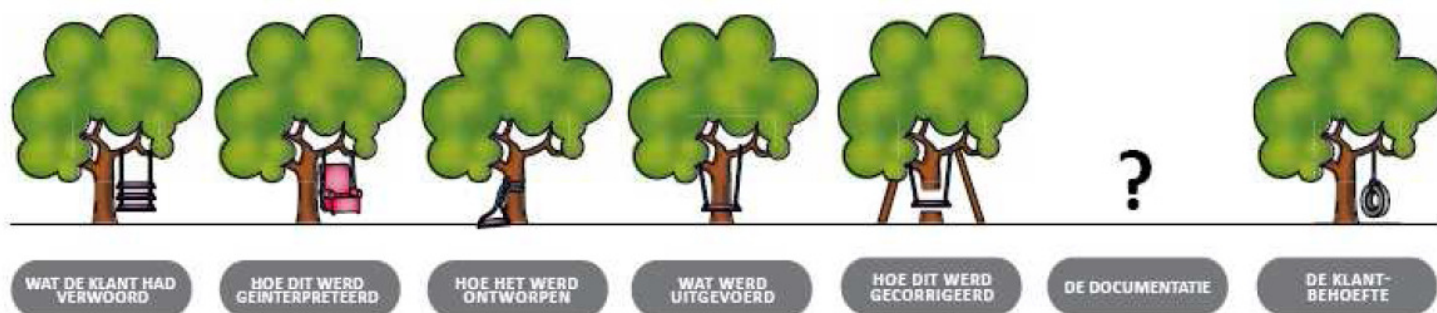
1.3 Doel functionele specificaties en kwaliteitseisen

Het Deltamodel vormt een complex inhoudelijk geheel, waarbij zonder de juiste achtergrondinformatie moeilijk is te doorgronden wat precies de basis vormt voor de modellen, en wat precies te verwachten is van de berekeningen met de modellen. Voor de communicatie tussen de projectgroep Deltamodel (RWS Waterdienst en Deltares) en de eindgebruikers (zie paragraaf 2.6) is daarom vastgelegd wat kan worden verwacht van het Deltamodel.

We maken daarbij onderscheid in de functionele specificaties en de kwaliteitseisen. De **functionele specificaties** in hoofdstuk 4 beschrijven wat er functioneel nodig is in het Deltamodel voor de beleidsanalyse van de lange termijn (tijdshorizon 2050 en 2100).

De **kwaliteitseisen** in hoofdstuk 5 moeten worden gezien als een leidraad voor de verwachting ten aanzien van de ontwikkeling van de modellen en een hulpmiddel bij de beoordeling van de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het model door een deskundige. Het zijn niet per definitie criteria die bij overschrijding tot afkeuring van het model leiden, maar ze geven in dat geval uiteraard wel aanleiding kritisch de toepasbaarheid van het model te beoordelen en in de toekomst verbeteringen door te voeren.

De **opbouw van het Deltamodel** in hoofdstuk 6 beschrijft hoe aan de functionele specificaties en kwaliteitseisen vorm gegeven wordt in de rekenfaciliteit van het Deltamodel.



Figuur 2: Belang van functionele specificaties.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd van grof naar fijn. Na deze algemene inleiding volgt in hoofdstuk 2 een nadere toelichting op de uitgangspunten op basis van de doelstelling van het Deltamodel (paragraaf 2.1), de relaties met het Deltaprogramma (2.2), het Delta-Instrumentarium (2.3), de regionale modellen (2.4) en het samenhangend

modelinstrumentarium dat wordt ontwikkeld (2.5). Tenslotte komen de eindgebruikers (2.6), de tijdshorizon (2.7) en de toepassing van het Deltamodel (2.8) aan de orde.

Hoofdstuk 3 zoomt verder in op de toepassing van het Deltamodel en beschrijft in paragraaf 3.1 de relatie met de vergelijkingssystematiek Deltamodel (zoals verwerkt in het Deltaportaal). Paragraaf 3.2 en 3.3 beschrijven de gebruikerswensen ten aanzien van de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening, zowel vanuit de generieke deelprogramma's als vanuit de gebiedsgerichte deelprogramma's. In paragraaf 3.4 wordt de verbinding van deze thema's besproken.

In hoofdstuk 4 komen de functionele specificaties aan de orde voor de berekeningen met het Deltamodel. Daarbij gaan we in op de ruimtelijke en temporele resolutie, en de eisen die vanuit de beleidsanalyse aan het Deltamodel gesteld worden.

Hoofdstuk 5 beschrijft de kwaliteitseisen voor de acceptatie van het Deltamodel voor de huidige situatie. Dit is het meest gedetailleerde niveau waarop de specificaties van het Deltamodel in dit rapport zijn uitgewerkt.

Tenslotte beschrijft hoofdstuk 6 op welke manier invulling wordt gegeven aan de functionele specificaties en kwaliteitseisen, en daarmee de opbouw van het Deltamodel.

2 Uitgangspunten Deltamodel

2.1 Doelstelling Deltamodel

Het project Deltamodel heeft als doel het leveren van een betrouwbare en geaccepteerde waterstaatkundige basis voor de voorbereiding van de Deltabeslissingen in het Deltaprogramma. Binnen het Deltaprogramma wordt het modelinstrumentarium ingezet voor beleidsvraagstukken op het gebied van waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. Het Deltamodel zorgt voor goede basisinformatie en maakt de onderlinge beïnvloeding van waterstaatkundige ingrepen duidelijk. Het Deltamodel vormt daarmee de 'waterstaatkundige gereedschapskist' voor het Deltaprogramma. Het Deltamodel zal vanaf de geplande oplevering eind 2012 dienen als het nieuwe rekenmodel voor de beleidsanalyse voor het hoofdwatersysteem.

De volgende punten geven een nadere invulling van deze doelstelling.

- Beleidsmatige context. Het Deltamodel is bedoeld voor het uitvoeren van berekeningen voor de beleidsanalyse in het kader van het Deltaprogramma. Het Deltamodel is niet gericht op andere typen studies, zoals vraagstukken op het vlak van (dagelijks) operationeel waterbeheer en vraagstukken gerelateerd aan gedetailleerde ontwerpstudies. Naar verwachting zijn elementen van het Deltamodel wel goed bruikbaar in andere typen studies (Werkplan Deltamodel, Deltares, juni 2010) (paragraaf 2.2).
- Technisch-inhoudelijke afbakening. De twee waterstaatkundige pijlers van het Deltamodel zijn "waterveiligheid" en "zoetwatervoorziening" (Rijkswaterstaat, 2009b). Het Deltamodel richt zich op die parameters die gerelateerd zijn aan waterstanden en afvoeren, inclusief de benodigde dijksterkte (hoogte, breedte), temperatuur, chloride ⁷ en het effect van morfologie. De effectmodules vertalen deze parameters naar de effecten op de gebruiksfuncties. De effectmodules vormen geen onderdeel van het Deltamodel maar van het Delta-Instrumentarium (paragraaf 2.3).
- Ruimtelijke afbakening. De waterstaatkundige Deltabeslissingen en de samenhang tussen de deelprogramma's resulteren in een studiegebied voor het Deltaprogramma dat in figuur 3 is weergegeven. Het Deltamodel richt zich op het zoete en brakke watersysteem van Nederland (paragraaf 2.2). Het regionale watersysteem wordt meegenomen in het Deltamodel voor zover dit nodig is voor landelijke analyses van de zoetwatervoorziening (paragraaf 2.4).
- Samenhangend modelinstrumentarium. De hoofddoelstelling van het project Deltamodel is om een samenhangend modelinstrumentarium te ontwikkelen voor beleidsanalyse in de deelprogramma's, opdat de consistentie in de berekeningen kan worden gewaarborgd. Het Deltamodel ondersteunt zowel deelprogramma overstijgende analyses als deelprogramma gerichte analyses. We streven daarbij naar het bevorderen van de samenhang met het modelinstrumentarium voor de andere primaire processen. Hiervoor vindt intensieve afstemming plaats tussen het projectteam Deltamodel en andere model-ontwikkelaars (paragraaf 2.5).
- Eindgebruikers Deltamodel. De deelprogramma's gebruiken het Deltamodel voor de berekening van de waterstaatkundige effecten van scenario's, strategieën en maatregelen, en vormen daarmee samen met de opdrachtgevers (RWS en DGW) de eindgebruikers van het Deltamodel. Met het Deltamodel worden de afzonderlijke berekeningen uitgevoerd en geanalyseerd per deelprogramma.

⁷ Uitbreiding van de waterkwaliteit naar modellering van nutriënten is mogelijk, maar menteel nog niet ingevuld.

De resultaten van de berekeningen komen (in geaggregeerde vorm) beschikbaar in het Deltaportaal. In het Deltaportaal kunnen de berekeningsresultaten in onderlinge samenhang worden gepresenteerd en geanalyseerd, zowel per deelprogramma als tussen de deelprogramma's (paragraaf 2.6).

- **Tijdshorizon.** Het Deltaprogramma is gericht op de beleidsanalyse voor de lange termijn: 2050 en 2100. Deze lange termijn maakt het nodig Deltascenario's te ontwikkelen voor mogelijke toekomstige situaties en binnen het Deltamodel op een verantwoorde wijze om te gaan met "besluitvorming in onzekerheid" (paragraaf 2.7).
- **Toepassing.** Ten behoeve van de verschillende fases in de beleidsanalyse voor het Deltaprogramma onderscheiden we verschillende schaalniveaus in het Deltamodel. Paragraaf 2.8 gaat in op de toepassing van het Deltamodel.



Figuur 3: Studiegebied Deltaprogramma (Deltacommissaris, 2010).

2.2 Deltamodel en Deltaprogramma

Deltabeslissingen

In het Deltaprogramma staan de Deltabeslissingen centraal. De volgende vier Deltabeslissingen zijn relevant voor het Deltamodel ⁸:

⁸ Er is ook nog een vijfde Deltabeslissing rond Nieuwbouw en Herstructurering, maar deze is niet relevant in het kader van het Deltamodel. Het Deltamodel kan voor het deelprogramma wel informatie opleveren over de wijzigende waterhuishouding bij een veranderend klimaat, bijvoorbeeld voor buitendijkse gebieden.

- De actualisering van veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen
- De zoetwaterstrategie die voor een adequate watervoorziening in Nederland op de lange termijn moet zorgen (2014)
- Het lange termijn peilbeheer van het IJsselmeer gericht op de watervoorziening in Nederland en de veiligheidsopgave in het gebied (2014)
- De bescherming van de Rijn-Maasmonding (2014)

De Deltabeslissingen vormen de deelprogramma's overstijgende strategieën. De berekeningen binnen de deelprogramma's worden uitgevoerd met het Deltamodel. In het Deltaportaal worden de berekeningsresultaten geaggregeerd en gepresenteerd, zodat het mogelijk is ze onderling te vergelijken. Hiervoor verwijzen we naar de specificaties van het Deltaportaal (De Jonge et al, 2012).

Berekeningen met het Deltamodel leveren (een deel van) de informatie die nodig is om de Deltabeslissingen te nemen. Deze informatie kan worden geaggregeerd en gepresenteerd in het Deltaportaal.

Deelprogramma's

De lange termijn doelstellingen van het Deltaprogramma zijn gevat in 9 deelprogramma's: 3 generieke en 6 gebiedsgerichte deelprogramma's. Zie de textbox.

Generieke deelprogramma's:

- **Veiligheid.** Het deelprogramma Veiligheid moet antwoord geven op de vraag hoe we ons tegen overstromingen gaan beschermen en van welk beschermingsniveau we daarbij uitgaan.
- **Zoetwater.** Het deelprogramma Zoetwater moet nagaan hoe we ervoor kunnen zorgen dat we ook op de langere termijn voldoende zoet water blijven houden.
- **Nieuwbouw en herstructurering.** Het deelprogramma Nieuwbouw en herstructurering onderzoekt welke regelgeving en afspraken nodig zijn om de gevolgen van klimaatverandering te betrekken bij plannen voor nieuwbouw en het herstructureren van bebouwde gebieden.

Gebiedsgerichte deelprogramma's:

- **Kust.** Het deelprogramma Kust onderzoekt hoe we ons in Nederland de komende eeuw kunnen beschermen tegen de zee.
- **Waddengebied.** Het deelprogramma Wadden onderzoekt welke maatregelen we moeten nemen om te zorgen dat het Waddengebied veilig blijft als de zeespiegel stijgt.
- **Rivieren.** Het deelprogramma Rivieren geeft antwoord op de vraag hoe de grote rivieren op een goede manier steeds grotere hoeveelheden water kunnen afvoeren.
- **IJsselmeergebied.** Het deelprogramma IJsselmeergebied onderzoekt de mogelijkheden van een flexibel peilbeheer in het IJsselmeer voor de waterveiligheid en de rol die het IJsselmeer kan spelen voor de zoetwatervoorziening.
- **Rijnmond-Drechtsteden.** Het deelprogramma Rijnmond-Drechtsteden gaat na hoe het Rijnmondgebied en de Drechtsteden (regio Rotterdam/Dordrecht) veilig en leefbaar kunnen blijven als de zeespiegel stijgt en rivieren meer water afvoeren en we 's zomers meer droogte hebben.
- **Zuidwestelijke Delta.** Het deelprogramma Zuidwestelijke Delta onderzoekt hoe de veiligheid en leefbaarheid van deze regio kan worden beschermd als de zeespiegel stijgt en de afvoer van de rivieren toeneemt.

Het Deltamodel richt zich op het zoete en brakke watersysteem van Nederland. De Stuurgroep Deltamodel heeft besloten dat de deelprogramma's Kust en Wadden, en de Westerschelde buiten het toepassingsgebied van het Deltamodel liggen vanwege de beperkte invloed op de Deltabeslissingen. Veranderingen in deze gebieden die van invloed zijn op het studiegebied van het Deltamodel, worden via gewijzigde randvoorwaarden en

scenario's meegenomen. Het Deltamodel richt zich dus op de deelprogramma's Veiligheid⁹, Zoetwater, Nieuwbouw en herstructurering¹⁰, Rivieren, IJsselmeergebied, Rijnmond-Drechtsteden en Zuidwestelijke Delta (exclusief Westerschelde).

Het Deltamodel richt zich op de deelprogramma's Veiligheid, Zoetwater, Rivieren, IJsselmeergebied, Rijnmond- Drechtsteden en Zuidwestelijke Delta (exclusief Westerschelde). Ook voor deelprogramma Nieuwbouw en herstructurering kan het Deltamodel van waarde zijn, door het aanleveren van informatie over de wijzigende waterhuishouding bij een veranderend klimaat.

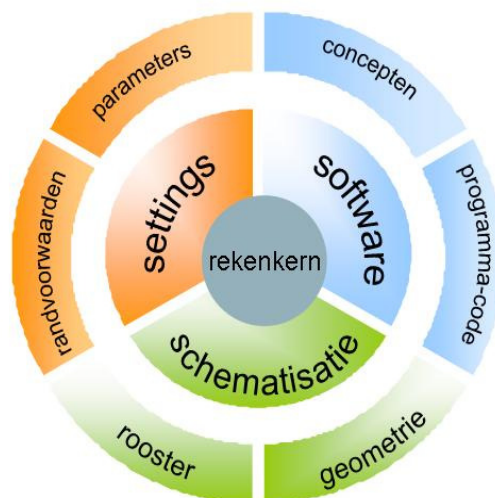
Het Deltamodel bestaat uit een consistente, samenhangende set van modellen voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. Het Deltamodel laat zich op een hoger abstractieniveau wel omschrijven als één model, maar bestaat in feite uit verschillende deelmodellen die in samenhang kunnen worden ingezet. In paragraaf 2.5 wordt hier nader op ingegaan. Elk model bestaat weer uit verschillende onderdelen. In dit rapport wordt met "model" het totaal van software, de schematisatie en de settings bedoeld (zie kader).

Toelichting definitie model en verschillende onderdelen van een model

De **software** heeft betrekking op de achterliggende modelconcepten en de programmacode waarin die concepten zijn vast gelegd.

De **schematisatie** betreft de modelmatige weergave van de fysische werkelijkheid zoals de geometrie (bv. dwarsprofielen) van het oppervlaktewatersysteem, of de opbouw van de ondergrond voor een grondwatermodel, in combinatie met het rekenrooster (de ruimtelijke resolutie van de berekening).

Onder de **settings** worden de randvoorwaarden verstaan van de berekeningen en de procesparameters. Hierbij wordt opgemerkt, dat parameters statische waarden betreffen, die na vastlegging in de ijking en validatie niet meer gewijzigd worden. De randvoorwaarden kunnen uiteraard voor berekeningen wel variëren.



Figuur Schematische weergave van de in dit rapport gehanteerde definitie voor model
bron: Achtergronddocument Rekenkern Deltamodel, Deltares 2010)

⁹ De uitvoering van het deelprogramma Veiligheid loopt voor op de andere deelprogramma's en Deltamodel 1.0 komt te laat beschikbaar voor een groot deel van de analyses in dit deelprogramma.

¹⁰ zie eerdere opmerking over dit deelprogramma.

Strategieën, Maatregelen

Binnen de deelprogramma's zullen allerlei maatregelen worden ontwikkeld, die moeten worden doorgerekend met het Deltamodel. Voor de opzet van het Deltamodel is het belangrijk om in een vroeg stadium inzicht te hebben in de verschillende soorten maatregelen, die als invoer zullen dienen voor het Deltamodel. In het Achtergrond-document Maatregelen (Dijkman et al., juni 2010) is hiervoor een eerste aanzet gemaakt. Bij de selectie van de rekenmodellen voor het Deltamodel is gebruik gemaakt van de typen maatregelen die in dit Achtergronddocument zijn beschreven (zie paragraaf 4.2). Bovendien is zoveel mogelijk afgestemd met de deelprogramma's over de verwachte ontwikkelingen van strategieën en maatregelen.

Dit betekent niet dat per definitie alle maatregelen kunnen worden doorgerekend met het Deltamodel. Het kan zijn dat in een later stadium andere typen maatregelen worden bedacht, die nieuwe eisen stellen aan het modelinstrumentarium. Op zo'n moment moet besloten worden of het zinvol is onderdelen van het Deltamodel aan te passen, of rekenmodellen toe te voegen in een nieuwe release van het Deltamodel. Voor dit proces is het ook na de oplevering van het Deltamodel nodig om goed contact te houden tussen de ontwikkelaars en de eindgebruikers van het Deltamodel.

De verschillende typen maatregelen die de deelprogramma's willen doorrekenen met het Deltamodel bepalen (mede) de functionele specificaties van het Deltamodel. Het risico dat maatregelen niet kunnen worden doorgerekend met het Deltamodel wordt verkleind door goede communicatie over de functionele specificaties met de eindgebruikers.

2.3 Deltamodel en Delta-Instrumentarium

Het Deltamodel vormt een onderdeel van het Delta-Instrumentarium (zie figuur 1), samen met de Deltascenario's, Effectmodules, de Vergelijkingssystematiek en het Deltaportaal. Onderstaand gaan we in op de relaties en afstemming tussen het Deltamodel en de onderdelen van het Delta-Instrumentarium.

Deltascenario's

De Deltascenario's beschrijven de externe ontwikkelingen voor 2050 en 2100, voor wat betreft de klimaatsverandering (zeespiegelstijging, de afvoer van de grote rivieren etc.) en socio-economische ontwikkelingen (bevolkingsontwikkeling, bodemgebruik etc.) (Bruggeman et al, 2011). Deze Deltascenario's vormen de randvoorwaarden van het Deltamodel. Dit impliceert dat de Deltascenario's en het Deltamodel onderling afgestemd moeten zijn, zowel qua gebruikte parameters als de ruimtelijke en temporele resolutie.

Naar verwachting zullen de Deltascenario's eind 2012 worden vervangen (Bruggeman et al, in prep.). In deze nieuwe versie van de Deltascenario's zullen de laatste inzichten in klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen worden opgenomen, gebaseerd op recente inzichten van het KNMI, PBL en CPB.

De Deltascenario's leveren randvoorwaarden voor het Deltamodel, en het Deltamodel en de Deltascenario's zijn onderling afgestemd qua parameters en ruimtelijke en temporele resolutie.

Effectmodules

Het Deltamodel berekent de waterstaatkundige effecten van scenario's en maatregelen. Het Deltamodel richt zich op die parameters die gerelateerd zijn aan waterstanden en afvoeren, inclusief de benodigde dijksterkte (hoogte, breedte), temperatuur, chloride en de effecten van morfologie. De effecten op de gebruiksfuncties (scheepvaart, landbouw, natuur, visserij, koelwater etc.) en de kosten van de maatregelen vormen geen onderdeel van het Deltamodel zelf, maar worden berekend in de effectmodules. Deze effectmodules gebruiken de resultaten van het Deltamodel en vormen (net als het Deltamodel) een onderdeel van het Delta-Instrumentarium.

De effectmodules en kostenmodules worden in dit document dus buiten beschouwing gelaten. De effectmodules stellen wel eisen aan het Deltamodel en dus moet er goede afstemming worden gerealiseerd over de ontwikkeling van de effectmodules in het Delta-Instrumentarium.

De effectmodules (om effecten op gebruiksfuncties te berekenen) vormen geen onderdeel van het Deltamodel maar van het Delta-Instrumentarium. Bij de ontwikkeling van het Deltamodel wordt rekening gehouden met de koppeling aan de effectmodules.

Vergelijkingssystematiek

Een eerste aanzet voor de vergelijkingssystematiek Deltamodel is begin 2010 opgesteld door Marchand ('Beoordelingskader Deltamodel', 2010). Daarin zijn, uitgaande van de (verwachte) criteria waarop de Deltabeslissingen zullen worden genomen, de benodigde parameters geïnventariseerd die het Deltamodel plus de effectmodules moeten opleveren zodat een scorecard kan worden gevuld (zie ook paragraaf 3.1). Een dergelijke scorecard die verder zal worden uitgewerkt in de vergelijkingssystematiek zal beschikbaar komen in het Deltaportaal (zie onder).

Bij het selecteren van de modellen die opgenomen worden in het Deltamodel vormt de vergelijkingssystematiek dus een belangrijke schakel. De vergelijkingssystematiek is nog in ontwikkeling, in opdracht van Staf-DC. Vooralsnog zijn er geen reden de functionaliteiten in het Deltamodel aan te passen. Nieuwe inzichten in deze studie geven mogelijk wel aanleiding om de functionaliteiten van modellen in het Deltamodel aan te passen in een nieuwe release van het Deltamodel.

De vergelijkingssystematiek is van belang voor de selectie van de modellen die worden opgenomen in het Deltamodel. De huidige selectie is gebaseerd op een voorlopige aanzet hiervoor (Beoordelingskader Deltamodel, Marchand (2010)). Indien de studie van PBL aanleiding geeft de vergelijkingssystematiek aan te passen, kan dit mogelijk aanleiding zijn de functionele specificaties van het Deltamodel in een volgende versie van het Deltamodel aan te passen.

Deltaportaal

Het Deltaportaal presenteert de resultaten van de berekeningen met het Deltamodel (de waterstaatkundige effecten) en de effectmodules (de effecten voor de gebruiksfuncties), in combinatie met informatie over de Deltascenario's, maatregelen en aanvullende achtergrondinformatie. De presentatie is mogelijk per (generiek en gebiedsgericht) deelprogramma, en voor de deelprogramma overstijgende strategieën (Deltabeslissingen).

Voor het ontsluiten van de berekeningsresultaten van het Deltamodel worden de berekeningen eerst technisch goedgekeurd door het Rekennetwerk. Anders gezegd, er kunnen door de deelprogramma's berekeningen worden uitgevoerd die niet beschikbaar

komen in het Deltaportaal. Binnen het Deltaportaal kan ervoor worden gekozen de resultaten niet alleen beschikbaar te stellen voor het deelprogramma, maar ook voor een publiek gedeelte. In dat laatste geval wordt eerst toestemming verleend door het Beleidsdirecteurenoverleg (met vertegenwoordiging van de departementen IenM en ELI, en vertegenwoordigers van de deelprogramma's).

Voor het Deltamodel is het van belang om de juiste informatie toe te kunnen leveren aan het Deltaportaal. Dit betekent dat, ook bij eventuele verdere ontwikkeling van het Deltamodel en het Deltamodel, goede afstemming nodig is tussen enerzijds de uitvoer van het Deltamodel en anderzijds de invoer van het Deltaportaal.

De ruimtelijke en temporele resolutie van de berekeningsresultaten die worden gepresenteerd in het Deltaportaal zijn minder gedetailleerd dan de originele berekeningsresultaten.

De goedgekeurde berekeningsresultaten van het Deltamodel vormen de invoer voor het Deltaportaal. In het Deltaportaal worden de berekeningsresultaten op een hoger aggregatieniveau gepresenteerd dan berekend in het Deltamodel.

2.4 Deltamodel en regionale modellen

Naast het hoofdwatersysteem van RWS wordt in het Deltamodel ook het regionale grond- en oppervlaktewatersysteem beschouwd, voor zover nodig voor landelijke analyses van de zoetwatervoorziening. Zo bestaat het landelijke waterverdelingsnetwerk uit het hoofdwatersysteem plus een deel van het regionaal oppervlaktewater. Voor dit deel van het landelijk waterverdelingsnetwerk (dat grotendeels in beheer is bij de waterschappen) maakt het Deltamodel gebruik van (bestaande) regionale modellen (Ruijgh et al., 2010).

De gedetailleerde modellen voor het regionale watersysteem, die onder verantwoordelijkheid vallen van waterschappen en provincies (bijv. regionale grondwatermodellen, overstromingsmodellen) vallen buiten de scope van het Deltamodel en dit document. Hetzelfde geldt voor primaire waterkeringen van categorie c.

Regionale waterbeheerders kunnen behoefte hebben aan het inzoomen op resultaten van het Deltamodel, door resultaten uit het Deltamodel te gebruiken als randvoorwaarden voor regionale beleidsanalyses met regionale modellen. Om deze redenen wordt bij de ontwikkeling van het Deltamodel rekening gehouden met mogelijke aansluiting van regionale modellen, in de vorm van uitwisseling van randvoorwaarden. Dit wordt in het Deltamodel vorm gegeven door afspraken met regionale waterbeheerders te maken over de uitwisseling van deze gegevens (Ruijgh et al., 2010-c).

Regionale modellen vormen een onderdeel van het Deltamodel voor zover dat nodig is voor landelijke analyses van de waterverdeling en de zoetwatervoorziening. Bij de ontwikkeling van het Deltamodel wordt rekening gehouden met de uitwisseling van gegevens met de regionale verfijnde modellen.

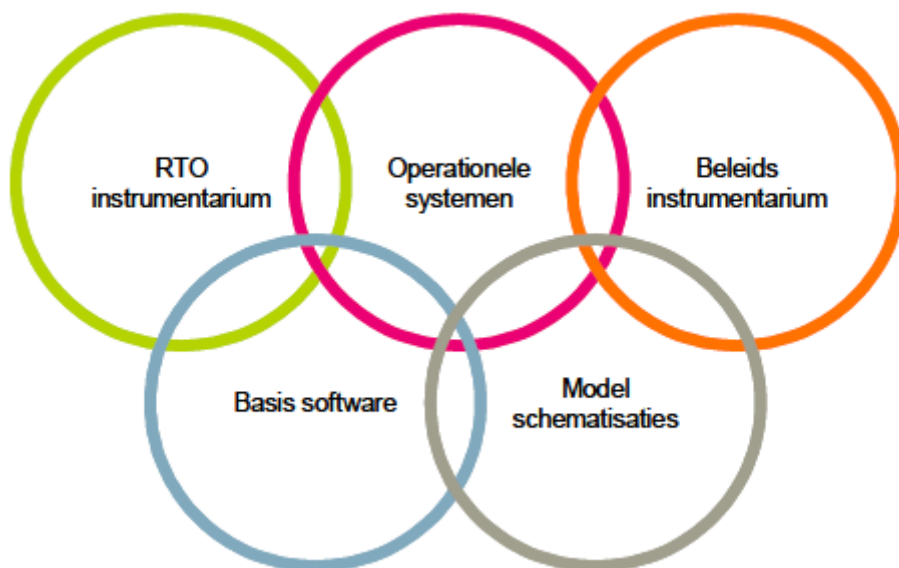
2.5 Deltamodel en een samenhangend instrumentarium voor waterbeheer

Rijkswaterstaat maakt gebruik van een rijke verscheidenheid aan modellen, systemen, etc. (modelinstrumentarium) voor de uitvoering van de vier primaire processen (Beleidsondersteuning, Aanleg, Beheer en Onderhoud, Watermanagement). Het

Deltamodel dient alleen ter ondersteuning van het primaire proces Beleidsondersteuning, en dan specifiek voor het Deltaprogramma.

De verschillende primaire processen kunnen verschillende eisen aan de modellen stellen. Zo is voor het gebruik van een operationeel model (voor Watermanagement) een actuele gebiedsbeschrijving van belang en deze kan dan ook jaarlijks aangepast worden. Voor een groot aanlegproject als Ruimte voor de Rivier of de Maaswerken is een eenmalig goed vastgestelde referentie van groot belang en moet een veelvuldige wisseling van referentie situaties juist worden voorkomen. Voor beleidsanalyse ligt het accent meer op de verre tijdshorizon. Voor het beleidsinstrumentarium is het van belang dat het model verschillende mogelijke scenario's en maatregelen en strategieën kan vergelijken met de referentiesituatie. Die referentiesituatie kan afwijken van de actuele gebiedsbeschrijving, bijvoorbeeld doordat beleid dat nu ten uitvoer wordt gebracht al kan worden verdisconteerd in de referentiesituatie.

Uit voorgaande wordt duidelijk dat de verschillende primaire processen verschillende accenten leggen op de functionele specificaties van de modellen. Het streven is echter om wel zoveel mogelijk dezelfde basisgegevens (beschrijving van het gebied in de vorm van modelschematisaties) en basissoftware te gebruiken, voor meerdere modeltoepassingen (figuur 4), te weten het Risico-, Toets- en Ontwerpinstrumentarium (RTO), de Operationele Systemen en het Beleidsinstrumentarium (waar het Deltamodel onderdeel van uit maakt). Daarmee wordt de samenhang tussen de primaire processen versterkt. Tevens beperkt dit het aantal modellen, en daarmee de kosten voor beheer en onderhoud van de modellen. Dit principe is opgenomen in afspraken ("Service Level Agreement", afgekort als SLA) tussen RWS Waterdienst en Deltares voor het beheren en onderhouden van een samenhangend modelinstrumentarium voor het waterbeheer. In de SLA zijn bovendien afspraken gemaakt over de wijze van oplevering van modellen (protocol van overdracht modellen) en over de toepassing van modellen binnen RWS en Ministerie IenM (protocol netwerkmodellen). Deze afspraken zijn ook van toepassing op het Deltamodel.



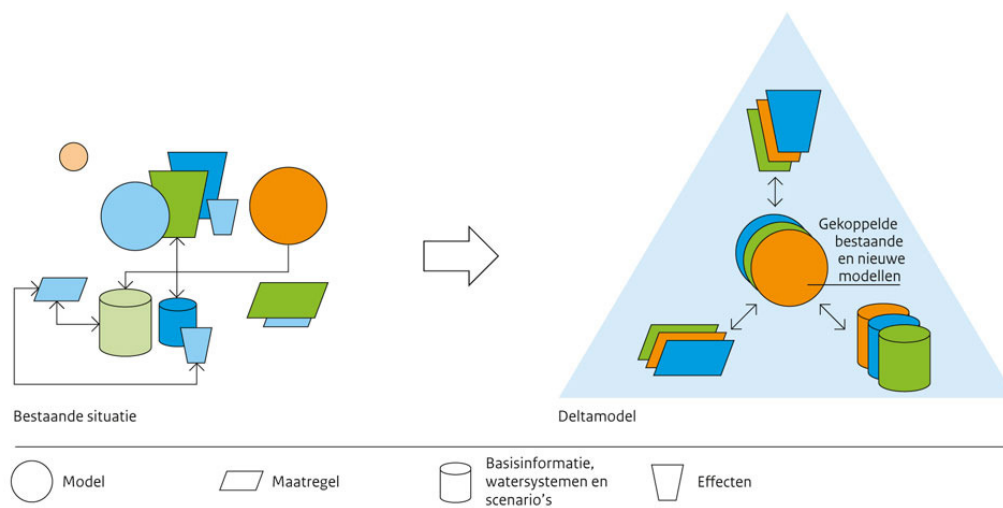
Figuur 4: Samenhangend modelinstrumentarium binnen de SLA [Deltares, Waterdienst, 2010].

Bij de keuzes voor ontwikkeling van (onderdelen van) het Deltamodel wordt rekening gehouden met de ontwikkeling van het samenhangend modelinstrumentarium in het kader van de SLA. Dit betekent onder meer dat de consequenties van de keuzes worden beoordeeld op het beheer en onderhoud van het Deltamodel op de langere termijn. Daar tegenover staat dat bij de ontwikkeling van het Deltamodel gebruik kan worden gemaakt van reeds ontwikkelde software en modelschematisaties binnen de SLA. Een voorbeeld is

de al ingezette ontwikkeling van de hydraulische modellen, waarbij dezelfde basisdata zoveel mogelijk wordt ingezet voor zowel 2D als 1D modellen. Het Deltamodel profiteert van deze ontwikkeling en zet deze lijn door. Omgekeerd kunnen andere toepassingen profiteren van ontwikkeling binnen het Deltamodel. De basis voor de modellering van temperatuur en chloride die wordt ontwikkeld binnen het Deltamodel bijvoorbeeld, kan naar verwachting in de toekomst ook worden benut voor de operationele systemen.

Bij de keuzes voor de ontwikkeling van (onderdelen van) het Deltamodel wordt rekening gehouden met de ontwikkeling van het samenhangend model-instrumentarium voor het waterbeheer, zoals in het kader van de SLA is afgesproken tussen Deltares en RWS Waterdienst.

Uit voorgaande blijkt dat eind 2012 niet sprake zal zijn van één Deltamodel - waarmee we alle analyses kunnen uitvoeren - maar wel van een consistente, samenhangende set van modellen voor de zoetwatervoorziening en waterveiligheid. Dit laat zich op een hoger abstractieniveau overigens goed omschrijven als één model. De deelprogramma's passen een deel van deze set modellen toe. Figuur 5 geeft schematisch weer hoe we hiernaar toewerken.



Figuur 5: Ontwikkeling van het Deltamodel vanuit de oorspronkelijke situatie naar een consistente, samenhangende set van modellen voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening (Deltares, 2010).

2.6 Eindgebruikers

Voor de definitie van de eindgebruikers maken we onderscheid in eindgebruikers van het Deltamodel en eindgebruikers van het Deltaportaal.

Deltamodel en Rekenfaciliteit

De deelprogramma's gebruiken het Deltamodel voor de berekening van de waterstaatkundige effecten van scenario's en maatregelen, en vormen samen met de opdrachtgevers (DGW en RWS) de eindgebruikers van het Deltamodel. De eindgebruikers van het Deltamodel zijn de mensen die berekeningen uitvoeren. In de praktijk zullen dit vooral adviesbureaus en (in mindere mate) de kennisinstituten zijn. Zij maken berekeningen, analyseren de resultaten van de berekeningen technisch/inhoudelijk en besluiten of de berekening correct is uitgevoerd. Als de berekening correct is kunnen de berekeningsresultaten beschikbaar worden gesteld voor de eindgebruikers van het Deltaportaal.

Bij het maken van de berekeningen combineert de eindgebruiker van het Deltamodel de benodigde informatie over de Deltascenario's en de maatregelen, en selecteert de modellen waarmee de berekening moet worden uitgevoerd. Dit impliceert dat de benodigde informatie over de Deltascenario's en de vertaling van maatregelen naar aangepaste schematisatie buiten het Deltamodel worden voorbereid. De eindgebruiker selecteert dan uit de beschikbare informatie. Dit geldt ook voor de rekenmodellen: de eindgebruiker kiest een rekenmodel (of sequentie van rekenmodellen) en ontwikkelt zelf geen nieuw model.

Dit betekent dat de eindgebruikers van het Deltamodel verschillende mogelijkheden hebben om berekeningen te maken. Om de berekeningen op een consistente wijze uit te voeren is in het Werkplan Deltamodel (Deltares, juni 2010) voorgesteld een 'rekenfaciliteit' te ontwikkelen, waarin de verschillende onderdelen van het Deltamodel samenkomen en de eindgebruikers toegang toe hebben. Met de rekenfaciliteit wordt de technische aansturing van de verschillende onderdelen van het Deltamodel gerealiseerd, zodat de onderlinge consistentie tussen de berekeningen, en daarmee tussen de verschillende deelprogramma's, wordt gewaarborgd. De rekenfaciliteit is verder uitgewerkt in hoofdstuk 6.

De Deltascenario's die worden ontwikkeld (Bruggeman et al., in prep) worden vertaald naar de invoerfiles voor de modellen. Wanneer dit gerealiseerd is kunnen de Deltascenario's beschikbaar worden gemaakt in de rekenfaciliteit van het Deltamodel, zodat de eindgebruikers bij de berekeningen gebruik kunnen maken van de (uniforme) Deltascenario's.

De maatregelen en strategieën zullen door de deelprogramma's worden ontworpen en gedefinieerd. Vervolgens zijn aanpassingen nodig in de invoerbestanden (modelschematisaties), om de maatregelen in de modellen te verdisconteren. De aangepaste invoerbestanden zullen dan beschikbaar gemaakt worden in het Deltamodel, zodat deze geselecteerd kunnen worden bij het uitvoeren van de berekeningen.

De eindgebruikers van het Deltamodel analyseren de resultaten van het Deltamodel, om te beoordelen of de berekening correct is uitgevoerd. Indien de berekening wordt geaccepteerd, worden de berekeningsresultaten vrijgegeven voor de analyse van het effect van de maatregelen door de eindgebruikers van het Deltamodel, en om de effecten van de maatregelen binnen het Deltaportaal te kunnen vergelijken met andere maatregelen, strategieën of scenario's.

De eindgebruikers van het Deltamodel zijn de mensen die de berekeningen samenstellen en uitvoeren voor de deelprogramma's. Voor het berekenen van maatregelen en strategieën worden buiten de rekenfaciliteit invoerfiles voorbereid. De berekeningen worden uitgevoerd binnen de rekenfaciliteit en geanalyseerd, om vast te stellen of de berekening goed is verlopen. Als dit is vastgesteld kunnen de berekeningsresultaten voor verdere analyse in het Deltaportaal worden vrijgegeven.

Deltaportaal

De (door de eindgebruikers van het Deltamodel) goedgekeurde berekeningsresultaten van het Deltamodel worden ontsloten via het Deltaportaal. Voor het Deltaportaal zijn de volgende gebruikers gedefinieerd (De Jonge et al, 2012):

"Als doelgroep ligt hierbij de focus op alle 'professionals' betrokken bij of geïnteresseerd in het Deltaprogramma, die geïnteresseerd zijn in samenhang en overzicht. Hierbij zijn zowel mensen met verstand van water, mensen betrokken vanuit een andere discipline zoals ruimtelijke ordening, mensen met een bestuurlijke of juridisch invalshoek als ook betrokkenen vanuit

belangenorganisaties. Deze groep heeft kennis van het Deltaprogramma maar heeft wel enige uitleg om de informatie in het portaal te kunnen bevatten. Hierbinnen is een kleine groep die dagelijks binnen de Deelprogramma's met de waterstaatkundige informatie uit het Deltaprogramma bezig is". Verder zullen (van te voren aangewezen) onderdelen van het Deltaportaal worden gebruikt door een breed publiek worden gebruikt om algemeen toegankelijke informatie te bekijken.

Concreet kan dus vooral gedacht worden aan beleidsmedewerkers en bestuurders in de deelprogramma's (afkomstig uit verschillende organisaties zoals DGW, RWS, provincies, waterschappen etc.) en in de staf Deltacommissaris, maar ook andere stakeholders kunnen toegang krijgen tot het Deltaportaal.

De eindgebruikers van het Deltaportaal zijn de beleidsmedewerkers en bestuurders bij de deelprogramma's. Ze analyseren als eindgebruikers van het Deltamodel de geaggregeerde rekenresultaten op een hoger abstractieniveau.

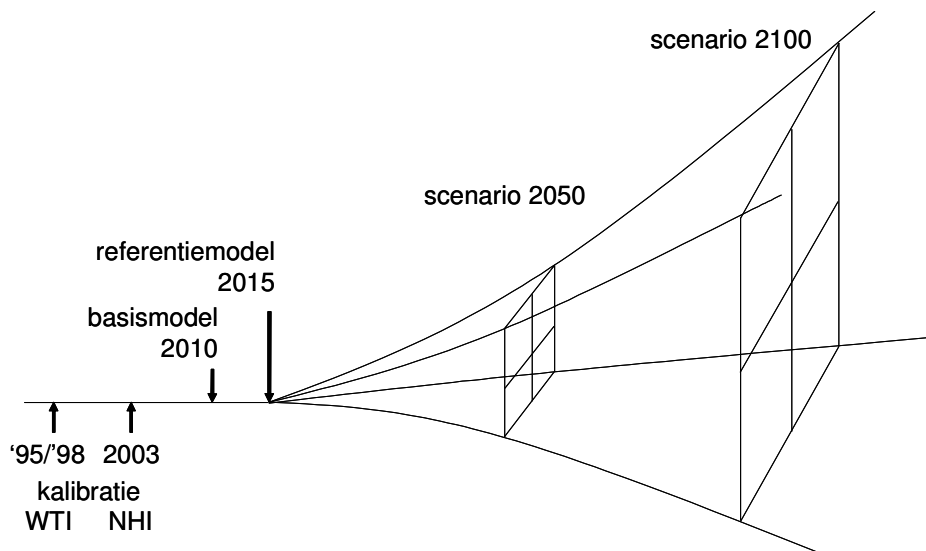
2.7 Tijdschhorizon

Het doel van het Deltamodel is om er berekeningen mee uit te voeren ten behoeve van de beleidsanalyse rond het Deltaprogramma. Deze beleidsanalyse richt zich op de lange termijn: 2050 en 2100. De functionele specificaties van het Deltamodel (zie hoofdstuk 4) zijn afgestemd op deze lange termijn analyse. Voor deze twee zichtjaren zijn vier Deltascenario's ontwikkeld (Bruggeman et al., 2011). In de probleemanalyse zullen de deelprogramma's analyseren in hoeverre het huidige watersysteem en beleid zullen gaan leiden tot problemen volgens deze vier scenario's. Vervolgens worden de effecten onderzocht van mogelijke maatregelen om deze problemen op te lossen.

Voor de kalibratie (en validatie) van het basismodel (2010) gebruikt men (in het kader van de SLA) historische datasets. Zo zijn de hoogwaters van 1995 en 1998 belangrijk voor de kalibratie (en validatie) van Waqua en Sobek bij WTI en de droogte van 2003 voor de kalibratie (en validatie) van Modflow-Metaswap-Mozart en Sobek bij NHI.

Zoals de functionele specificaties betrekking hebben op de beleidsanalyse voor de periode 2050-2100, hebben de kwaliteitseisen van het Deltamodel (zie hoofdstuk 5) betrekking op de kalibratie en validatie van de modellen. Omdat hierbij gebruik wordt gemaakt van historische datasets, hebben de kwaliteitseisen dus ook betrekking op de historische situatie.

Figuur 6 visualiseert het gebruik van de verschillende modellen en de bijbehorende tijdschhorizon, en daarmee de verschillende rol van de functionele specificaties en kwaliteitseisen voor het Deltamodel. Waar de functionele specificaties gericht zijn op de toepassing van het Deltamodel, zijn de kwaliteitseisen gericht op de acceptatie van het Deltamodel.



Figuur 6: Gebruik van verschillende modellen op verschillende momenten.

De kwaliteitseisen voor het Deltamodel zijn gerelateerd aan de kalibratie en validatie van de modellen op basis van historische datasets. Deze kwaliteitseisen zijn gericht op de acceptatie van het Deltamodel. De functionele specificaties zijn gerelateerd aan het gebruik van het Deltamodel voor berekeningen van de situatie in 2050 en 2100. Deze functionele specificaties zijn gericht op de toepassing van het Deltamodel.

Gebruik van referentiemodel 2015 in beleidsanalyse

Naast het gebruik van dezelfde Deltascenario's door de deelprogramma's is het voor de onderlinge vergelijkbaarheid ook noodzakelijk dat eenzelfde referentiesituatie wordt gehanteerd. In het project Deltamodel is voorgesteld om hiervoor de actuele situatie (2010) met een update van alle in uitvoering zijnde maatregelen (zoals de grootschalige maatregelen voor de Maaswerken en Ruimte voor de Rivier) te kiezen; dit wordt verder de referentiesituatie 2015 genoemd (Ruijgh, 2010-b). De actuele situatie wordt beschreven in het basismodel, hetgeen gelijk is aan de modellen die in het kader van WTI (waterveiligheid) en NHI (zoetwatervoorziening) zijn en worden ontwikkeld.

Voor de functionele specificaties van het Deltamodel gaan we in alle deelprogramma's uit van dezelfde uitgangspunten voor de referentiesituatie (2015), en de situatie van 2050 en 2100.

Bij de analyse van de (waterstaatkundige) effecten van scenario's en maatregelen voor 2050 en 2100, ligt het accent op de vergelijking met de referentiesituatie 2015. Dit betekent dat er wordt vergeleken met een situatie die kan afwijken van de actuele situatie, zoals die in 2010 is opgetreden.

In de beleidsanalyse voor 2050 en 2100 worden de effecten van scenario's en maatregelen geanalyseerd ten opzichte van de referentiesituatie 2015.

Omgaan met onzekerheden

Gezien de lange periode waarover de berekeningen met het Deltamodel worden uitgevoerd (tot 2100) is het van belang om aandacht te besteden aan de onzekerheid in de

berekeningsresultaten. Walker en Haasnoot (2011) beschrijven in hun White paper verschillende typen van onzekerheid waarmee rekening kan worden gehouden en hebben aanbevelingen gedaan voor het omgaan met deze onzekerheden (Walker en Haasnoot, 2012).

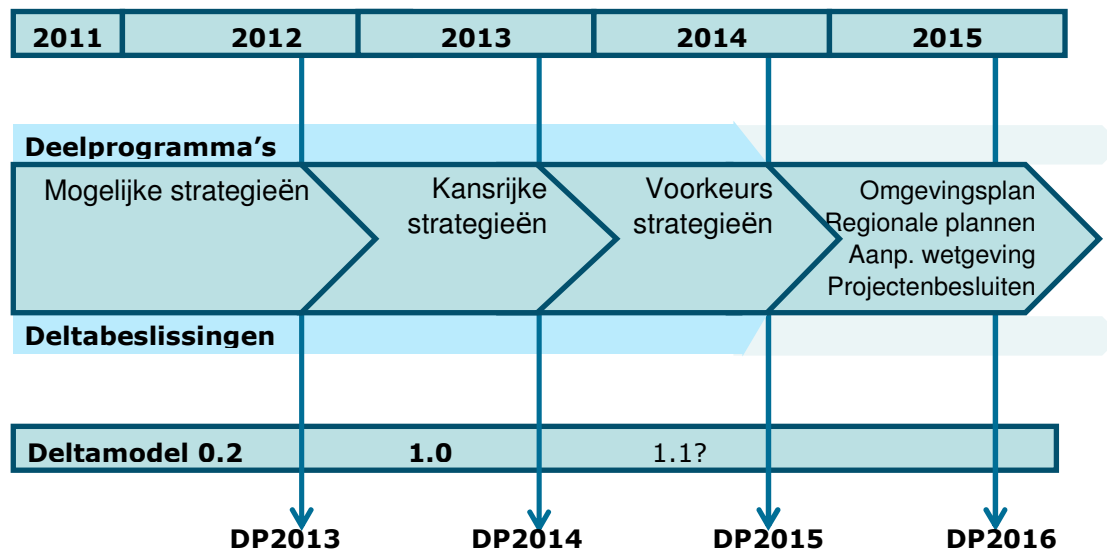
Een deel van de onzekerheden wordt verwerkt in de opzet van de modellen en de Deltascenario's, die worden vertaald in verschillende sets van invoerparameters. Van de eindgebruikers begrijpen we dat er niet alleen behoefte is aan de analyse van deze totale set van parameters, maar dat er waarschijnlijk ook behoefte is om de effecten en onzekerheden van afzonderlijke invoerparameters, met name voor de belangrijkste parameters die gerelateerd zijn aan klimaatverandering, te kunnen doorrekenen. Dit vereist dat met het Deltamodel gevoeligheidsanalyses moeten kunnen worden doorgerekend.

Een ander deel van de onzekerheden hangt samen met de toepassing van het Deltamodel door de eindgebruiker, bij de implementatie van maatregelen en strategieën. Voor juiste beoordeling en vergelijking van de modelresultaten zal de wijze waarop is omgegaan met de verschillende typen van onzekerheid, op heldere wijze moeten zijn beschreven en ontsloten door zowel modelontwikkelaars als eindgebruikers, zodat deze (meta)informatie kan worden ontsloten in het Deltaportaal.

Voor het ontsluiten van modelresultaten van het Deltamodel in het Deltaportaal zullen zowel modelontwikkelaars als eindgebruikers op transparante wijze moeten aangeven hoe met onzekerheden is omgegaan in de modellen en modelanalyse. Voor het Deltamodel is het gewenst gevoeligheidsanalyses te kunnen doorrekenen, in ieder geval van die parameters in de Deltascenario's die sterk worden beïnvloed door klimaatverandering.

2.8 Verschillende niveaus van toepassing

Voor het onderbouwen van de Deltabeslissingen worden verschillende fasen onderscheiden in het Deltaprogramma. In de deelprogramma's worden eerst per deelprogramma mogelijke strategieën verkend. Vervolgens worden kansrijke strategieën geanalyseerd, en uiteindelijk in samenhang tussen de verschillende deelprogramma's de voorkeursstrategieën geanalyseerd (zie figuur 7).



Figuur 7: fasering in het Deltaprogramma

Tijdens de analyse van mogelijke strategieën kan de effectiviteit van maatregelen worden gescreend met verschillende instrumenten. Het Deltamodel is in deze fase van screening nog niet gereed. Wel kan gebruik worden gemaakt van voorlopige ontwikkelversies van het Deltamodel, of van andere modellen en instrumenten. De modellen voor *screening* kunnen worden ingezet om mogelijke oplossingsrichtingen te bepalen, en niet-kansrijke maatregelen in een vroeg stadium af te laten vallen. De screening heeft dus tot doel om snel de orde grootte van effecten van scenario's, strategieën of maatregelen in te schatten. Idealiter is de rekentijd van de modellen niet te lang. De modellen hoeven ook niet zo nauwkeurig te zijn als de modellen die worden ingezet voor de analyse.

De analyse van kansrijke en voorkeursstrategieën bestaat uit het nader uitwerken van effecten van kansrijke maatregelen en oplossingsrichtingen. In deze fase van analyse worden met het Deltamodel kansrijke maatregelen getoetst aan de norm voor waterveiligheid, en de effecten van maatregelen op de watervraag en het wateraanbod geanalyseerd. De analyses leveren bouwstenen voor het nemen van de (Delta)beslissingen.

Idealiter wijken de uitgangspunten in de modellen voor screening niet teveel af van de uitgangspunten voor de analyse met het Deltamodel. In de praktijk betekent dit dat het Deltamodel bij voorkeur aansluit bij toegepaste modellen in andere processen. Voor de beleidsanalyse is het niet altijd nodig om hetzelfde temporele en ruimtelijke detail te hanteren als de gangbare modellen die worden ingezet, voor bijvoorbeeld ontwerp en toetsing. Zoals besproken in paragraaf 2.5, is het in ieder geval gewenst dat het Deltamodel zoveel mogelijk gebruik maakt van dezelfde basissoftware en basisschematisaties.

Bij de ontwikkeling van het Deltamodel moet daarom een afweging worden gemaakt tussen de nauwkeurigheid van de modeluitkomsten en de snelheid van de berekeningen. Bovendien zullen soms pragmatische keuzes moeten worden gemaakt, omdat binnen de projectmatige randvoorwaarden van tijd en geld nieuwe onderdelen niet op tijd beschikbaar zijn. Bij het maken van de keuzes is het nodig de doelstelling van het Deltamodel goed voor ogen te houden, en indien nodig een zekere mate van prioritering te hanteren:

- 1) Het Deltamodel maakt een nationale afweging van waterveiligheid en zoetwater mogelijk
- 2) Het Deltamodel ondersteunt deelprogramma overstijgende probleemanalyses, met consistentie tussen waterveiligheid en zoetwater
- 3) Het Deltamodel ondersteunt de analyse van maatregelen en strategieën in de deelprogramma's.
- 4) Het Deltamodel sluit aan bij de toegepaste modellen in de andere processen.

Het Deltamodel richt zich op de berekening van de (waterstaatkundige) effecten van de kansrijke strategieën en de voorkeursstrategieën. Idealiter is het Deltamodel consistent met het instrumentarium gebruikt voor het screenen van maatregelen, en sluit daardoor bij voorkeur aan bij gangbare modellen. Het Deltamodel ondersteunt zowel deelprogramma overstijgende analyses als deelprogramma gerichte analyses.

3 Beoogde toepassing Deltamodel

3.1 Vergelijkingssystematiek

In het Deltaprogramma is nog geen vergelijkingssystematiek vastgesteld. Voor het maken van afwegingen en keuzes is in kader van het project Deltamodel wel een eerste voorzet ontwikkeld (Marchand et al, 2010, en Van Waveren en De Jong, 2010). Hierin zijn de functies van het watersysteem uit het Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW 2010-2015) als vertrekpunt genomen en aangevuld met een aantal voor het Deltaprogramma relevante gebruiksfuncties (zie tabel 1). Daarbij is er van uitgegaan dat effecten van scenario's en maatregelen per functie in een aantal criteria worden uitgedrukt. Effecten worden bepaald als de mate van verandering van deze functies als gevolg van scenario's en maatregelen. Voorgesteld is om de effecten zoveel mogelijk op een gedesaggregeerde manier toegankelijk te maken via het Deltaportaal, zodat de gebruiker kan kiezen welke aggregatie- of evaluatiemethode wordt toegepast. In het Deltaportaal wordt, volgens de huidige plannen, een effectentabel en een scorekaart gepresenteerd, voor deelprogramma overstijgende beslissingen.

Functie water-systeem	Korte beschrijving, c.q. duiding van mogelijke effecten	Voorgestelde beoordelingscriteria
Hoogwater-bescherming	Rubricering: veranderingen in het voorkómen van overstroming, de gevolgen van overstroming en het beperken van de ernst (rampenbestrijding)	- Maatgevende waterstand - Overschrijdingskans - Overstromingskans - Overstromingsrisico - Groepsrisico - Lokaal individueel risico
Buitendijks wonen	Maatregelen, autonome ontwikkelingen en klimaatveranderingen kunnen effect hebben op de risico's voor overstromen	- Kans op een bepaalde overstromingsdiepte - Overstromingsrisico - Groepsrisico - Lokaal individueel risico
Schoon & gezond water	Effecten op terrein van de waterkwaliteit en ecologie, zie KRW	- Criteria ecologische basiskwaliteit - Criteria fysisch-chemische basiskwaliteit
Scheepvaart	Binnenvaart kan hinder ondervinden van lage, maar naar verwachting ook van hoge afvoeren	- Reistijden - Reisafstanden - Reiskosten - Betrouwbaarheid
Landbouw	Effecten te verwachten door een tekort aan water, een teveel of door te zout water en door maatregelen voor natuurherstel	- Natschade - Droogteschade - Zoutschade - Beregeningskosten - Afname landbouwareaal
Drink- en industriewater	Er worden vooral effecten verwacht ten aanzien van de kwaliteit oppervlaktewater bij innamepunten	- Kosten door beperkingen in waterkwaliteit (en mogelijk -kwantiteit) bij innamepunten - Verandering leveringszekerheid
Koelwater	Effecten via watertemperatuur, zoutconcentratie, biomassa, en mogelijk wijzigingen in landelijke waterverdeling	- Kosten door beperking warmtelozingscapaciteit - Kosten door toename zoutconcentratie - Kosten door toename biomassa - Kosten door wijzigingen landelijke waterverdeling
Energie-opwekking	Er is een groot scala aan mogelijke effecten die sterk afhankelijk zijn aan het type energieopwekking	- Potentieel energie-opwekkingsvermogen
Oppervlakte-delfstoffen	Mogelijke positieve meekoppeling met maatregelen	- Verandering in potentieel te winnen zand, grind en klei
Binnenvisserij	Effecten via waterkwaliteit, vismigratie (barrières) en habitat	- Visstand - Verandering netto toegevoegde waarde
Watersport (recreatie)	Onderscheid tussen locatiegebonden waterrecreatie en toervaart. Effecten	- (nieuwe) locaties - Wachttijden

Functie water-systeem	Korte beschrijving, c.q. duiding van mogelijke effecten	Voorgestelde beoordelingscriteria
	t.g.v. structurele wijziging water-systeem, peilbeheer, waterstanden en waterkwaliteit	- Vaardiepte - Waterkwaliteit - Belevingswaarde - Verandering netto toegevoegde waarde
Zwemwater	Effecten via de waterkwaliteit	- Waterkwaliteit die voldoet aan de EU zwemwaterrichtlijn - Blauwalgen
Natuur	Areaalverandering Versnippering/ ontsnippering Verstoring/rustherstel Verdroging/vernatting Verontreiniging Wijziging zoet/zout	- Wijziging areaal natuur - Wijziging in natuurkwaliteit - Wijziging in type natuur
Archeologie, landschaps-beleving	Voorstel om dit op te nemen in het begrip ruimtelijke kwaliteit	- Ruimtebeslag: laten beoordelen door Kwaliteitsteam (Q-team)
Gebouwen en infrastructuur	Grondwaterstand leidt tot aantasting funderingen / zettingen	- Schade aan gebouwen, constructies en lijn-infrastructuur - Risico van falen waterkeringen

Tabel 1: Voorlopige aanzet voor vergelijkingssystematiek: beoordelingscriteria Deltamodel (Marchand, 2010).

Een deel van de informatie in de vergelijkingssystematiek zal worden voorzien door het Deltamodel, een ander deel van de informatie dient te worden geleverd door effectmodules in het Delta-Instrumentarium. Voor het Deltamodel is het belangrijk om na te gaan wat de functionele specificaties zijn voor het Deltamodel zelf alsmede voor de effectmodules (zie hoofdstuk 4).

3.2 Waterveiligheid

Voor het onderdeel waterveiligheid is onderscheid gemaakt tussen het generieke deelprogramma Veiligheid en de gebiedsgerichte deelprogramma's. Het generieke deelprogramma Veiligheid is kaderstellend voor de gebiedsgerichte deelprogramma's waar het de normen betreft. Bovendien is dit programma een voortzetting van al lopende studies. Het Deltamodel moet derhalve gebaseerd zijn op modelinstrumentaria, zoals die in het kader van het Wettelijk Toetsingsinstrumentarium (WTI), Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21) en Veiligheid Nederland in Kaart (VНК) zijn ontwikkeld. Een uitgebreide beschrijving is gegeven in (De Waal, 2010).

Een verschil met de zoetwatervoorziening (zie paragraaf 3.3) is de schaal van de te gebruiken modellen. Voor de zoetwatervoorziening bestaat een landelijk model. Voor de waterveiligheid betreft het modellen per watersysteem (bovenrivieren, benedenrivieren, meren, etc.). Het landelijk aan elkaar koppelen van al deze modellen is in principe technisch mogelijk, maar praktisch niet realiseerbaar in verband met de resulterende grote rekentijden. Als de interactie van verschillende deelsystemen wel van belang is voor een bepaalde analyses, dan worden in de praktijk de randvoorwaarden van de verschillende deelmodellen op elkaar afgestemd.

3.2.1 Generieke deelprogramma Veiligheid

Het generieke deelprogramma Veiligheid beschrijft hoe het waterveiligheidsbeleid van de 21^e eeuw wordt ingevuld en vormgegeven, hoe de EU Richtlijn Overstromingsrisico's wordt ingevoerd en hoe het beleid voor de buitendijkse gebieden en de programmering van het Hoogwaterbeschermingsprogramma vorm moet krijgen. Tevens omvat het deelprogramma beleidsmatige verkenningen, pilots en projecten. Die moeten leiden tot meer inzichten over de mogelijkheden van bijvoorbeeld Deltadijken.

In 2017 worden nieuwe normen voor veiligheid vastgelegd in de Waterwet. Er zijn meerdere mogelijkheden voor de keuze van het type norm:

1. Overschrijdingskansbenadering (vigerend beleid) waarbij de belasting wordt uitgedrukt als de overschrijdingskans van een waterstand.
2. Overbelastingskansbenadering, inclusief waterstanden, golven en de sterkte, maar beperkt tot dijkvakniveau (geen lengte-effecten).
3. Overstromingskans met de combinatie van waterstanden, golven en sterkte. Dit laatste wordt ook toegepast binnen VNK. Hierbij is zowel de dijkvakbenadering als de dijkkringbenadering beschouwd.
4. Overstromingsrisicobenadering als combinatie van belasting op de waterkeringen, de sterkte van de waterkeringen en de mogelijke gevolgen van een overstroming indien een waterkering faalt. Dit is de methode zoals binnen het programma WV21 wordt toegepast.

In het deelprogramma Veiligheid zijn al analyses uitgevoerd en modellen ingezet. Vanuit de eis van consistentie legt dit randvoorwaarden op voor de in te zetten modellen en randvoorwaarden (bv duur stormopzet) voor de andere deelprogramma's. Voor de analyse wordt op dit moment uitgegaan van de huidige overschrijdingskansbenadering en/of de overbelastingskansbenadering.

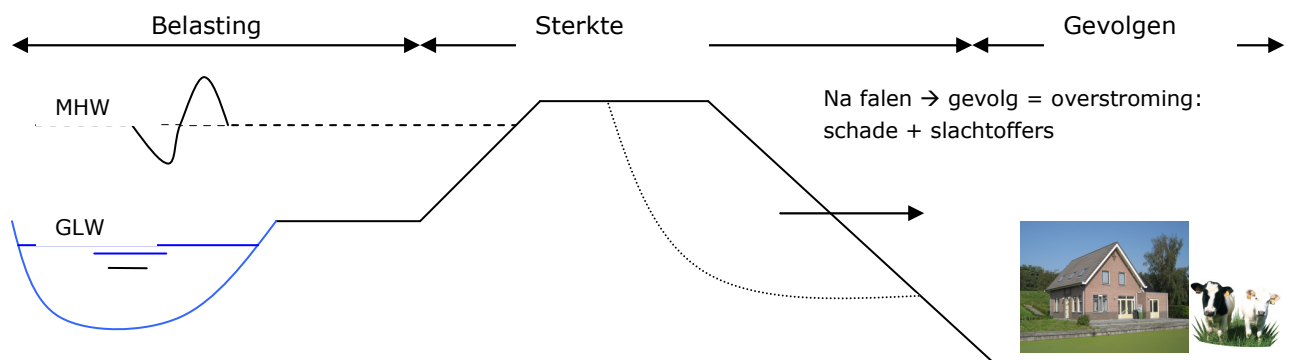
Vooralsnog is het uitgangspunt voor het Deltamodel om aan te sluiten bij de huidige overschrijdingskansbenadering én de overbelastingskansbenadering (bullets 1 en 2 hierboven). Het Deltamodel moet zo flexibel zijn, dat andere hoogten van de normen (geen andere typen) mogelijk zijn. Tevens moet het Deltamodel zo worden opgezet dat het later (na oplevering in 2012) uitbreidbaar is naar een uitgebreidere overstromingskans- of overstromingsrisicobenadering.

3.2.2 Gebiedsgerichte deelprogramma's

De gebiedsgerichte deelprogramma's zullen over het onderwerp waterveiligheid de volgende hoofdvragen beantwoorden:

1. Wat zijn de gevolgen van de Deltascenario's op de waterveiligheid (probleemanalyse)?
2. Welke strategieën/maatregelen zijn mogelijk?
3. Wat is het effect van strategieën/maatregelen?

De mate van waterveiligheid wordt bepaald door de combinatie van *belasting* op de waterkeringen, de *sterkte* van de waterkeringen en de mogelijke *gevolgen* van een overstroming indien een waterkering faalt. De effecten van klimaatscenario's en ingrepen in het watersysteem vertalen zich voornamelijk in de belasting; en de effecten van economische groei vertalen zich in de hoeveelheid schade en slachtoffers (zie onderstaand figuur). Dit rapport richt zich eerst op de eisen voor de waterstaatkundige modellen.



Figuur 8: schematische weergave van een waterkering en de verschillende daaraan gerelateerde aspecten van waterveiligheid

Omdat alleen naar de belasting en sterkte wordt gekeken, betekent dat de bovenstaande vragen voor het Deltamodel resulteren in de volgende twee volgende vragen:

1. Wat is het effect van de Deltascenario's op de waterstand, golfhoogte en de benodigde hoogte en breedte van de waterkering, bij verschillende normen en kruinhoogte?
2. Wat is het effect van maatregelen hierop?

Modellen voor bepaling van de schade en slachtoffers bij het overstromen of bezwijken van dijken vormen geen onderdeel van het Deltamodel. Het instrumentarium moet wel uitbreidbaar zijn om dat mogelijk te maken.

Hieronder is op hoofdlijnen aangegeven waaraan het Deltamodel moet voldoen om de vragen te kunnen beantwoorden.

De vigerende normwaarden van de overschrijdingskans wordt gevolgd, omdat er nog geen nieuwe normen bekend zijn. Wel dient een variatie van de normwaarde (overschrijdingskans) als gevoeligheidsanalyse onderzocht te kunnen worden. De belasting wordt uitgedrukt in (i) de overschrijdingskans van de waterstand en (ii) als overbelastingskans door de combinatie van waterstanden en golven (gedefinieerd als de kruinhoogte waarbij precies wordt voldaan aan het geldende golfoverslagcriterium). De effecten van klimaatverandering en maatregelen worden uitgedrukt in verandering van de belasting bij de huidige norm (uitgedrukt in overschrijdingskans). De modellen voor de verschillende gebieden moeten onderling (binnen het gebied) en over de gebiedsgrenzen heen consistent zijn in geometrie en randvoorwaarden (klimaatverandering). Bovendien moeten de resultaten van aansluitende modellen uitwisselbaar zijn.

Voor de analyse van de veiligheid zullen maatregelen verder worden uitgewerkt en de effecten nauwkeuriger worden berekend voor het onderbouwen van de Deltabeslissingen. Er zal een principebesluit over eventuele nieuwe beschermingsniveaus worden genomen. Voor het Deltamodel betekent dit dat de effecten van klimaatverandering en van maatregelen worden vergeleken met dit nieuwe beschermingsniveau. Voor de eisen die dit stelt aan de hydraulische- en belastingmodellen maakt het daarbij niet uit of het gaat om een overschrijdings- of overstromingskans of overstromingsrisico. In alle gevallen dienen waterstanden en golven te worden berekend bij verschillende terugkeertijden. Ook de eisen van consistentie en uitwisselbaarheid van gegevens gelden voor dit niveau. Wanneer wordt besloten tot een norm in termen van overstromingskans of overstromingsrisico wijzigen de functionele specificaties voor het Deltamodel. Ook de effecten van overstromingen, de sterkte van de dijk, dijkversterking en de maatregelen in binnendijks gebied moeten dan kunnen worden meegenomen. Dit laatste valt echter buiten de scope van het (project) Deltamodel.

De morfologische effecten, dat wil zeggen de effecten van het nieuwe evenwicht van de sedimenthuishouding ten gevolge van grootschalige verandering van de afvoeren en zeespiegelstijging, moeten kunnen worden geanalyseerd met het Deltamodel. Hiervoor moet het Deltamodel kunnen rekenen met gewijzigde invoer van bodemligging.

Berekening van (mogelijke) effecten van toekomstige evenwichtssituaties van de sedimenthuishouding zijn onderdeel van het Deltamodel.

3.3 Zoetwatervoorziening

Bij de analyse van de waterverdeling wordt afgewogen hoe het huidige en toekomstig (2050, 2100) beschikbare Rijn- en Maaswater, plus het neerslagwater, kan worden verdeeld in het hoofdwatersysteem over de verschillende gebruikers in Nederland. Bij deze analyse van de landelijke zoetwatervoorziening worden de verschillende (regionale) waterbehoeften in beeld gebracht en vergeleken met het aanbod, rekening houdend met de ruimtelijke verdeling van het water. Daarbij worden modelconcepten gehanteerd die de samenhang tussen het hoofdwatersysteem en het regionale systeem beschrijven.

Voor de landelijke analyse van de huidige zoetwatervoorziening is het nodig dat de berekende waterverdeling in het hoofdwatersysteem en de regionale watervraag bij de inlaat- en doorvoerpunten in het hoofdwatersysteem – in ruimte en tijd – niet te veel afwijken van de gemeten waarde (huidige situatie, zie hoofdstuk 5). Het Deltamodel moet daarnaast de effecten van de Deltascenario's en de effecten van ingrepen in het hydrologische systeem op de zoetwatervoorziening goed beschrijven (zie hoofdstuk 4).

Naast de landelijke waterverdeling moet het Deltamodel realistische randvoorwaarden leveren voor effectmodules, met name voor de scheepvaart, natuur en landbouw. Bij de beschikbaarheid van water gaat het niet alleen om voldoende water, maar ook om water van voldoende kwaliteit. Dit geldt voor verschillende gebruiksfuncties, bijvoorbeeld de landbouw en natuur, maar ook voor de drinkwatervoorziening en industriële processen. Voor de beschikbaarheid van koelwater is ook de simulatie van de temperatuur nodig.

Voor de zoetwatervoorziening moet het Deltamodel zowel de waterverdeling in het hoofdwatersysteem, als de interactie met de verschillende regionale deelsystemen in ruimte en tijd kunnen beschrijven. Het Deltamodel moet bovendien randvoorwaarden kunnen leveren, zodat met effectmodellen de effecten van een wijzigende zoetwatervoorziening op watergebruikers kunnen worden berekend.

3.3.1 Generieke deelprogramma Zoetwater

Met het Deltamodel moeten verschillende maatregelen of strategieën kunnen worden berekend, zodat kan worden verkend wat de impact is van een maatregel of strategie op de landelijke waterverdeling, de verschillende regionale deelsystemen en het beschikbare water voor de verschillende gebruikers. Het gaat hierbij om een inschatting van de mogelijke omvang (welke deel gebieden in Nederland ondervinden mogelijk gevolgen) als de eerste orde grootte van het effect.

Met het Deltamodel moeten de aard, ernst en omvang van maatregelen en strategieën kunnen worden vastgesteld. Verder moet het randvoorwaarden kunnen leveren voor diverse effectmodules, en voor meer gedetailleerde regionale modellen, waarmee eventueel aanvullend verfijnde analyses kunnen worden uitgevoerd. Het Deltamodel focust hierbij op de nationale waterverdeling en de nationale watervoorziening. Dit geldt ook bij het berekenen van effecten van regionale maatregelen; met het analyse instrumentarium kan de orde grootte van deze maatregelen op landelijke schaal worden vastgesteld.

3.3.2 Gebiedsgerichte deelprogramma's

Voor gebiedsgerichte deelprogramma's moet kunnen worden verkend of maatregelen of strategieën bovenregionaal effect hebben op de landelijke waterverdeling. Ook moet met het Deltamodel een eerste orde grootte van effecten van maatregelen en strategieën kunnen worden bepaald. Het is gewenst de aard, ernst en omvang van maatregelen te

kunnen bepalen in de deelprogramma zelf, maar ook de eventuele uitstraling ervan naar de andere deelprogramma's.

3.4 Verbinding waterveiligheid en zoetwatervoorziening

De verbinding van de twee pijlers waterveiligheid en zoetwatervoorziening wordt niet alleen gerealiseerd door - waar mogelijk - dezelfde software te gebruiken. Ook is consistentie vereist op het niveau van de schematisaties en de settings, die onderdeel uitmaken van het Deltamodel. Zie hiervoor de definities van de verschillende modelonderdelen in paragraaf 2.2.

De consistentie vertaalt zich dus uiteindelijk tot eenduidige uitgangspunten in alle onderdelen van het Deltamodel. Voor de software betekent dit bijvoorbeeld ook dat eenduidige modelinstellingen, zoals iteratieschema's worden gekozen. Voor de schematisatie hoeft het rooster en de geometrie niet perse in elke analyse hetzelfde te zijn, maar is het wel gewenst overal dezelfde basisinformatie zijn gebruikt voor onderdelen van de gebiedsbeschrijving, bijvoorbeeld de hoogteligging van de rivierbodem. De settings zijn afhankelijk van de gekozen schematisatie. Ook hierbij moet dezelfde basisinformatie worden gebruikt. Bijvoorbeeld de neerslag die het watersysteem als randvoorwaarde binnenkomt. Voor de randvoorwaarden geldt bovendien dat de berekende waarden op de modelranden moeten aansluiten voor de eventueel verschillende deelsystemen.

4 Functionele specificaties Deltamodel

4.1 Inleiding

De functionele specificaties van het Deltamodel moeten worden afgestemd op de vragen van het Deltaprogramma. Hierbij gaat het er om zo goed mogelijk te beschrijven voor welke situaties (maatregelen en scenario's) de modellen ingezet kunnen worden, hoe ze opgebouwd moeten worden, welke processen ze moeten beschrijven en welke uitvoer ze moeten genereren ten behoeve van de beoordeling van de effecten van de maatregelen en scenario's. De functionele specificaties zijn in dit hoofdstuk aangegeven voor de pijlers waterveiligheid en zoetwatervoorziening, inclusief de afgeleide effecten.

Naast het aanleveren van informatie voor het Deltaportaal, ter ondersteuning van het maken van de Deltabeslissingen, kan een aantal algemene operationele eisen voor alle onderdelen van het Deltamodel worden genoemd, die goeddeels vallen onder een algemene specificatie van "Good Modelling Practise", zoals:

- Het model is voor de toepassing binnen het Deltaprogramma toegankelijk voor meerdere partijen (zie beschrijving eindgebruikers, par. 2.6).
- De gebruikershandleiding is op orde, zodat het model door derden met kennis van zaken (modelspecialisten) te gebruiken is.
- Het model moet op de gebruikelijke platforms en met de gebruikelijke besturingssystemen functioneren.
- Documentatie van het model is beschikbaar. In deze documentatie is beschreven op welke basisinformatie het model is gebaseerd, hoe het model is opgebouwd, hoe het model is afgeregeld en voor welke situaties het inzetbaar is. Deze informatie is van belang voor beheer van het Deltamodel en de gebruiker van het model.
- Het versiebeheer van het model is op orde.
- Informatie over de ijking en validatie voor de huidige omstandigheden is beschikbaar.
- Het model rekent met gangbare formaten. Daarbij moet de modeluitvoer in ieder geval in NetCDF (Network Common Data Form) formaat beschikbaar kunnen worden gesteld (en gerealiseerd, voor zover nodig voor het Deltaportaal). Voor aansluiting bij het Deltaportaal is het bovendien gewenst dat nabewerkingen van modeluitvoer mogelijk is en automatisch kan worden uitgevoerd.
- Waar van toepassing (conform afspraken tussen RWS en Deltares) wordt aangesloten bij de ontwikkelingen van Open Software.
- De toepassing van het Deltamodel moet reproduceerbaar zijn. Eventuele verschillen tussen het Deltamodel en eerdere werkversies (versie 0.2 en 0.1) moeten verklaarbaar zijn.
- De modelsoftware, schematisaties en settings moeten op een dusdanig gestructureerde wijze worden aangeboden aan de gebruiker van de modellen, dat de kans op verkeerd gebruik van de modellen beperkt is.
- Het model is koppelbaar met relevante andere systemen. Dit kan betekenen het direct koppelen van de modellen, of het uitwisselen van resultaten. Waar mogelijk en beschikbaar wordt daarbij aangesloten bij standaarden (bijvoorbeeld OpenMI).

Een groot deel van deze punten betreft de wijze waarop het Deltamodel door eindgebruikers (de deelprogramma's) wordt toegepast. Dit is met name van belang voor de opzet van de rekenfaciliteit Deltamodel.

4.2 Maatregelen, scenario's en vergelijkingssystematiek

De functionele specificaties hebben betrekking op de invoer en de uitvoer van het Deltamodel. Enerzijds moeten in het model strategieën, scenario's en maatregelen kunnen worden vertaald in invoerparameters voor het model. Anderzijds moeten de berekende effecten van de maatregelen, scenario's en strategieën op juiste wijze kunnen worden beoordeeld, waarbij "de juiste wijze" wordt gedefinieerd in de vergelijkingssystematiek. Onderstaande paragrafen gaan in op deze aspecten.

4.2.1

Maatregelen

In het Achtergrond document Maatregelen (Dijkman et al, 2010) is een eerste inventarisatie opgesteld van de mogelijke typen maatregelen die de verschillende deelprogramma's zouden kunnen gaan analyseren. In onderstaande tabel 3 is dit verder uitgewerkt. Hoewel we ons realiseren dat mogelijk bij de definitieve keuze van maatregelen nog andere typen maatregelen worden gespecificeerd, gebruiken we deze voorlopige lijst met maatregelen als het uitgangspunt voor de functionele specificaties van het Deltamodel. Mochten er nog andere type maatregelen worden gespecificeerd, dan verwachten we dat de kans groot is dat dit binnen de functionele specificaties van het Deltamodel valt te accommoderen. Zo niet, dan zullen de functionele specificaties nog moeten worden bijgesteld.

Deelprogramma	Veiligheid	DP-R	DP-IJ	DP-RD	DP-ZWD
Maatregelen					
Actualiseren normen	X				
Rivierverruiming	X	X	X	X	
Verdiepen vaargeul	X	X	X	X	X
Dijkverhoging	X	X	X	X	X
Deltadijken	X	X	X	X	X
Dammen/sluizen/SVK/regelwerk	X	X	X	X	X
Flexibel peilbeheer	X		X		X
Retentie	X	X	X	X	X
Nieuwbouw buitendijks gebied	X		X	X	

Tabel 3a: Mogelijke type maatregelen waterveiligheid per deelprogramma.

Deelprogramma	Zoet Water	DP-R	DP-IJ	DP-RD	DP-ZWD
Maatregelen					
Waterberging	X	X	X	X	X
Peilstijging	X		X		X
Verondiepen vaargeul	X	X		X	
Optimalisatie lekverliezen	X	X	X	X	X
Vergroten van het wateraanbod	X	X	X	X	X
Verminderen van de watervraag	X	X	X	X	X
Accepteren beschikbare wateraanbod	X		X		X
Afvoerverdeling bij lagere afvoeren	X	X	X	X	X

Tabel 3b: Mogelijke typen maatregelen watervoorziening per deelprogramma.

4.2.2

Scenario's

De Deltascenario's (Bruggeman et al., 2011) beschrijven de bandbreedte van ontwikkelingen die, volgens de huidige kennis, plausibel en relevant is voor het toekomstige waterbeheer. De toekomstbeelden geven niet alleen een indicatie van de mogelijke veranderingen in de fysische en sociaaleconomische omgevingsfactoren, maar tonen ook de mogelijke verschuivingen in het gebruik van ruimte, land en water. Het zijn nadrukkelijk geen voorspellingen en evenmin streefbeelden.

Er zijn vier Deltascenario's ontwikkeld, die de namen "Druk", "Stoom", "Rust" en "Warm" hebben gekregen. Deze scenario's geven kwantitatieve en kwalitatieve informatie over klimaat, watersystemen, watergebruik en landgebruik in relatie tot veiligheid tegen overstroming en zoetwatervoorziening. De kwantitatieve gegevens zijn weergegeven in de vorm van tijdreeksen voor ondermeer neerslag, zeespiegelstijging en rivierafvoeren en geografische informatiebestanden voor ruimtegebruik, bodemdaling en verzilting in Nederland.

De Deltascenario's zijn relevant voor de functionele specificatie van het Deltamodel omdat het Deltamodel in staat moet zijn om deze informatie uit de Deltascenario's als invoer te gebruiken. Onderstaande tabel 4 geeft globaal weer om welke informatie het gaat en voor welke deelprogramma's deze met name relevant is.

Deelprogramma Scenario onderdeel	Veiligheid	Zoet Water	DP-R	DP-IJ	DP-RD	DP-ZWD
Gemiddelde winter afvoer Rijn en Maas	X		X	X	X	X
Gemiddelde zomer afvoer Rijn en Maas		X	X	X	X	X
Extreem hoge afvoer Rijn en Maas	X		X	X	X	X
Extreem lage afvoer Rijn en Maas		X	X	X	X	X
Gemiddelde winter neerslag		X		X		X
Gemiddelde zomer neerslag		X		X		X
Piek neerslag			X	X	X	X
Zeespiegelstijging	X	X	X	X	X	X
Verdamping, temperatuur		X	X	X	X	X
Aantal inwoners NL	X	X	X	X	X	X
Economische groei	X	X	X	X	X	X
Verstedelijking	X	X	X	X	X	X
Landbouwareaal		X		X		X
Natuur areaal		X	X	X		X

Tabel 4: De belangrijkste invoer vanuit de Deltascenario's per deelprogramma

Het ligt in de lijn der verwachting dat in de loop van 2012 de exacte invulling van de Deltascenario's nog zal worden aangepast; men spreekt in dit verband wel van de Deltascenario's-*Next*. Voor het Deltamodel maakt dit in principe niet zoveel uit, aangezien het soort informatie (de parameters) identiek blijft.

4.2.3 Vergelijkingssystematiek

In paragraaf 3.1 is de vergelijkingssystematiek voor het Deltaprogramma aan de orde gekomen. Hoewel we ons realiseren dat de vergelijkingssystematiek verder wordt uitgewerkt, gebruiken we de voorlopige aanzet voor de vergelijkingssystematiek op dit

moment als uitgangspunt voor de functionele specificaties van het Deltamodel. Mocht de vergelijkingssystematiek nog worden aangepast, dan zullen we moeten nagaan welke aanpassingen er in de functionele specificaties van het Deltamodel nodig zijn.

Het Deltamodel zal een deel van de benodigde informatie voor de vergelijkingssystematiek Deltaprogramma leveren (zie ook figuur 1). In onderstaande tabel 5 is aangegeven om welke informatie het daarbij gaat (scope). Een deel van de benodigde informatie kan direct ontleend worden aan het Deltamodel zelf (scope = 1), en een deel van de informatie kan ontleend worden aan de effectmodules waarvoor een koppeling wordt gerealiseerd met het Deltamodel (scope = 2). Deze beoordelingscriteria zijn groen gearceerd in de tabel. Het deel van de informatie dat nodig is voor de vergelijkingssystematiek Deltaprogramma maar *niet* aan het Deltamodel of de effectmodules kan worden ontleend is ook aangegeven (scope = 3). Deze beoordelingscriteria zijn rood gearceerd in de tabel. Naar verwachting zal deze informatie grotendeels ontleend worden aan het Delta-Instrumentarium.

Tevens is voor de beoordelingscriteria aangegeven welke software geselecteerd is om de benodigde informatie aan te leveren. Tenslotte is aangegeven welke onderliggende informatie (en software) dit vereist van het Deltamodel. De onderliggende informatie (en software) wordt gebruikt om de invoer te genereren voor de software die de informatie voor de beoordelingscriteria levert.

De geselecteerde software wordt in de volgende paragrafen nader beschreven.

Legenda Scope:

- 1: *In scope* van het Deltamodel.
- 2: *In scope* van de beoogde effectmodules van het Delta-Instrumentarium
- 3: (Nog) niet *in scope* van het Deltamodel of de Effectmodules.

Functionele specificaties en kwaliteitseisen Deltamodel v 1.1, juli 2012

Functie watersysteem	Voorgestelde beoordelingscriteria	Scope	Software	Onderliggende informatie Deltamodel	Onderliggende software
Hoogwater- bescherming	- Maatgevende waterstand - Overschrijdingskans per dijkvak - Overstromingskans per dijkkring - Overstromingsrisico - Groepsrisico - Lokaal individueel risico	1 1 1 3¹¹ 3¹³ 3¹³ 3¹³	- Waqua/Sobek - SWAN/Bretschneider - Hydra (Hydra/PCRing) (HIS-SSM) (HIS-SSM) (HIS-SSM)	- Probabilistiek - Golven - Sterkte van dijken - Morfologische ontwikkelingen	- MHW-processor / FEWS - PCOverslag / DAM - DVR, Sobek-MOR
Buitendijks wonen	- Kans op een bepaalde overstromingsdiepte - Overstromingsrisico - Groepsrisico - Lokaal individueel risico	1 2 3 3	- Hydra - HIS-SSM (HIS-SSM) (HIS-SSM)	- Waterstanden - Golven - Probabilistiek	- Waqua/Sobek - SWAN-Bretschneider - MHW-processor / FEWS
Schoon & gezond water	- Criteria ecologische basiskwaliteit - Criteria fysisch-chemische basiskwaliteit	3 3		- Beschikbaar oppervlaktewater - Chloride concentratie - Watertemperatuur - Doorspoeling - Nutriënten concentratie en morfologie	- Sobek / NHI (DM) - Sobek-WQ - NHI (Mozart) - Sobek-WQ / MOR - NHI (zoet/zout)
Scheepvaart	- Reistijden - Reisafstanden - Reiskosten - Betrouwbaarheid	2 2 2 2	- Bivas - Bivas - Bivas - Bivas	- Oppervlaktewaterpeilen en waterdiepte (t.b.v. diepgang, doorvaarhoogte)	- Sobek
Landbouw	- Natschade - Droogteschade - Zoutschade - Beregeningskosten - Afname landbouwareaal	2 2 2 2 1	- Agricom - Agricom - Agricom - Agricom (Deltascenario's)	- Regionale grondwaterstand (GHG/ GLG) - Regionaal bodemvocht, gewasverdamping - Chloride concentratie in oppervlakte- en grondwater - Beregeningsvraag - Onttrekkingen	- NHI (Modflow) - NHI (Metaswap) - NHI (Mozart), - Sobek-WQ - NHI (zoet/zout)
Drink- en industriewater	- Kosten door beperkingen in waterkwaliteit (en-kwantiteit) bij innamepunten - Verandering leveringszekerheid	3 3		- Overschrijding minimale volumina - Overschrijding maximale chloride concentratie	- Sobek / NHI (DM) - Sobek-WQ
Koelwater	- Kosten door beperking warmtelozingscapaciteit - Kosten door toename zoutconcentratie	3 3 3		- Overschrijding minimale volumina - Overschrijding maximale temperatuur	- Sobek / NHI (DM) - Sobek-WQ

¹¹ Vooral nog niet in scope, aangezien we uitgaan van de vigerende normen (gebaseerd op overschrijdingskans). Indien het type norm verandert van overschrijdingskans naar overstromingskans zou dit alsnog kunnen worden opgenomen in het Deltamodel, maar dat zal dan na 2012 pas kunnen worden geïmplementeerd.

Functionele specificaties en kwaliteitseisen Deltamodel v 1.1, juli 2012

Functie watersysteem	Voorgestelde beoordelingscriteria	Scope	Software	Onderliggende informatie Deltamodel	Onderliggende software
	- Kosten door toename biomassa - Kosten door wijzigingen landelijke waterverdeling	3			
Energie-opwekking	- Potentieel energie-opwekkingsvermogen	3		- Beschikbaar oppervlaktewater - Onttrekkingen	- Sobek / NHI (DM)
Oppervlakte-delfstoffen	- Verandering in potentieel te winnen zand, grind en klei	3		- Sedimentatie, bodemaangroei, erosie	- Sobek - Sobek-MOR
Binnenvisserij	- Visstand - Verandering netto toegevoegde waarde	3 3		- Chloride concentratie - Watertemperatuur - Nutriënten concentratie	- Sobek - Sobek-WQ
Watersport (recreatie)	- (nieuwe) locaties - Wachttijden - Vaardiepte - Waterkwaliteit - Belevingswaarde - Verandering netto toegevoegde waarde	3 3 3 3 3 3		- Oppervlaktewaterpeilen en waterdiepte - Nutriënten concentratie	- Sobek - Sobek-WQ
Zwemwater	- Waterkwaliteit die voldoet aan de EU zwemwaterrichtlijn - Blauwalgen	3 3		- Chloride concentratie - Watertemperatuur - Nutriënten concentratie	- Sobek - Sobek-WQ
Natuur	- Wijziging areaal natuur - Wijziging in natuurkwaliteit - Wijziging in type natuur	2 2 2	Demnat/Habitat Demnat/Habitat Demnat/Habitat	- Beschikbaar oppervlaktewater - Dynamiek oppervlaktewaterpeil - Dynamiek debiet - Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) - Regionale kwel - Regionaal bodemvocht - Regionale verdamping - Gebiedsvreemd water - Chloride concentratie - Nutriënten concentratie (meren HWS)	- Sobek / NHI (DM) - NHI (Mozart) - NHI (Modflow) - NHI (Metaswap) - Sobek-WQ
Archeologie, landschaps-beleving	- Ruimtebeslag: laten beoordelen door Kwaliteitsteam (Q-team)	3			
Gebouwen en infrastructuur	- Schade aan gebouwen, constructies en lijn-infrastructuur - Risico van falen waterkeringen	3 3	(HIS-SSM)	- Veranderingen grondwaterstand (GHG/GLG), kwel - Beschikbaar oppervlaktewater (stabiliteit waterkeringen) - Waterstanden, golven, probabilistiek, sterkte	- NHI (Modflow) - Sobek / NHI (DM) - Waqua/Sobek etc.

Tabel 5: Overzicht benodigde software Deltamodel om beoordelingscriteria Deltaprogramma (die in-scope zijn bij Deltamodel) te produceren.

4.3 Waterveiligheid

De functionele specificaties van het Deltamodel ten aanzien van waterveiligheid gaan uit van de overbelastingsbenadering voor de waterkeringen rond het hoofdwatersysteem. Dit betreft zowel de overschrijdingsnormen (waterstanden, golven) als de sterkte van de waterkeringen, maar niet de gevolgen van overstromingen.

De hoofdvraag voor waterveiligheid is welk effect de scenario's (probleemanalyse) enerzijds en maatregelen (strategieën) anderzijds hebben op de waterveiligheid, uitgedrukt in de beoordelingscriteria zoals genoemd in de vergelijkingssystematiek. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn verschillende soorten modellen nodig. Het gaat om een hydraulisch model (stroombeelden en waterstanden), een morfologisch model (sedimenttransporten en bodemhoogte), een golfmodel, een sterktemodel en een probabilistisch model. Daarnaast zijn nog 'effectmodellen' nodig om (de effecten op) de kosten en de risico's te bepalen.

De volgende paragrafen beschrijven voor het Deltamodel de functionele specificaties ten aanzien het hydraulisch, morfologisch, golven, sterkte en probabilistisch model. Er wordt gespecificeerd naar de verschillende watersystemen binnen Nederland.

4.3.1 *Hydraulische modellen*

De hydraulische modellen geven informatie over de waterstand, de afvoer, de stroomsnelheid. Deze informatie wordt gebruikt om de maatgevende waterstanden te bepalen.

Voor het Nederlandse oppervlaktewater zijn Waqua en Sobek beschikbaar als hydraulisch model. Door de invoergegevens van deze hydraulische modellen aan te passen (hetzij in de schematisatie, hetzij in de randvoorwaarden) is het mogelijk om de maatregelen "Rivierverruiming", "Verdiepen vaargeul", "Dammen/sluizen/SVL/regelwerk", "Flexibel peilbeheer" en "Retentie" in de berekeningen op te nemen (Tabel 3a). Bij de scenario's kunnen de effecten van de verandering van de afvoer van Rijn en Maas, en zeespiegelstijging met de hydraulische modellen worden bepaald (Tabel 4).

Het voordeel van Waqua is dat het een 2D-model is, waar Sobek een 1D-model is. Dit betekent dat Waqua de waterstandsverschillen bij de linker- en rechteroever kan simuleren. Voor een groot deel van het hoofdwatersysteem (Rijkswateren) zijn Waqua modellen beschikbaar en worden deze ook gebruikt in het kader van WTI (Wettelijk Toets Instrumentarium). Het betreft het 'buitenwater', oftewel het oppervlaktewater met 'primaire keringen a' die direct buitenwater keren. Deelprogramma's hebben de keuze om, afhankelijk van de behoefte (screenen of analyse, modelleren van het midden of ook de oevers), Waqua of Sobek modellen te gebruiken. We focussen hier op de *analyse* van maatregelen voor de waterveiligheid. Hiervoor zullen naar verwachting overwegend Waqua modellen gebruikt worden.

Sobek heeft het voordeel t.o.v. Waqua dat het sneller rekent. Recent is door Chbab (2011) een analyse uitgevoerd van de verschillen tussen Waqua en Sobek, waaruit blijkt dat berekeningsresultaten voor het midden van de rivier goed overeenkomen. Tevens bleek dat de rekentijd van Waqua aanzienlijk hoger is (dit kan oplopen tot een orde 100* zo hoog; mondelinge communicatie Chbab). Dit betekent dat Sobek in een aantal omstandigheden goed gebruikt kan worden voor de screening van maatregelen. Bovendien zijn ook voor een groter deel van het Nederlandse watersysteem Sobek-modellen beschikbaar.

4.3.2 *Morfologische modellen*

Morfologische veranderingen in het rivierengebied, dat wil zeggen de verandering van de bodemligging in de rivier, zijn niet direct met een hydraulisch model te berekenen. Daartoe

zijn naast de waterbeweging een berekening van de sedimenttransporten (en -samenstelling) en sedimentbalans nodig (erosie en sedimentatie). Een dergelijk model moet de mogelijkheid bieden het transport van verschillende sedimentfracties te berekenen (per watersysteem anders), alsmede rekening te houden met erosiebeperkende lagen (bijv. klei/leem/grind) of constructies (bijv. vaste lagen). Belangrijk is verder om de langjarige effecten van de maatregelen op de morfologische ontwikkelingen te kunnen simuleren. Ook de verschillende strategieën om de vaargeul te onderhouden (baggeren en terugstorten) moeten gesimuleerd kunnen worden.

Voor deze morfologische modellen kunnen (gedetailleerde) 2D- of zelfs 3D-modellen en aan (meer globale) 1D-modellen worden gebruikt. Het voordeel van de 1D modellen is dat de rekentijd geringer is en het voordeel van de 2D/3D-modellen is dat de nauwkeurigheid waarschijnlijk hoger is. Op dit moment zijn niet voor heel Nederland zowel de 2D/3D-modellen als de 1D-modellen beschikbaar. Voor enkele delen van Nederland is een 2D-model beschikbaar (DVR) en er wordt gewerkt aan de integratie van morfologie in 1D-Sobek (Sobek-MOR). Op dit moment gaan we er van uit dat praktisch het beste kan worden aangesloten bij DVR. Met dit instrumentarium kan (off-line) de verandering van de bodemligging worden doorgerekend, die als invoer kan worden gebruikt in de hydraulische modellen.

4.3.3 *Golfmodellen*

Voor het berekenen van de benodigde kruinhoogte van waterkeringen is golfinformatie nodig. Het betreft informatie over de hoogte van de golven bij een waterkering (dijk). Deze golfinformatie vormt – samen met de informatie over de waterstanden vanuit de hydraulische modellen – de benodigde invoer voor Hydra-Zoet (zie 4.3.5 en 4.5).

De golfmodellen zijn met name relevant in de gebieden met grote oppervlakte openwater, zoals het IJsselmeer en de IJssel- en Vechtdelta, Markermeer, Rijn-Maas monding en Zuidwestelijke delta. Voor de (boven-) rivieren zijn de golf modellen minder relevant.

Er worden twee modellen gebruikt om de golfinformatie te genereren, namelijk SWAN en Bretschneider. SWAN is een gedetailleerd model dat in de regel in combinatie met Waqua wordt gebruikt en Bretschneider is een meer generiek model dat in combinatie met Sobek wordt gebruikt. Een mogelijkheid is om SWAN in te zetten voor analyse en Bretschneider voor screening. Een andere mogelijkheid is om aan te sluiten bij de huidige praktijk, dit betekent het gebruik van Bretschneider in de Rijn-Maas monding en SWAN in de IJssel- en VechtDelta.

4.3.4 *Sterktemodellen*

Voor een beoordeling van het beschermingsniveau dat een waterkering biedt, wordt gekeken naar twee sterkte-aspecten, namelijk de *kruinhoogte* en de *geotechnische stabiliteit* (De Waal, 2010).

Nadere functionele specificaties van de wijze van beoordeling van deze sterkte-aspecten worden in dit document nog niet gegeven. Vooralsnog wordt hier volstaan met de vermelding van de voorziene rekenmethodes.

Voor de beoordeling van de *kruinhoogte* wordt de rekenmodule van PC-Overslag gebruikt. Deze module is een onderdeel van Hydra-Zoet.

De Dijksterkte Analyse Module (DAM) maakt een *geotechnische sterktebeoordeling* mogelijk. DAM is een instrument waarin de volgende 4 onderdelen aan elkaar gekoppeld kunnen worden:

- a) de geotechnische gegevens ter plaatse van waterkeringen in Nederland,
- b) beoordelingsmethoden voor de geotechnische stabiliteit van waterkeringen,
- c) mogelijkheden voor de visualisatie van beoordelingsresultaten en

d) een module voor het ontwerp van een versterkingsmaatregel

Bij de beoordelingsmethoden voor de geotechnische stabiliteit van waterkeringen gaat het vooralsnog specifiek om de mechanismen 'macrostabiliteit binnenwaarts' en 'piping', deze functionaliteiten moeten in ieder geval worden opgenomen. Met DAM is het mogelijk om de maatregelen "Dijkverhoging" en "Deltadijken" in de berekeningen op te nemen (Tabel 3a).

4.3.5 *Probabilistische modellen*

De probabilistische modellen worden gebruikt om meerdere stochasten te combineren bij het vaststellen van de overschrijdingskansen. Dit vereist eerst de berekening van allerlei verschillende combinaties van rivierafvoeren, (zeespiegel) waterstanden en windrichtingen, al dan niet in combinatie met het al dan niet falen van een stormvloedkering. Voor het aansturen van de verschillende berekeningen zijn functionaliteiten in de MHW-processor (en tegenwoordig ook in Fews) beschikbaar; waarmee zowel Waqua als Sobek worden aangestuurd. Vervolgens moeten de resultaten van deze hydraulische berekeningen worden gecombineerd. Deze combinatie kan worden uitgevoerd met Hydra-Zoet. Hieruit volgen ook de gevolgen van de "Actualisatie normen" (Tabel 3a).

4.3.6 *Effectmodules waterveiligheid*

De effectmodules waterveiligheid betreffen een module voor de analyse van de effecten op de risico's en een analyse van de effecten voor de kosten.

Bij de analyse van de gevolgen van de maatregelen en scenario's voor de *risico's* rondom overstromingen wordt onderscheid gemaakt in overstromingsrisico's, groepsrisico's en lokaal individueel risico. In overleg met de veiligheidsdeskundigen is besloten om de scope van het Deltamodel te beperken tot het buitendijksgebied. Voor het binnendijksgebied wordt verwezen naar eerdere resultaten in WV21; het instrumentarium waarmee de analyses zijn verricht, is desgewenst beschikbaar voor het Deltaprogramma.

Voor het afleiden van de risico's in termen van schade en slachtoffers, gebruiken we in Nederland HIS-SSM (Hoogwater Informatie Systeem - Schade en Slachtoffer Module). Deze module gebruikt de resultaten van de Waqua/Sobek berekeningen als input.

De *kosten* van de maatregelen die leiden tot een verhoogde waterveiligheid betreffen onder andere de kosten van de verbetering van de waterkeringen. De verbetering aan de waterkering zelf kan met DAM worden geanalyseerd (zie boven). Vervolgens kunnen de kosten van deze verbeteringen met KOSWAT worden bepaald.

4.4 Zoetwatervoorziening

De functionele specificaties voor de zoetwatervoorziening hebben betrekking op de waterbeschikbaarheid in het Nederlandse watersysteem, die is af te leiden uit de vraag van de verschillende gebruikers, het aanbod - met name via de neerslag en het rivierwater uit de Rijn en Maas -, en de verdeling van het water binnen het Nederlandse watersysteem. De hoofdvraag is wat het effect is van scenario's (probleemanalyse) enerzijds en maatregelen (strategieën) anderzijds op de gebruikers van het water in het Nederlandse watersysteem, uitgedrukt in de beoordelingscriteria in de vergelijkingssystematiek.

De "gebruikers" zijn de verschillende sectoren die het water - van de juiste kwaliteit - ook daadwerkelijk 'verbruiken', zoals de landbouw, natuur, koelwater, drinkwater en industrie. Ander typen gebruikers zijn sectoren die het water 'gebruiken' maar niet verbruiken, zoals de scheepvaart en recreatie. Tenslotte zijn er vormen van gebruik, die meerdere sectoren tegelijk kunnen bedienen, zoals het watergebruik om de peilen te handhaven t.b.v. de veiligheid van waterkeringen of het tegengaan van klink, of water dat gebruikt wordt om

watersystemen door te spoelen om de waterkwaliteit te reguleren. Deze verschillende gebruikerssectoren zien we terug in de beoordelingscriteria (Tabel 5). Aangezien het aangeboden water door de verschillende gebruikers niet tegelijkertijd kan worden verbruikt, moeten de verschillende behoeften samen en op vergelijkbare wijze in beeld worden gebracht in het Deltamodel. Daarbij moet er rekening mee worden gehouden dat de verschillende gebruikers hun water niet direct uit het hoofdwatersysteem onttrekken, maar uit andere onderdelen van het watersysteem betrekken. Dit heeft tot gevolg dat de beschikbaarheid en de ruimtelijke verdeling van het water in de regionale watersystemen moeten worden gesimuleerd.

Het Deltamodel zal de effecten van verschillende typen maatregelen (zie tabel 3b) in het watersysteem ten aanzien van de zoetwatervoorziening moeten kunnen doorrekenen. Daarbij moet niet alleen rekening worden gehouden met maatregelen in het hoofdwatersysteem zelf, maar ook met maatregelen in het regionale systeem die bovenregionaal effect hebben en van invloed kunnen zijn op de landelijke waterverdeling in het hoofdwatersysteem.

In de Deltascenario's (tabel 4) zijn variabelen opgenomen die betrekking hebben op het hoofdwatersysteem, zoals de afvoer van de Rijn en Maas en de zeespiegelstijging. Daarnaast zijn regionale variabelen opgenomen in de Deltascenario's, zoals neerslag, landbouwareaal en natuurareaal. Ook voor de goede implementatie van de Deltascenario's is het dus nodig om zowel het hoofdwatersysteem als het regionale watersysteem op te nemen in het Deltamodel.

Redenerend vanuit zowel de vergelijkingssystematiek, als de maatregelen en de Deltascenario's, is het voor de zoetwatervoorziening nodig om zowel het hoofdwatersysteem als het regionale watersysteem op te nemen in het Deltamodel.

Dit betekent dat het Deltamodel voor de analyse van de zoetwatervoorziening de volgende domeinen in samenhang moet kunnen simuleren:

- hoofdwatersysteem (oppervlaktewater)
- regionaal oppervlaktewatersysteem
- grondwater
- onverzadigde zone
- verhard oppervlak (stedelijk gebied)

Naast hydraulische modellen die de waterbeweging en waterverdeling in het hoofdwatersysteem simuleren, zijn daarvoor (regionale) hydrologische modellen nodig die de waterbalansen in de verschillende domeinen simuleren, en effectmodules om de gevolgen voor de gebruikers (sectoren) te berekenen. Een zeer belangrijke bouwsteen voor deze modellen vormt het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). De volgende paragrafen beschrijven de functionele specificaties voor de hydraulische modellen en gekoppelde hydrologische modellen in het Deltamodel. Daarbij worden de verschillende domeinen van het watersysteem beschreven.

4.4.1 *Hoofdwatersysteem*

Het hoofdwatersysteem wordt gemodelleerd met hydraulische modellen, zoals beschreven bij de waterveiligheid. Voor de zoetwatervoorziening is vooral de ruimtelijke verdeling van het aangevoerde rivierwater (via Rijn, Maas en overige rivieren) over Nederland van belang. Dit betekent dat de verschillende delen van het hoofdwatersysteem in samenhang moeten worden berekend. Van de eerdere genoemde modellen, Waqua en Sobek, is alleen Sobek hiervoor geschikt.

De praktijk van het waterbeheer en de waterverdeling is sterk afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid oppervlaktewater. Het aangevoerde Rijnwater bij Lobith wordt bijvoorbeeld verschillend verdeeld over de Waal, Nederrijn en de IJssel bij lage en hoge afvoeren. Daarom is het nodig dat waterverdelingsregels zijn geïmplementeerd in de modellen, voor de verschillende gradaties van laag water tot hoog water. Daarmee kan vervolgens op verschillende lokaties in het hoofdwatersysteem relevante informatie voor de gebruikers worden berekend, zoals de beschikbare debieten, de waterstand, de stroomsnelheid etc. Aangezien een groot deel van de gebruikers het oppervlaktewater niet direct onttrekt uit het hoofdwatersysteem, is het nodig de waterverdeling in een uitgebreider landelijk netwerk te simuleren, het 'waterverdelingsnetwerk, waarin ook een deel van het regionale watersysteem is opgenomen (zie ook paragraaf 4.5).

Het gebruik van een hydraulisch model voor de waterverdeling (Sobek) is niet altijd noodzakelijk. Wanneer voor de analyse van scenario's en maatregelen uitsluitend een grovere schatting nodig is van de beschikbare hoeveelheid oppervlaktewater kan gebruik worden gemaakt van het Distributiemodel (DM), dat de landelijke waterverdeling via balansen in deelgebieden simuleert als onderdeel van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. Het Distributiemodel is aanzienlijk sneller dan Sobek, maar het geeft geen gedetailleerde informatie over bijvoorbeeld waterpeilen, stroomsnelheden en verzilting op specifieke lokaties in het landelijke waterverdelingsnetwerk. Met het Distributiemodel kan wel de vraag en aanbod van oppervlaktewater in (delen van) het landelijke waterverdelingsnetwerk¹² worden berekend, maar voor analyse van bijvoorbeeld de effecten op de scheepvaart en de aquatische natuur zijn aanvullende berekeningen met Sobek nodig.

4.4.2 *Regionaal oppervlaktewatersysteem*

Voor simulatie van het regionale oppervlaktewatersysteem, d.w.z. alle waterlopen die geen onderdeel maken van het hierboven genoemde waterverdelingsnetwerk, is het landelijke model Mozart beschikbaar als onderdeel van NHI. Het model simuleert de verschillende watervragen in het regionale oppervlaktewatersysteem, in de vorm van onttrekkingen voor landbouw en industrie, doorspoeling en watervraag voor peilhandhaving. Daarvoor zijn aan de verschillende lokale oppervlaktewatersysteempjes (ca 8700 LSW's) kenmerken toegekend, zoals het wel of niet kunnen aanvoeren van water, en de onderlinge prioriteit van de verschillende gebruikers bij waterschaarste. Voor de simulatie van het beschikbare water in de regionale deelsystemen worden de waterbalansen bijgehouden, en de peilen berekend via Q/h relaties. In het model wordt niet alleen de waterkwantiteit gesimuleerd; ook de balansen van chloride en systeemvreemd water in het regionale watersysteem (zijnde aangevoerd rivierwater) worden bijgehouden.

4.4.3 *Grondwater*

Voor simulatie van grondwaterstroming is Modflow beschikbaar, als onderdeel van het NHI. Met het model kunnen voor de verschillende gebruikers bijvoorbeeld de grondwaterstanden, de interactie tussen het oppervlaktewater en het grondwater, en de kwel worden gesimuleerd in de regionale watersystemen. Verder is een zoet-zout versie beschikbaar, waarin (via een losgekoppelde berekening) mogelijke toekomstige wijziging van de dichtheidsstroming in de ondergrond worden gesimuleerd en als randvoorwaarden opgelegd aan het NHI.

4.4.4 *Onverzadigde zone*

Voor simulatie van de waterbeweging in de onverzadigde zone is Metaswap beschikbaar, als onderdeel van NHI. Het model is gekoppeld aan Modflow en simuleert o.a. het

¹² We merken op dat de schematisatie van DM is gebaseerd op andere basisdata dan Waqua en Sobek. Voor de consistentie binnen het Deltamodel heeft aanvullende analyse met Sobek daarom voordelen boven het gebruik van alleen DM.

beschikbaar bodemvocht, en de interactie met de atmosfeer en gewassen. Voor laatst genoemde worden in de modelschematisatie verschillende typen landgebruik gespecificeerd, waaronder verhard oppervlak. Verder kan met het model het chloridegehalte in de onverzadigde zone worden gesimuleerd.

4.4.5 *Effectmodules zoetwatervoorziening*

De effectmodules vormen geen onderdeel van het Deltamodel. Wel is in de ontwikkeling van het Deltamodel een koppeling voorzien met de effectmodellen. Bijvoorbeeld Agricom (landbouw), Demnat en Habitat (natuur) en Bivas (scheepvaart). Voor drink- en industriewater en koelwater levert het model wel informatie over het watersysteem. Hiervoor wordt verwezen naar de beschrijving van de rekenfaciliteit in hoofdstuk 6.

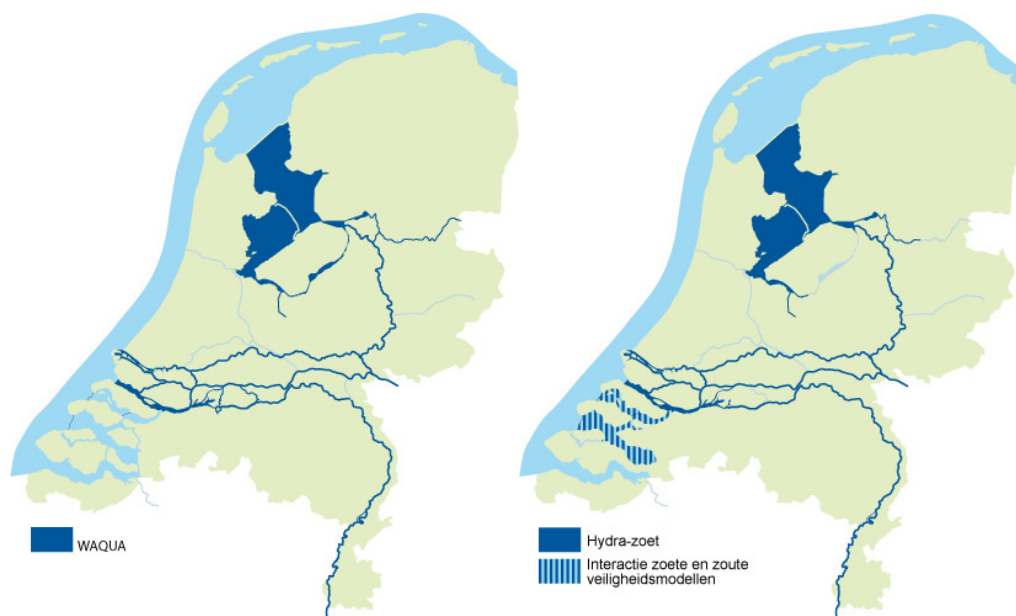
4.5 Geografische afbakening

De vraagstelling voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening verschilt geografisch, in die zin dat ze betrekking hebben op verschillende delen van het watersysteem in Nederland. Daardoor zal de toepassing van de onderscheiden softwarecomponenten en effectmodules binnen het Deltamodel geografisch verschillen.

Voor de **waterveiligheid** ligt de nadruk op het “buitenwater”, dat wil zeggen het oppervlaktewater met ‘primaire keringen a’ die direct buitenwater keren. Er wordt zoveel mogelijk aangesloten bij bestaande modellering van de waterveiligheid. In onderstaande figuur 8 is dit aangegeven. De linker figuur geeft de delen van het watersysteem weer waarvoor Waqua-modellen beschikbaar zijn en de rechterfiguur geeft de beschikbaarheid van de Hydra modellen weer. Uit het verschil tussen deze twee figuren blijkt het volgende.

- a) Voor de Afgedamde Maas, Spijkerboor, Veluwe-randmeren en Overijsselse Vecht is wel een Waqua-model beschikbaar maar geen Hydra-Zoet model. Voor zover bekend bestaan er momenteel geen plannen om de Hydra-Zoet modellen voor dit deel van het watersysteem uit te breiden. Dit betekent dat deze delen van het watersysteem buiten het Deltamodel vallen voor wat betreft de waterveiligheid.
- b) Voor de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer is geen Waqua-model beschikbaar, maar er bestaat wel een Hydra-K(ust) model. Dit maakt gebruik van het hydraulische model IMPLIC.
Onlangs is een analyse uitgevoerd naar de noodzaak om de Oosterschelde en Volkerak-Zoommeer op te nemen in het Deltamodel (Kramer et al, 2011). In deze analyse is geadviseerd om de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer op te nemen in het Deltamodel. Aanbevolen is te onderzoeken of het nodig is om Hydra-K te integreren met Hydra-Zoet, en bij vervolgonwikkeling voor dit deel van het watersysteem IMPLIC alsnog op te nemen in volgende versies van het Deltamodel of hiervoor een hydraulisch model te ontwikkelen op basis van Waqua (of Sobek).

Op dit moment betekent e.e.a. dat de geografische afbakening van het Deltamodel ten aanzien van de waterveiligheid overeenkomt met de rechter figuur. Daarbij wordt opgemerkt dat de golfmodellen (SWAN en Bretschneider) alleen relevant zijn voor het IJsselmeer, IJssel- en Vechtdelta en de RijnMaasMonding.



Figuur 8: Geografische afbakening waterveiligheid in Deltamodel (links beschikbare modellen Waqua, rechts beschikbare modellen Hydra).

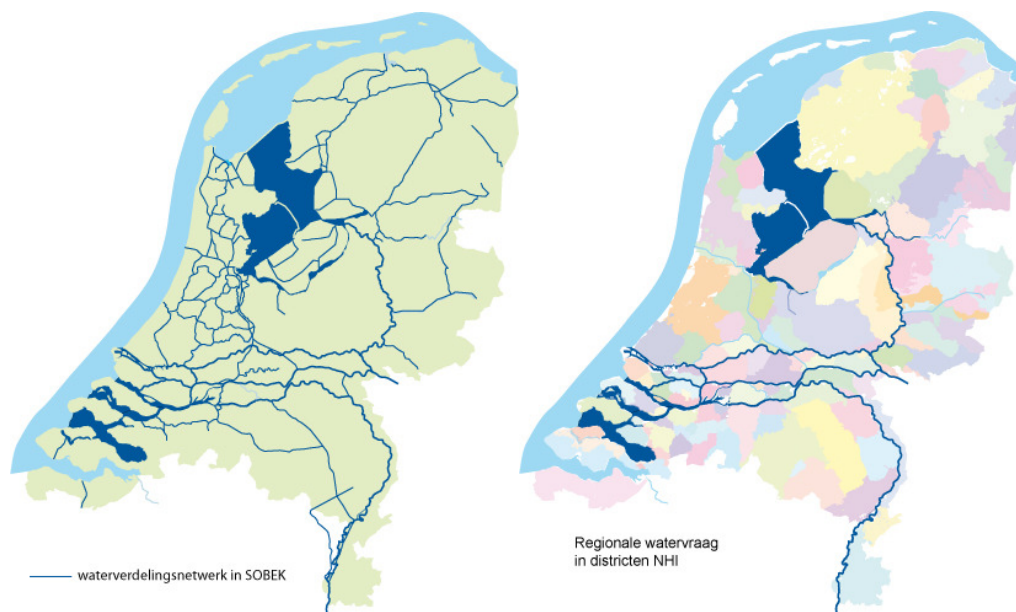
Voor de **zoetwatervoorziening** ligt de nadruk op het 'waterverdelingsnetwerk'. Hiervoor zal een Sobek model (hydraulica, inclusief waterkwaliteit en morfologie) worden opgezet, zoals is weergegeven in onderstaande figuur 9. Het waterverdelingsnetwerk is van belang voor de verdeling van (zoet) water in Nederland tijdens droge perioden. Overigens zal de exacte invulling van het waterverdelingsnetwerk nog nader worden afgestemd met de regionale waterbeheerders, evenals met DVS voor wat betreft het vaarwegennetwerk en met de ontwikkelaars van de KRW-verkenner voor wat betreft de KRW-waterlichamen.

Naast de schematisatie voor het waterverdelingsnetwerk is in de rechter figuur de schematisatie van Nederland in (ca. 130) districten gepresenteerd, zoals momenteel in NHI (Mozart/DM) is opgenomen. Voor elk van de districten (heel Nederland, uitgezonderd de Wadden) berekent ¹³ NHI de watervraag en de eventuele kortingen van het wateraanbod. Ook de precieze begrenzing van de districten zal nog nader worden besproken met de regionale waterbeheerders (waterschappen, provincies en regionale diensten RWS) en waar nodig worden aangepast.

De (ca. 130) districten zijn samengesteld uit ca. 8700 LSW's (Local Surface Water). Voor de schematisatie van het grondwater (Modflow) en de onverzadigde zone (Metaswap) in NHI wordt gebruik gemaakt van een grid van 250*250 m². Voor achtergrondinformatie van deze schematisaties wordt verwezen naar de beschrijving van het NHI (www.nhi.nu).

Voor eventueel gewenste aansluiting van effectmodules voor de waterverdeling is deels het waterverdelingsnetwerk van belang (Bivas, Drink&Industriewater, Koelwater en Habitat) en deels (Demnat en Agricom) de grid-schematisatie van de ondergrond (in Metaswap en Modflow).

¹³ Op het moment van schrijven van dit rapport wordt ook Zuid Limburg opgenomen in de schematisatie van NHI.



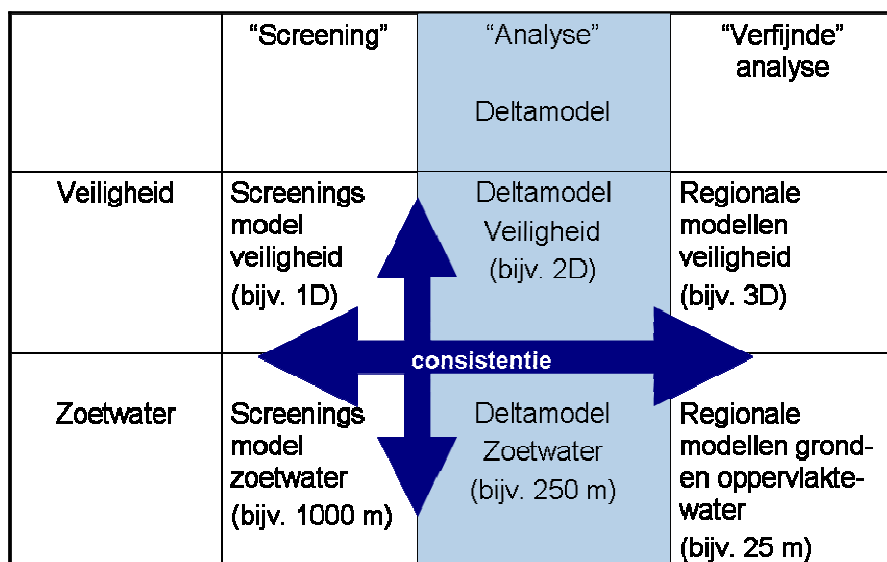
Figuur 9: Geografische afbakening modellen zoetwatervoorziening in Deltamodel
(links: waterverdelingsnetwerk, rechts regionale deelsystemen met regionale watervraag)

4.6 Verbinding pijlers Deltamodel

Doel is om consistentie te bereiken tussen de twee waterhuishoudkundige pijlers “waterveiligheid” en “zoetwatervoorziening” en tussen de verschillende niveaus van analyse binnen het deltaprogramma. Figuur 10 illustreert deze doelstelling. Tussen waterveiligheid en zoetwatervoorziening houdt de consistentie in, dat wordt uitgegaan van dezelfde scenario’s voor de randvoorwaardencombinatie (bv klimaatscenario’s) en basisinformatie. Het laatste punt wordt grotendeels gewaarborgd door zo veel mogelijk gebruik te maken van dezelfde geometrische schematisaties voor het hoofdwatersysteem, vastgelegd in Baseline database 5 (zie paragraaf 5.2).

Bij de ontwikkeling van het Deltamodel wordt naar consistentie gestreefd met gangbare modellen voor waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. Hiervoor bevorderen we in het project Deltamodel dat zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van dezelfde basisinformatie en andere uitgangspunten, die zijn en worden gebruikt in de screeningsfase of fase van verfijnde analyse. Idealiter werkt bijvoorbeeld een verfijnd model van regionale waterbeheerders met precies dezelfde basisinformatie als de grovere analysemodellen en screeningsmodellen die onderdeel uitmaken van het Deltamodel. Voor het Deltamodel wordt die basisinformatie echter eerst opgeschaald naar grovere schematisaties die behoren bij de grovere procesbeschrijving in het instrumentarium. Het Deltamodel geeft dan vergelijkbare resultaten als de regionale modellen, maar wel minder gedetailleerde (nauwkeurige) uitkomsten. De regionale modellen kunnen worden ingezet voor verfijnde analyse bij uitwerking van gebiedsprocessen in het Deltaprogramma. Deze aanpak vermindert de discussie over de uitgangspunten in het Deltaprogramma.

Voor het bevorderen en realiseren van het gezamenlijk gebruik van basisinformatie zijn in het project Deltamodel afspraken gemaakt met regionale waterbeheerders (Ruijgh et al, 2010).



Figuur 10: Speelveld Deltamodel en consistentie

5 Kwaliteitseisen

5.1 Inleiding

Uiteindelijk is het belangrijk voor de acceptatie van het Deltamodel om te kunnen beoordelen in hoeverre de geselecteerde modellen geschikt zijn om de vragen op de verschillende niveaus van toepassing in het Deltaprogramma te kunnen beantwoorden zodat eind 2014 de Deltabeslissingen genomen kunnen worden.

Een toe te passen model moet voldoende betrouwbaar en nauwkeurig zijn voor het doel waarvoor het gebruikt wordt. Omdat binnen de verschillende niveaus (screening-analyse) de doelstellingen van het modelgebruik verschillen, is het ook redelijk om verschillende eisen aan het model te stellen. In het algemeen zal gelden dat je in de screening vooral snel een resultaat wilt hebben dat voldoende betrouwbaar en nauwkeurig is om grotere aantallen maatregelen globaal en ten opzichte van elkaar te beoordelen. In de analyse moet het resultaat betrouwbaarder en nauwkeuriger zijn, maar is het acceptabel dat daarvoor meer voorbereidings- en rekentijd nodig is.

In dit hoofdstuk zijn de kwaliteitseisen beschouwd voor de modellen van de analyse, omdat er van wordt uitgegaan dat deze modellen de informatie leveren voor de Deltabeslissingen. In een eerdere versie van het rapport (RWS, 2011) zijn ook kwaliteitseisen voor screening toegevoegd.

De kwaliteitseisen hebben betrekking op:

- de wijze waarop het model is opgebouwd en geijkt;
- de nauwkeurigheidseisen.

Dit hoofdstuk geeft een indruk van de nauwkeurigheid van de componenten binnen het Deltamodel voor wat betreft de 'reproductie' van beschikbare metingen, zoals aangetoond/geborgd in het kader van de betreffende SLA projecten. Deze kwaliteitseisen gaan niet in op het onderscheidend vermogen van deze Deltamodel componenten om de effecten van de verschillende beoogde scenario's en maatregelen te bepalen.

Deze kwaliteitseisen moeten worden gezien als een leidraad voor de verwachting ten aanzien van de ontwikkeling van de modellen en een hulpmiddel bij de beoordeling van de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het model door een deskundige. Het zijn niet per definitie criteria die bij overschrijding tot afkeuring van het model leiden, maar ze geven in dat geval uiteraard wel aanleiding kritisch de toepasbaarheid van het model te beoordelen en toch verbeteringen door te voeren.

5.2 Waterveiligheid

5.2.1 *Hydraulische en morfologische modellen*

Om de kwaliteit van een model, weergegeven in een of andere maat van betrouwbaarheid en nauwkeurigheid, vast te stellen, wordt een aantal aspecten beschouwd:

1. Welke basisgegevens zijn gebruikt voor de schematisatie (jaartal bodem; hoe actueel en nauwkeurig)?
2. Hoe is de schematisatie gemaakt (standaard methode; gedocumenteerd; Baseline)?
3. Hoe presteerde het model zonder ijking?
4. Welke stappen zijn ondernomen om het model beter te laten presteren voor historische gebeurtenissen?
5. Hoe presteert het model na ijking, voor welke gebeurtenissen en voor welke parameters?
6. Wat is de te verwachten modelfout (dus exclusief statistische fout) na extrapolatie naar extremen omstandigheden?

Aan de te gebruiken modellen in de analyse worden de volgende eisen gesteld:

1. Het hydraulisch model is opgebouwd uit basisinformatie uit de database Baseline, die representatief is voor het referentiejaar. Deze situatie is in een document beschreven (wat zit er wel en niet in aan geometrie, maatregelen, vegetatie, kunstwerken, etc).
2. Waqua-modellen zijn direct uit deze Baseline-database opgebouwd en Sobek-modellen via (1) WAQ2PROF (als het Waqua-model uit de Baseline-database is opgebouwd) of (2) direct uit Baseline bij ontbreken van een Waqua-model op basis van de Baseline informatie. De verschillende modellen moeten, voor dezelfde randvoorwaarden, goed op elkaar aansluiten. Deze modelopbouw en gekozen instellingen zijn in de modeldocumentatie beschreven.
3. Het Deltamodel zal gebruikt worden voor het doorrekenen van toekomstige situaties. De ijking- en validatieprocedure kan (uiteraard) alleen worden uitgevoerd voor een historische situatie (omdat alleen daarvoor meetgegevens beschikbaar zijn). De ijking/kalibratie zal plaats vinden voor een historische situatie (1993, 1998) en de validatie voor het Basismodel (2010). Het Referentiemodel verwijst naar de situatie in 2015 (zie ook paragraaf 2.7):
 - a. Ijking/kalibratie (1993, 1998):
In dit geval kan het opgebouwde model direct worden gebruikt voor de ijking/kalibratie. Voorwaarde is wel dat er voldoende historische gebeurtenissen zijn die passen bij de toestand. Dit betekent dat de situatie van de rivier ten tijde van de historische gebeurtenis moet passen bij de huidige situatie in termen van geometrie, vegetatie en kunstwerken. Bestaan deze historische gebeurtenissen niet, dan is een optie om een model van een oudere toestand van het watersysteem te modelleren en te ijken. De ijkingparameters worden dan overgenomen in het model van de bestaande situatie.
 - b. Validatie (Basismodel, 2010):
Net als bij de ijking zijn voor de validatie meetgegevens nodig. De veranderingen in de rivier in de periode tussen het jaar waarop de ijking is gebaseerd en het jaar voor de validatie worden opgenomen in het Basismodel (gebruik te maken van Baseline). Vervolgens kunnen de berekeningsresultaten weer worden vergeleken met de meetgegevens.
 - c. Referentiemodel (2015, na uitvoering van geplande maatregelen):
Aangezien deze situatie nu nog niet bestaat zijn er geen historische gebeurtenissen voor de ijking beschikbaar. De afregeling zal dus op basis van een model van de bestaande situatie moeten worden uitgevoerd (zie punt a.). Dit model dient uiteraard op dezelfde manier met Baseline te zijn opgebouwd als het model van de toekomstige situatie. De ijkingparameters worden vervolgens overgenomen in het model van de toekomstige situatie, waarbij van belang is, dat de ijkingparameters fysisch realistisch zijn. Dan mag namelijk worden verwacht dat het model ook voor een gewijzigde geometrie en met andere scenario's voor de randvoorwaarden goed presteert.
4. Eisen aan de ijkingresultaten, ofwel de kwaliteitscriteria voor de kalibratie. Tabel 8 geeft de kwaliteitscriteria voor de hydraulische modellen, gebaseerd op de eisen die zijn gesteld aan WTI. We gaan ervan uit dat de kwaliteitscriteria voor WTI strenger zijn dan voor het Deltamodel, en dat een model dat voldoet aan WTI dus ook voldoet voor het Deltamodel. Het is altijd nodig om het ijkingrapport te beschouwen, omdat grotere afwijkingen met goede argumentatie geaccepteerd kunnen worden.

No	Kwaliteitscriterium	Grenswaarde
Settings (randvoorwaarden en parameters)		
1	Topwaterstanden op meetstations	< 10 cm
2	Gemiddelde verschil over periode van 2 dagen rond top (afvoergolf of hoogwaterperiode) op meetstations	< 10 cm
3	Absolute verschil over top van 2 dagen (afvoergolf of hoogwaterperiode) op meetstations	< 15 cm
4	Looptijdverschil op meetstations (Rijntakken, Maas, Vecht). Hierbij moet de looptijd niet op basis van maximale waterstand, maar op basis van de gehele golftop (2 dagen rond top) worden bepaald	< 4 uur
5	Afvoerverdeling over (Rijn)takken	< 1% van totale afvoer bij splitsingspunt
6	Afvoerverdeling zomer- en winterbed (Rijntakken, Maas, Vecht). ¹⁴	<10% van totale afvoer
'Software' (concepten en programmacode)		
7	Acceptabele rekentijd per deelsysteem (vb Rijntakken, Maas, IJssel/Vecht, etc)	<3 dagen
'Schematisatie (rooster en geometrie)		
8	Aantal rekencellen in langsrichting dat maatregel beschrijft	>20
9	Verskil in waterstanden, daar waar deelmodellen elkaar overlappen	< 5 cm

Tabel 8: Kwaliteitseisen voor de hydraulische modellen

Ten aanzien van de morfologische modellen die informatie leveren ten behoeve van de bevaarbaarheid, de baggerinspanningen en kosten (bijvoorbeeld ondermijning constructies) gelden dezelfde eisen ten aanzien van de opbouw en ijkingsprocedure van de modellen (punten 1-4 hierboven). Voor de voorspelling van grootschalige en langjarige morfologische veranderingen wordt vooralsnog aangenomen dat een 1-dimensionale benadering geschikt is; nadere analyse en uitwerking van de precieze behoefte m.b.t. de morfologische modellen zal uitwijzen of deze voorlopige aanname terecht is.

De resultaten van simulaties kunnen worden gebruikt voor de bepaling van trends in de bodemligging en een schatting van de verandering van benodigd baggerwerk (gebaseerd op de geldende baggerstrategieën per watersysteem).

Tabel 9 beschrijft de kwaliteitseisen.

¹⁴ Als er metingen beschikbaar zijn over de afvoerverdeling tussen zomer- en winterbed.

No	Kwaliteitscriterium	Grenswaarde ¹⁵
Settings (randvoorwaarden en parameters)		
1	Sedimenttransport (jaartransport)	<30%
2	Voortplantingssnelheid verstoringen	<10%
3	Dwarsverhang in bochten	<20%
4	Gemiddelde bodemveranderingen	<30%
5	Minimale waterdiepte vaarbaan bij lage afvoeren	5%
6	Reproductie baggerwerk	<50%
7	Reproductie locaties met Minst Gepeilde Diepte (MGD)	
'Software' (concepten en programmacode)		
7	Acceptabele rekentijd per deelsysteem	<10 dagen
'Schematisatie (rooster en geometrie)		
8	Aantal rekencellen in langsrichting dat maatregel beschrijft	>20

Tabel 9: Kwaliteitseisen voor de morfologische modellen.

5.2.2 Sterktemodellen

Een vertaling van de functionele specificaties uit het vorige hoofdstuk in kwaliteitseisen volgt in een later stadium van het project.

5.2.3 Golfmodellen

Een vertaling van de functionele specificaties uit hoofdstuk 4 in kwaliteitseisen is gegeven in Tabel 10.

No	Kwaliteitscriterium	Grenswaarde
1	Afwijking golfhoogte t.o.v. meetwaarde	10 %
2	Afwijking golfrichting t.o.v. meetwaarde	10 graden
3	Afwijking golfperiode t.o.v. meetwaarde	10 %
4	Acceptabele rekentijd per deelsysteem	<2 dagen
5	Aantal rekenpunten per dijkkring	iedere km

Tabel 10: Kwaliteitseisen voor de golfmodellen.

5.2.4 Probabilistische modellen

Een vertaling van de functionele specificaties uit het hoofdstuk 4 in kwaliteitseisen is gegeven in Tabel 11.

¹⁵ Dit zijn voorlopige grenswaarden. Na analyse van de gewenste ontwikkeling van morfologische modellen in 2011 en 2012 zullen deze grenswaarden mogelijk worden herzien.

No	kwaliteitscriterium	Grenswaarde
Settings		
1	Acceptabele rekentijd	<1 dag
'Software' (concepten, programmacode)		
	Overschrijdingsfrequenties waterstand gebaseerd op:	
2	• beperkt aantal stochastcombinaties	< 0,2-0,3 m t.o.v. WTI2011
3	• volledige set stochastcombinaties	< 0,1 m t.o.v. WTI2011
	Hydraulische belastingniveaus ¹⁶ voor faalmechanismen golfoploop/overslag gebaseerd op:	
4	• beperkt aantal stochastcombinaties	< 0,5 m t.o.v. WTI2011
5	• volledige set stochastcombinaties	< 0,1 m t.o.v. WTI2011
6	• Aantal rekenpunten per dijkkring (waterstand)	iedere km
7	• Aantal rekenpunten per dijkkring (kruinhoogte)	500 m

Tabel 11: Kwaliteitseisen voor de probabilistische modellen voor screening en analyse.

5.3 Zoetwatervoorziening

Een vertaling van de functionele specificaties in objectieve criteria waaraan het instrumentarium kan worden getoetst is soms lastig, met name omdat eenduidige grootschalige waterbalansen beperkt beschikbaar zijn. Als benadering wordt daarom gekozen om zoveel mogelijk uitvoerparameters in de verschillende domeinen te vergelijken met metingen van een recente periode voor de huidige waterhuishoudkundige situatie. Vaak zijn dit in de praktijk eerder metingen in deelgebieden dan landsdekkende metingen. Bij de vergelijking van modeluitvoer en metingen wordt gelet op de absolute grootte, de dynamiek en de ruimtelijke verdeling van afwijkingen. Bij voorkeur wordt een andere referentieperiode gehanteerd dan de periode waarvoor het model is geijkt (validatie versus ijking).

In het kader van NHI zijn kwaliteitseisen opgesteld in nauwe samenwerking met regionale waterbeheerders en STOWA. Deze kwaliteitseisen vormen het uitgangspunt voor de kwaliteitseisen voor het Deltamodel. Daarbij nemen we aan dat de kwaliteitseisen voor het Deltamodel gelijk zijn, en in ieder geval niet strenger zijn dan (andere eisen) voor het NHI.

No.	Indicator	Analyse
1	Oppervlaktewater: waterverdeling in de hoofdkranen	In 80% van de meetpunten max 25% afwijking in basisafvoer, pieken/dalen en dynamiek. Timing van pieken/dalen max 2 decaden verschoven
2	Oppervlaktewater: regionale watervraag per waterverdelingspunt en doorvoerpunt	In 80% van het areaal van zoetwaterregio's: max 25% afwijking voor aanvoer en max 10% afwijking voor afvoer (basisafvoer, pieken en dalen, dynamiek). Timing van pieken/dalen, schakelen aan- en afvoer: maximale verschuiving van 2 decaden
3	Grondwater: GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand)	In 80% areaal districten: max 20 en 35 cm in resp. peilbeheerst en vrij afwaterend. in sterk hellend gebied grotere afwijkingen (50 cm).

¹⁶ Het gaat hier om het hydraulisch belastingniveau in m+NAP inclusief belasting en niet over de golfbelasting zelf in l/s/m.

No.	Indicator	Analyse
		Afwijking mediaan < 10 cm
4	Grondwater: GLG (Gemiddeld laagste grondwaterstand)	In 80% areaal districten: max 30 en 50 cm in resp. peilbeheerst en vrij afwaterend, in sterk hellend tot 100 cm. Dynamiek 25% afwijking
5	Grondwater: dynamiek feitsche grondwaterstand	In 80% areaal districten: - max 25% afwijking in amplitude uitzakking; - kruisvariantie tussen meting en berekening periode voorafgaand aan het dal min. 0.7. - maximaal 14 dagen afwijking timing dal.
6	Grondwater: diepe grondwaterstanden	In 80% areaal districten: 1 ^e wvp 50 cm afwijking, overige 100cm, m.u.v. sterk hellend gebied. Per modellaag mediaan max 10 cm afwijking.
7	Grondwater: netto uitwisseling grond- en oppervlaktewater	In 80% van het areaal zoetwaterregio's: max 25% afwijking in basisafvoer, pieken/dalen en dynamiek. Timing van pieken/dalen max 2 decaden verschoven.
8	Onverzadigde zone: Berekening	Berekening in 80% regio's (zoetwater of LEI): max 20% afwijking met literatuur. De verhouding tussen de hoogste en laagste jaarsom heeft per regio een maximale afwijking van 25 % op basis van LEI-gegevens.
9	Oppervlaktewater: chloride-concentraties, idem indien beschikbaar voor grondwater	In 80% van metingen: Max 40% afwijking (bij meting 150 – 500 mg), bij lagere bereik groter toegestane afwijking (50%), richting hogere bereik (vb 10.000 mg) kleinere afwijkingen (10-15 %) . Adequate modellering rond de innamepunten is extra belangrijk
10	Onverzadigde zone evapotranspiratie	In 80% van de meetpunten: maandelijkse verdamping groeiseizoen max 25 % afwijking. Gemiddelde afwijking NL maximaal 5 % per jaar. Landelijke patronen vergelijkbaar met landelijke satelliet-beelden. In 80% zoetwaterregio's: max 25% afwijking per maand in zomerhalfjaar.

Tabel 12: Kwaliteitseisen voor de modellen voor de zoetwatervoorziening.

No	kwaliteitscriterium	Grenswaarde
	'Software' (concepten en programmacode)	
1	Rekentijd (referentie > 8 jaar ¹⁷)	<5 dagen

Tabel 13: Aanvullende kwaliteitseisen voor de modellen voor de zoetwatervoorziening.

¹⁷ In deelprogramma's is gewenst om met NHI ook lange referentieperiodes van bijv. 30 jaar te kunnen doorrekenen. In de praktijk kunnen ook korter periodes worden doorgerekend, waarbij de rekentijd aanzienlijk kleiner zal zijn dan genoemd.

6 Workflows in Rekenfaciliteit Deltamodel

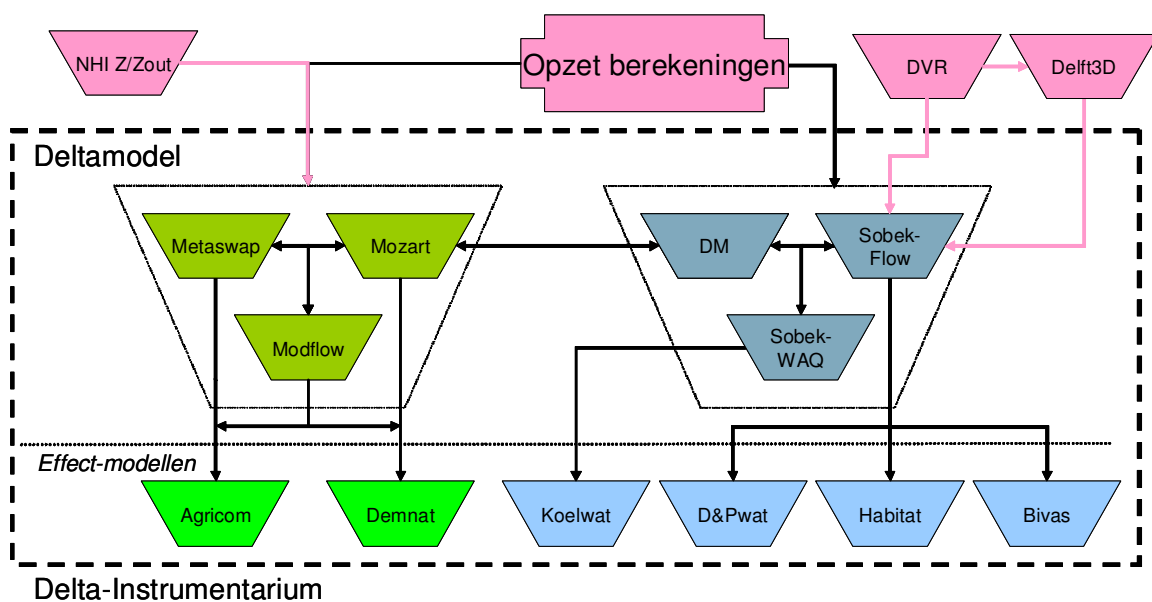
Ten behoeve van de berekeningen met het Deltamodel wordt in de Rekenfaciliteit Deltamodel onderscheid gemaakt in verschillende 'workflows' voor de verschillende Deelprogramma's. Deze workflows bestaan uit een opeenvolging van verschillende modellen. Sommige modellen worden maar in een specifiek Deelprogramma gebruikt, en andere modellen komen in meerdere Deelprogramma's terug.

Aangezien het Deltamodel na oplevering vooral wordt ingezet voor de analyse van Kansrijke Strategieën en Voorkeursstrategieën (zie paragraaf 2.8) zijn in de Rekenfaciliteit alleen de modellen voor 'analyse' opgenomen. De beschikbare instrumenten voor 'screening' kunnen aanvullend worden gebruikt, buiten de rekenfaciliteit.

Onderstaande paragrafen beschrijven de workflows voor de verschillende Deelprogramma's. Bij de berekeningen van de effecten van maatregelen zal het niet altijd noodzakelijk zijn om de volledige workflow uit te voeren; in sommige gevallen (afhankelijk van de maatregel) volstaat het om een deel van de workflow door te rekenen.

6.1 DP Zoetwater

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.11 geeft een overzicht van de modellen die binnen DP-Zoetwater worden gebruikt, en hun onderlinge relaties. Onderstaande paragrafen beschrijven deze modellen en hun relaties nader.



Figuur 11. Modellen en onderlinge relaties binnen DP-Zoetwater

6.1.1 NHI-2.2 / NHI-3.0

Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium NHI vormt de basis voor de berekeningen binnen DP-Zoetwater. NHI bestaat uit de combinatie van Metaswap (onverzadigde zone), Mozart (oppervlaktewater in districten) en Modflow (grondwater) en het Distributiemodel (oppervlaktewater in het netwerk, zie verder paragraaf 6.1.2). Oktober 2011 is NHI-versie 2.2 opgeleverd. Deze versie-2.2 zal eerst worden opgenomen in de Rekenfaciliteit en vervolgens worden vervangen door NHI-3.0 in Deltamodel versie 1.0.

Het verschil tussen NHI-2.2 en NHI-3.0 zit (hoofdzakelijk) in a) verbeterde schematisatie voor het grondwater, regionale oppervlaktewater en de onverzadigde zone, b) de koppeling van het grondwatermodel aan het oppervlaktewatermodel voor het waterverdelingsnetwerk (zie volgende paragraaf), en c) de aanpassing van de workflow (met name de organisatie van de invoerfiles). De aanpassingen in de schematisatie parameters vinden plaats in nauw overleg met de regionale waterbeheerders.

Voor de invoer van NHI ten aanzien van de zout concentraties in de ondergrond wordt gebruik gemaakt van een speciale versie NHI-zoet/zout. Deze versie zal geen onderdeel vormen van de Rekenfaciliteit Deltamodel, maar kan – waar gewenst – off-line van de Rekenfaciliteit worden toegepast, zodat de juiste randvoorwaarden kunnen worden aangemaakt. In de toekomst zou desgewenst op vergelijkbare wijze ook het in ontwikkeling zijnde NHI-waterkwaliteit off-line kunnen worden toegepast.

6.1.2 *DM/Sobek LSM-1.0*

De waterverdeling in Nederland wordt in NHI-2.2 berekend met het Distributiemodel DM. Vanaf NHI-3.0 is het de bedoeling om te gaan werken met een combinatie van het Distributiemodel en het Landelijk Sobek Model LSM (versie 1.0). De ontwikkeling van LSM vindt plaats in het kader van de ontwikkeling van het Deltamodel. In LSM-1.0 combineren we de (bestaande) modellen van RWS voor het hoofdwatersysteem met de (bestaande) modellen van de regionale waterbeheerders voor de regionale delen van het waterverdelingsnetwerk. Zo ontstaat er één Sobek-schematisatie voor heel Nederland, gebaseerd op de beschikbare regionale informatie, in dezelfde versie van Sobek (2.12), die via de Rekenfaciliteit Deltamodel beschikbaar wordt gesteld. De Rekenfaciliteit verzorgt ook de koppeling tussen LSM en effectmodules voor Drink- en Proceswater, Koelwater, Aquatische natuur (Habitat) en Scheepvaart (BIVAS).

Voor het hoofdwatersysteem is RWS voornemens om vanaf 2013 de (nieuwe generatie) Sobek-modellen af te leiden van de (bestaande) Waqua modellen, zodat deze modellen onderling consistent zijn. Deze Sobek-modellen zijn nog niet beschikbaar in Deltamodel 1.0, maar desgewenst kan in latere releases van het Deltamodel Sobek-3.0 voor het hoofdwatersysteem en Sobek-2.12 (of 2.13) voor de rest van het waterverdelingsnetwerk worden geïmplementeerd.

Voor morfologie kan de langjarige ontwikkeling van de bodemligging (als gevolg van morfologische rivierprocessen) met het DVR-instrumentarium worden doorgerkend. Daarnaast kan – met name voor de RijnMaasMonding – de zoutindringing met Delft3D worden gesimuleerd. Deze twee instrumentaria vormen geen onderdeel van de Rekenfaciliteit Deltamodel, maar kunnen – waar gewenst – off-line van de Rekenfaciliteit worden toegepast, zodat de juiste randvoorwaarden kunnen worden aangemaakt voor de berekeningen met Sobek.

6.1.3 *Agricom*

De effecten van de beschikbaarheid van water voor de landbouw worden gesimuleerd met Agricom. Agricom maakt daarvoor gebruik van de resultaten van NHI. In het project Deltamodel is uitsluitend voorzien in een koppeling van Agricom met het NHI, binnen de rekenfaciliteit. Indien in de toekomst ontwikkelingen van effectmodules voor de landbouw worden gerealiseerd, kan de koppeling hier zonodig voor worden aangepast.

6.1.4 *Demnat-3.0*

Voor de simulatie van de effecten van maatregelen op de terrestrische natuur gebruikt DP-Zoetwater de module Demnat. Demnat maakt daarvoor gebruik van de resultaten van NHI. Vergelijkbaar met het effectmodel landbouw is alleen voorzien in de koppeling van het NHI met het effectmodel, en kunnen de koppelingen waar nodig in de toekomst worden aangepast.

6.1.5 *Koelwater*

Voor de effectmodule Koelwater is eind 2011 functionaliteit opgenomen in de Rekenfaciliteit om de overschrijding van een specifieke oppervlaktewater-temperatuur vast te stellen. Het gaat dan om het aantal keer dat deze temperatuur wordt overschreden en het aantal dagen per keer.

De temperatuur van het oppervlaktewater is tot nu toe berekend met Sobek-WAQ, maar deze modellering zal in Deltamodel 1.0 zijn gemigreerd naar het LSM (Landelijk Sobek Model), en worden opgenomen in de Rekenfaciliteit Deltamodel, en doorgegeven aan de effectmodule Koelwater.

6.1.6 *Drink- en proceswater*

Voor de effectmodule Drink- en proceswater is de functionaliteit opgenomen in de Rekenfaciliteit om de overschrijding van een specifieke chloride concentratie in het oppervlaktewater vast te stellen. Het gaat dan om het aantal keer dat deze concentratie wordt overschreden en het aantal dagen per keer.

De chloride concentratie wordt in Deltamodel 1.0 berekend door DM/Sobek. Binnen de Rekenfaciliteit worden de resultaten daarvan worden doorgegeven aan de effectmodule Drink- en proceswater.

6.1.7 *Habitat*

Voor de simulatie van de effecten van maatregelen op de aquatische natuur is binnen de Rekenfaciliteit voor DP-Zoetwater de module Habitat beschikbaar. Habitat gebruikt de resultaten van Sobek als invoer. Momenteel wordt gewerkt aan een update van de Habitat-module (in een ander kader). Naar verwachting zal deze nieuwe versie van Habitat in de nabije toekomst worden opgenomen in de Rekenfaciliteit van Deltamodel 1.0.

6.1.8 *BIVAS*

In de rekenfaciliteit is het model BIVAS opgenomen voor analyse van de scheepvaart. In mei 2012 is een nieuwe versie worden opgeleverd, die wordt opgenomen in de Rekenfaciliteit Deltamodel. In de Rekenfaciliteit maakt BIVAS gebruik van de berekeningsresultaten van Sobek (LSM), als invoer voor BIVAS.

6.2 DP Rivieren

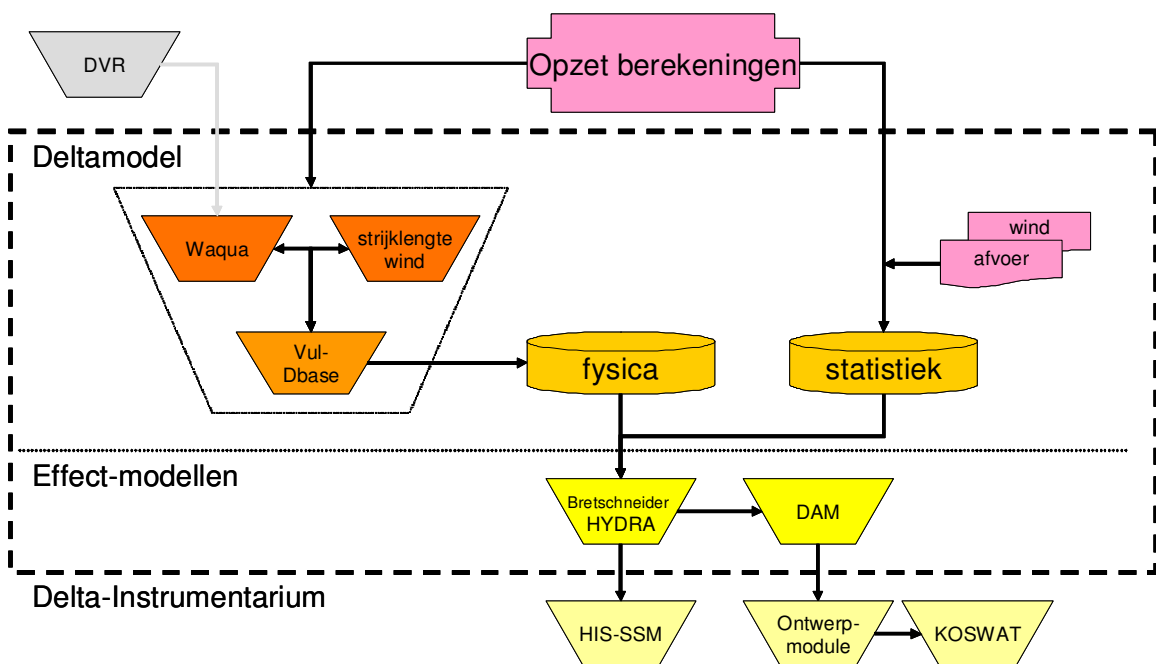
Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.12 geeft een overzicht van de modellen die binnen DP-Rivieren worden gebruikt, en hun onderlinge relaties. Onderstaande paragrafen beschrijven deze modellen en hun relaties nader.

6.2.1 Waqua modellen Rijntakken en Maas

DP-Rivieren voert de berekeningen uit met Waqua. Binnen de Rekenfaciliteit zal het mogelijk zijn om de berekeningen met Waqua uit te voeren voor de Maas en de verschillende Rijntakken.

De berekeningen die dan kunnen worden uitgevoerd zijn gebaseerd op een permanentie (constante afvoer) bij Lobith en een afvoergolf voor de Maas. Deze afvoeren corresponderen met de maatgevende afvoeren voor deze locaties. Volgens de aanbeveling van Geerse en Duits (2012) worden voor de beleidsanalyse in het Deltaprogramma 9 sommen met verschillende afvoeren gemaakt (met elk een andere herhalingsstijd).

De modellen voor de Referentiesituatie 2015 zullen de situatie beschrijven na uitvoering van de verschillende projecten binnen Ruimte voor de Rivier en Maaswerken. De bodemligging kan eventueel op basis van morfologische berekeningen met het DVR-instrumentarium (buiten het Deltamodel om) worden aangepast.



Figuur 12. Modellen en onderlinge relaties binnen DP-Rivieren

6.2.2 Bretschneider

Waqua berekent de waterstanden in de rivieren (op basis van de afvoer), en het effect van wind op golven in de riviertakken kan worden berekend met Bretschneider (op basis van de strijklengte en bodemniveau). We beschouwen Bretschneider (en SWAN) samen met (Sobek en) Waqua als de 'productie omgeving fysica'. Echter, in de praktijk is Bretschneider ook ingebouwd in Hydra-Zoet (zie onder). Uit praktische overwegingen zal vooralsnog gebruik gemaakt worden van Bretschneider binnen Hydra-Zoet. Dit betekent dat in de database-fysica voor DP-Rivieren geen golf-informatie (de uitvoer van Bretschneider) wordt opgenomen, maar informatie over het bodemniveau en de strijklengte (de invoer van Bretschneider).

Op termijn lijkt het transparanter om Bretschneider uit Hydra-Zoet te verplaatsen naar de productie-omgeving fysica, en – net als bij gebruik van SWAN – golf-informatie op te nemen in de database fysica.

We merken overigens op dat in de Deltascenario's geen aannamen worden gedaan over aanpassingen in de windvelden, en daarmee dus ook geen veranderingen zullen optreden in de berekeningsresultaten voor de golven. Informatie over de kans op een bepaalde windsterkte en windrichting zal opgenomen worden in de database statistiek, samen met informatie over de kans op een bepaalde afvoer.

6.2.3 *Vuldatabase*

De functionaliteit van "vuldatabase" bestaat uit het genereren van de database fysica op basis van de berekeningen met Waqua. De informatie in de database fysica bestaat uit de maximale waterstand per lokatie.

6.2.4 *Hydra-Zoet*

Hydra-Zoet combineert de database fysica (met informatie over de maximale waterstand, het windveld en de strijklengte per lokatie) met de database statistiek (met informatie over de gerelateerde kansen) en bepaalt daarmee het hydraulische belasting niveau (HBN) per lokatie. Zoals hierboven vermeld, bevat Hydra-Zoet ook functionaliteit om de golfhoogte te berekenen op basis van Bretschneider. Hydra-Zoet geeft de benodigde informatie over de *overschrijdingskansen* (van waterstanden).

Met Hydra-Zoet kan een aantal faalmechanismen worden doorgerekend, zoals overloop en overslag. Deze faalmechanismen hebben betrekking op de belasting van de dijken, en geven daarmee invulling aan de *overbelastingskansen*.

6.2.5 *DAM*

Net als in Hydra-Zoet bevat ook de Dijksterkte Analyse Module DAM enkele faalmechanismen die de sterkte van de dijk (kering) bepalen, en dan meer specifiek faalmechanismen die samenhangen met de geologische ondergrond van de dijk (zoals piping en macro-stabiliteit).

6.2.6 *Post-processing Waqua*

De Waqua resultaten worden gebruikt in de Blokkendoos van DP-Rivieren. Aangezien deze Blokkendoos onderdeel is van het Deltaportaal, zal (vooral t.b.v. screening) in de Rekenfaciliteit een functionaliteit worden opgenomen om de Waqua resultaten, met de benodigde post-processing, te exporteren naar de Blokkendoos.

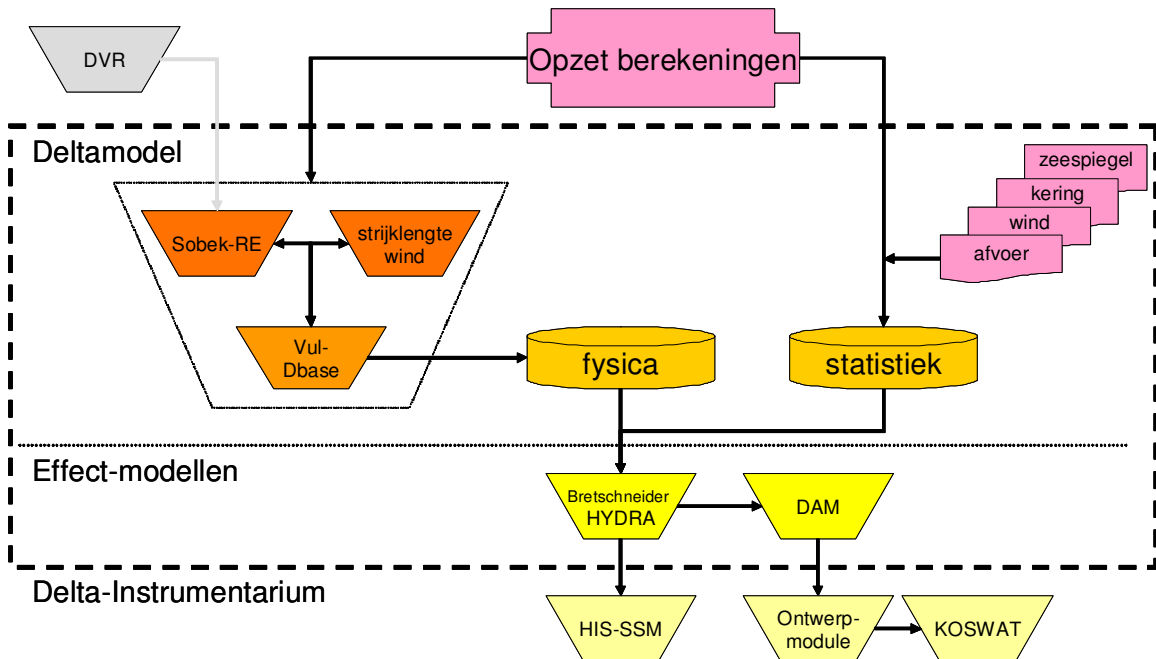
6.2.7 *Export naar HIS-SSM en Koswat*

Waar Waqua (en Bretschneider) (samen met Hydra-Zoet) de 'belasting' berekenen, en (Hydra-Zoet en) DAM de 'sterkte', kunnen de 'gevolgen' van een overstroming worden berekend met HIS-SSM. HIS-SSM maakt (nog) geen onderdeel uit van de Rekenfaciliteit van Deltamodel 1.0. Wel wordt in de Rekenfaciliteit de benodigde informatie geëxporteerd in de vorm van files voor HIS-SSM. In toekomstige releases zou de Rekenfaciliteit Deltamodel eventueel kunnen worden uitgebreid met HIS-SSM (of een equivalent instrumentarium).

De effectmodule Koswat berekent (op basis van de resultaten van DAM) de kosten voor het aanpassen van de dijken tot op het norm-niveau. Ook deze module maakt geen onderdeel van de Rekenfaciliteit Deltamodel, maar ook hier faciliteert de Rekenfaciliteit door de benodigde informatie voor Koswat wel te exporteren.

6.3 DP Rijnmond/Drechtsteden (DP-RD)

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.13 geeft een overzicht van de modellen die binnen DP-RD worden gebruikt, en hun onderlinge relaties. Onderstaande paragrafen beschrijven deze modellen en hun relaties nader.



Figuur 13. Modellen en onderlinge relaties binnen DP-RD

6.3.1

Sobek-RE

DP-RD gebruikt voor de hydraulische berekeningen een Sobek-model. Het betreft voornamelijk het Sobek-RE model zoals ook gebruikt is voor HR-2011, met daaraan toegevoegd de maatregelen zoals worden uitgevoerd voor Ruimte voor de Rivier. Bovendien zal naar verwachting nog een aanpassing aan de bodem worden geïmplementeerd.

Met het Sobek model zullen berekeningen worden uitgevoerd voor 108 verschillende situaties. Deze 108 berekeningen bestaan uit een combinatie van 9 verschillende afvoeren van de Rijn en Maas, 6 verschillende zeespiegels cq. windvelden en het al dan niet falen van de Europoortkering. Voor meer informatie verwijzen we naar een recent rapport van HKV (Geerse en Duits, 2012).

De bodemligging in Rijnmond-Drechtsteden (meer precies de ligging van het zomerbed) zal naar verwachting in de periode tot 2100 sterk veranderen als gevolg van de effecten van het sluiten van het Haringvliet (zie Sloff et al., 2011). Dit betekent dat de bodem in 2050 en 2100 (bij ongewijzigd baggerbeleid) aangepast moet worden. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt (buiten de Rekenfaciliteit van het Deltamodel om) van het DVR-instrumentarium.

Ook maatregelen in het gebied kunnen effecten hebben op de morfologische ontwikkelingen, en ook deze effecten kunnen (buiten de Rekenfaciliteit van het Deltamodel om) berekend worden met het DVR-instrumentarium.

In 2013 is het de bedoeling om dit Sobek-RE model te vervangen door een 5^{de} generatie Sobek model, afgeleid van Waqua en gebaseerd op de informatie in Baseline. Dit 5^{de}

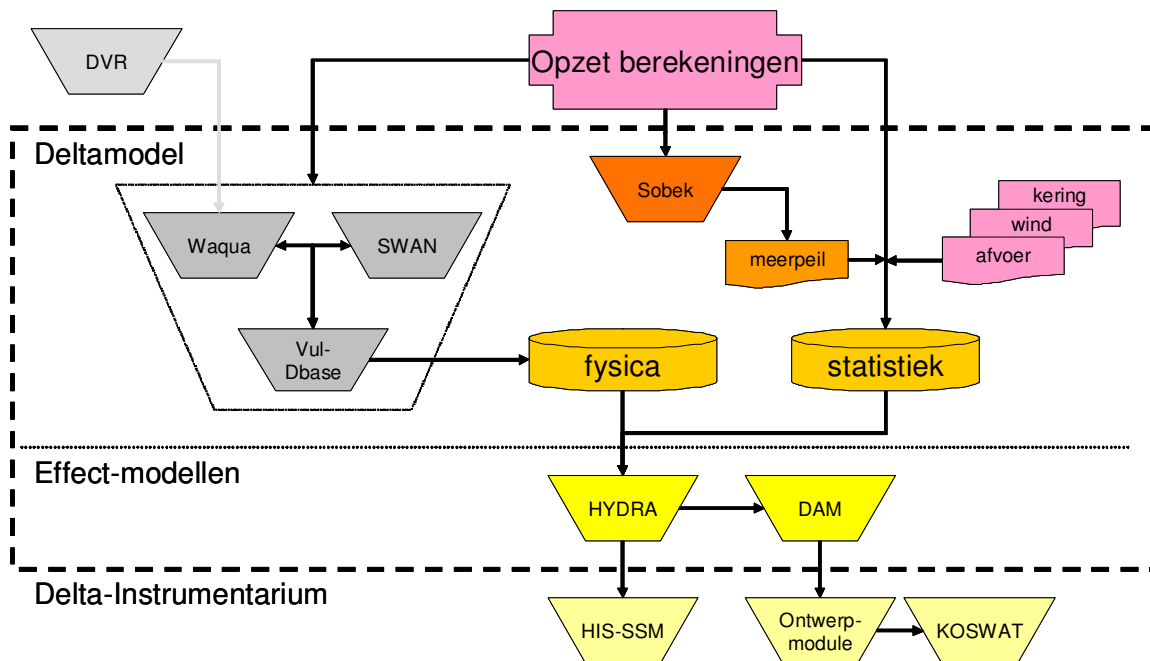
generatie Sobek model is niet langer een toepassing van Sobek-RE maar van een nieuwe versie van Sobek (Sobek-DeltaShell, of Sobek-3.0).

6.3.2 *Overige modellen*

De overige modellen die gebruikt worden voor DP-RD (Hydra-Zoet, DAM, en de export naar HIS-SSM en Koswat), worden ook gebruikt voor DP-Rivieren. Daarom verwijzen we hier naar de beschrijving bij DP-Rivieren.

6.4 DP IJsselmeer

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.14 geeft een overzicht van de modellen die binnen DP-IJsselmeer worden gebruikt, en hun onderlinge relaties. Onderstaande paragrafen beschrijven deze modellen en hun relaties nader.



Figuur 14. Modellen en onderlinge relaties binnen DP-IJsselmeer

6.4.1

Waqua

Voor het IJsselmeergebied worden voor de hydraulische berekeningen ten behoeve van de veiligheid zowel Waqua als Sobek gebruikt. Het Waqua model wordt gebruikt om de database fysica te vullen; Sobek wordt gebruikt om de meerpeilstatistiek te bepalen (voor een nadere toelichting zie de volgende paragrafen).

Het IJsselmeer is voor de berekeningen met Waqua onderverdeeld in verschillende deelgebieden, namelijk het Markermeer, het IJsselmeer en de IJssel-Vecht delta. Deze Waqua modellen voor de Referentie 2015 komen overeen met de '5^{de}-generatie modellen' die worden gebruikt voor HR-2011. De Waqua modellen worden toegepast voor een groot aantal combinaties van verschillende stochasten (windrichting, windkracht, afvoer IJssel, meerpeil, functioneren stormvloedkering Ramspol). Volgens de aanbeveling van Geerse en Duits (2012) worden voor de beleidsanalyse in het Deltaprogramma 300 sommen voor het IJsselmeer, 180 sommen voor het Markermeer en 1025 sommen voor de IJssel-Vecht delta gemaakt.

Voor de referentie-situatie wordt vanwege praktische overwegingen de bestaande database fysica vanuit HR2011 direct ingelezen in de Rekenfaciliteit Deltamodel. We sluiten dan aan op de bestaande informatie en maximale nauwkeurigheid. In een later stadium zou dan alsnog kunnen worden overwogen om de productieomgeving voor Waqua (en SWAN) op te nemen in de Rekenfaciliteit Deltamodel. Daarbij wordt opgemerkt dat deze grote hoeveelheid sommen (uiteraard) wel een zeer significante rekeninspanning vraagt. Voor maatregelen dient (per type maatregel) te worden overwogen of dit leidt tot een eventuele aanpassing van de gebruikte database. Voor nadere informatie hierover wordt verwezen naar de handreiking Deltamodel (in prep).

6.4.2 SWAN

De berekening met SWAN is gericht op de berekening van de golven in het IJsselmeer (en Markermeer en IJssel-Vecht delta). De effecten van de golven worden gesuperponeerd op de waterstand zoals berekend met Waqua en dan opgenomen in de database fysica.

Omdat deze informatie dus een onderdeel vormt van de database fysica, wordt dezelfde procedure gevolgd als bij Waqua.

6.4.3 DVR

In figuur 14 is voor de volledigheid ook DVR genoemd, als het instrumentarium dat (buiten de Rekenfaciliteit van het Deltamodel om) de morfologische ontwikkelingen zou kunnen doorrekenen (als input voor productieberekeningen met Waqua en SWAN). Er zijn echter momenteel geen omstandigheden bekend die het noodzakelijk maken om dergelijke morfologische berekeningen voor het IJsselmeergebied uit te voeren.

6.4.4 Sobek

De 'meerpeilstatistiek' wordt afgeleid van (meerjarige) berekeningen met Sobek voor het volledige IJsselmeergebied, op basis van de afvoer van de IJssel, de afvoer van water richting de Waddenzee (*spuibeleid*; streefpeil gedurende het jaar, en *spuicapaciteit*; doorstroomopening bij vrij verval en/of pompcapaciteit) en de uitwisseling met de gebieden rondom het IJsselmeer. De maatregelen die nu worden voorzien binnen DP-IJsselmeer hebben direct invloed op deze meerpeilstatistiek, en de Rekenfaciliteit Deltamodel zal dus moeten voorzien in de mogelijkheid om deze meerpeilstatistiek te bepalen.

Hiervoor maakt de Rekenfaciliteit Deltamodel voor DP-IJsselmeer gebruik van het Landelijk Sobek Model (LSM) zoals ook binnen het Deelprogramma Zoetwater wordt toegepast, met als aantekening dat voor DP-IJsselmeer wind belangrijk is (en voor DP-ZW niet). De resultaten van deze Sobek-berekening vormen de invoer voor een statistische analyse die leidt tot de benodigde meerpeilstatistiek. Samen met statistische informatie over wind (kracht en richting), afvoer van de IJssel, buitenwaterstand en het functioneren van de Ramspol-kering vormt de meerpeilstatistiek de 'database statistiek'.

6.4.5 Overige modellen

De overige modellen die gebruikt worden voor DP-RD (Hydra-Zoet, DAM, en de export naar HIS-SSM en Koswat), worden ook gebruikt voor DP-Rivieren. Daarom verwijzen we hier naar de beschrijving bij DP-Rivieren.

6.5 DP Zuidwestelijke Delta

DP-Zuidwestelijke Delta maakt gebruik van de berekeningsresultaten van DP-Rijnmond Drechtsteden voor wat betreft de veiligheid en van de berekeningsresultaten van DP-Zoetwater voor wat betreft de waterverdeling. In de Rekenfaciliteit Deltamodel zullen we voor DP-Zuidwestelijke Delta daarom aandacht besteden aan de presentatie van deze berekeningsresultaten. Eventuele aanvullende berekeningen voor DP-ZWD zullen worden gemaakt met de modellen zoals zijn geïmplementeerd voor DP-RD en DP-ZW.

6.6 DP Veiligheid

DP Veiligheid maakt gebruik van de workflows voor de veiligheidsmodellen beschreven bij DP Rivieren, DP Rijnmond/Drechtsteden en DP IJsselmeer. Daarom verwijzen we hier naar de beschrijvingen van deze deelprogramma's.

7 Geraadpleegde literatuur

- Bruggeman, Haasnoot, Hommes, te Linde, van der Brugge, Rijken, Dammers, van den Born (2011). Deltascenario's. Omgevingsscenario's voor probleemanalyse en strategieverkenning in het Deltaprogramma 2011-2012. Deltares en PBL, 2011.
- Bruggeman, Te Linde, et al (in prep). Update Deltascenario's. Deltares, KNMI, PBL, CPB en LEI.
- Deltacommissaris, 2010. Werk aan de delta. Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen. September 2010.
- Deltares & RWS Waterdienst, Service Level Agreement Modelinstrumentarium Deltares RWS Waterdienst, 2011.
- Dijkman, Van der Doef, Jeuken, Stoutjesdijk, Weiler (2010). Achtergronddocument Maatregelen, een eerste verkenning van verwachte maatregelen binnen het Deltaprogramma, 1202134-001, Deltares. Juni 2010.
- Geerse en Duits (2012). Sommensets Deltamodel. Bepalen van de ideale sets van sommen per watersysteem. Concept. HKV PR2327
- Haasnoot, Van der Brugge, Te Linde, Bruggeman, Hommes, Van Duinen (2010). Plan van aanpak en contouren, scenario's voor het Deltamodel, 1202134-001. Deltares. Juni 2010.
- Hendriks (2010). Achtergronddocument gebruikersschil. Deltares, 2010
- Hendriks (2011). Functioneel ontwerp Deltaportaal. Deltares, 2011
- De Jonge, Slootjes, Rozier, van den Bergh en Bruggers (2012). Specificaties Deltaportaal, Deltares en Waterdienst, versie 0.1. Maart 2012.
- Kroekenstoel (2010). Scenario's Uitgangspunten en Modellen Deltaprogramma Rivieren, conceptversie 10. 25 november 2010.
- Kramer, Geerse, Rocoe, Diermanse (2011). Veiligheidsmodellen voor het Deltamodel in de Oosterschelde. Deltares 2011.
- Kroon (2010-a). Conceptmemo Specificatie Deltamodel 0.1. RWS Waterdienst. September 2010.
- Kroon (2010-b). Memo Kwaliteitscriteria voor het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. RWS Waterdienst. Juni 2010.
- Kroon (2010-c). Het Deltamodel en NHI inzicht in de concept plannen. RWS Waterdienst. April 2010.
- Kroon, De Bake, Eulen, van Walsem (2010). Deltamodel rekenkern visievorming. RWS Waterdienst. Januari 2010.
- De Leeuw, Stoutjesdijk, De Bake, Slomp (2010). Waterveiligheid in het Deltamodel. RWS Waterdienst en Deltares. Juni 2010.
- Deltares (2010). Werkplan Deltamodel. Juni 2010.
- Deltares (2012). Werkplan Deltamodel (geactualiseerd). April 2012.

- Marchand (2010). Beoordelingskader Deltamodel Achtergrondrapport, 1202134-000. Deltares. Juni 2010.
- Rijkswaterstaat (2009a). Beheer en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW) 2010-2015.
- Rijkswaterstaat (2009b). Projectplan Deltamodel. De kennisbasis voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening. September 2009.
- Ruijgh en Dijkman (2010). Werkplan Deltamodel, Deltares. Juni 2010.
- Ruijgh (2010-a). Achtergronddocument Rekenkern, Deltamodel, 1202134-001. Deltares. Juni 2010.
- Ruijgh (2010-b). Deltamodel 2010. Deelrapport 6a. Modelschematisaties oppervlaktewater. Deltares, 2010.
- Ruijgh, de Lange en Veldhuizen. Deltamodel 2010. Deelrapport 8. Koppeling regionale modellen. Deltares, 2010.
- Ruijgh en van der Kolf (2011). Actualisatie Werkplan Deltamodel, feb 2011.
- Ruijgh (2011). Concept memo Samenhangend Instrumentarium, mrt 2011.
- Sloff, Yossef en Van der Mark (2011). Deltaprogramma Rivieren morfologie en scheepvaart. Bepalen opgave 2100. Deltares 2011. 1203442.
- Slootjes, De Waal (2010). Memo Uitgangspunten en randvoorwaarden berekeningen waterveiligheid – keuzenotitie, PR1997.10. HKV LUN IN WATER en Deltares. September 2010.
- Vos (2010). Inventarisatie van modelinstrumentarium voor het berekenen van effect van klimaatverandering op de MHW's, golfbelasting en kruinhoogtes op de Oosterschelde, vs 0.2. Oktober 2010.
- De Waal (2010). Rekenkern Delta Model, Definitiestudie effectmodellen waterveiligheid, rapport 1202134-016. Deltares, 2010.
- Walker en Haasnoot. White Paper uncertainty analysis and Decision-making under Uncertainty with the Deltamodel. Deltares 2011.
- Van Walsem (2010-a). Conceptmemo Acceptatiecriteria calibratie en verificatie hydraulische modellen Vijfde Generatie.
- Van Walsem (2010-b). Consistentie in het Deltamodel. RWS Waterdienst.
- Van Walsem (2010-c). (presentatie) Vergelijking UGP Deelprogramma Rivieren en UGP Deelprogramma Rijnmond Drechtsteden + Verkenning "witte plekken" Deltamodel. RWS Waterdienst. November 2010.
- Van Waveren en De Jong (2010), interne notitie afwegingen Deltaprogramma, RWS Waterdienst.
- Van Waveren en van Alphen, (concept) Handreiking voor de analyse van knelpunten en kansen en de strategieontwikkeling voor het Deltaprogramma, maart 2011.