



Rapport inventarisatie modelinstrumentarium





Rapport inventarisatie modelinstrumentarium

Auteur
Nander Wever ¹⁾



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

1) KNMI

KvK rapportnummer
ISBN

KvK 015/09
978-94-90070-13-7

Dit project (KKF-01 Modelplatform - Future Weather Phase 1) is uitgevoerd in het kader van het nationaal onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat. Dit onderzoekprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van VROM.

Disclaimer

De voorliggende verkenning maakt deel uit van een reeks verkenningen naar de *State of Art* voor een aantal belangrijke adaptatie thema's die ter voorbereiding op de daadwerkelijke start van het nationaal onderzoeksprogramma *Kennis voor Klimaat* op verzoek van de directie van *Kennis voor Klimaat* is uitgevoerd. Het betreffen verkenningen op zowel natuurwetenschappelijke en technische als sociaal wetenschappelijke onderwerpen. Doel van de verkenningen was om na te gaan welke kennis beschikbaar is voor het betreffende adaptatie thema en welke kennisleemtes er zijn. De *State of Art* overzichten zijn niet alleen bedoeld als advies aan de directie en programmaraad van *Kennis voor Klimaat* m.b.t. de inhoudelijke afbakening van het onderzoeksprogramma, maar ook als achtergrond informatie over een aantal belangrijke adaptatie thema's voor een brede doelgroep. *Kennis voor Klimaat* stelt daarom de *State of Art* verkenningen via haar website www.kennisvoorklimaat.nl vrij beschikbaar, maar de inhoud van de verkenning valt onder verantwoordelijkheid van de auteurs die ook zelf de review van de verkenningen hebben georganiseerd door een concept aan een groep van wetenschappers, experts en betrokkenen voor te leggen.

Copyright @ 2009

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.



Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	7
2.	Landgebruik	9
2.1	CLUE	9
2.2	Ruimtescanner.....	10
3.	Economische modellen.....	11
3.1	RAEM.....	11
3.2	Kosten/batenanalyse	12
4.	Klimaat- en weermodellen	13
4.1	RCMs - RACMO	13
4.2	GCM – EC-Earth.....	15
4.3	WAMMS – Wageningen Mesoscale Modelling System	16
5.	Luchtkwaliteitsmodellen.....	17
5.1	LOTOS-EUROS.....	17
6.	Hydrologische modellen (Rivieren en Noordzee).....	19
6.1	Rijn/Maas-faciliteit: DELFT-FEWS systeem waarin opgenomen zijn het HBV-model (SMHI) gecombineerd met SOBEK (Deltares).....	19
6.2	RHINEFLOW-MEUSEFLOW Instrumentarium.....	20
6.3	Delft-FEWS – Deltares operationele modelleeromgeving.....	21
6.4	Delft3D	22
7.	Hydrologische modellen (Bodem en oppervlaktwater).....	23
7.1	NHI.....	23
7.2	SOBEK.....	24
8.	Ecologische modellen.....	25
8.1	SUMO-LARCH-METAPHOR.....	25
8.2	ITORS/ICHORS.....	26
8.3	HABITAT, ruimtelijke analyse instrument voor ecologische effect studies	27
8.4	DEMNET (Deltares, RIVM).....	28
9.	Conclusies	29
9.1	Discussie	30
9.2	Nagekomen opmerkingen.....	31





1. Inleiding

Het Kennis voor Klimaat (KvK) programma is gestart in 2008 en loopt tot 2013. Het programma richt zich op adaptatiestrategieën voor Nederland. Daartoe zijn een aantal hotspots gedefinieerd. Dit zijn locaties in Nederland die als proeftuin dienen voor adaptatiestrategieën die later in de rest van Nederland kunnen worden toegepast. Om dat laatste te realiseren, wordt binnen KvK ook aan de bijdrage aan de Nationale Adaptatie Strategie gewerkt, om algemene kennis met betrekking tot adaptatie vast te leggen (de zogenaamde Bouwstenen Nationale Adaptatie Strategie).

Om het onderzoek naar de effectiviteit en de gevolgen van adaptatiemaatregelen uit te voeren zal veelal gebruik moeten worden gemaakt van bestaande klimaat-, effect- en impactmodellen. De koppelingen tussen die modellen zijn veelal nog niet tot stand gebracht. Voor de uitvoering van het modelleerwerk is het Modelplatform in de Klimaatkennisfaciliteit (KKF) opgericht. Alterra/WUR, Deltares, KNMI, TNO, Universiteit Utrecht en Vrije Universiteit hebben het initiatief genomen tot de KKF. Doel is om een platform te maken van klimaat-, effect- en impactmodellen, die gebruikt kunnen worden voor onderzoek naar de gevolgen van klimaatverandering en de uitwerking van de verschillende adaptatiestrategieën. In de voorbereidingsfase van de KKF zal onderzocht moeten worden waar koppelingen tussen modellen wenselijk zijn en hoe deze moeten worden vormgegeven. Ook is het nuttig om te inventariseren welke technische ondersteuning (in de vorm van reken- en dataopslagcapaciteit) moet worden gerealiseerd.

Om daar een beeld van te krijgen is in juni 2008 een inventarisatieronde gehouden bij de deelnemende instituten. Dit document geeft een selectie weer van modellen die binnen de instituten op dit moment gebruik worden. Het is dus geen uitputtende opsomming, omdat het belangrijkste doel in de oriënterende fase is om een beeld te krijgen van de verscheidenheid aan modellen, resoluties en technieken en om te onderzoeken of daarin hiaten zijn. De bedoeling is ook om te inventariseren waar snelle verbeteringen te maken zijn en waar juist nog veel werk verricht zal moeten worden. Er zal echter nog steeds de mogelijkheid bestaan dat modellen die niet opgenomen zijn in dit overzicht juist het meest geschikt zijn voor het beantwoorden van specifieke vragen vanuit de hotspots. Daarom is het mogelijk dat ook modellen buiten dit overzicht zullen worden ingezet binnen KvK.

Naast technische informatie wordt ook aangegeven hoe de verschillende modellen binnen de KKF ingezet kunnen worden. Als nawoord zijn algemene aanbevelingen opgenomen die voortkomen uit de inventarisatie.





2. Landgebruik

2.1 CLUE

Contact: Alterra (Tom Veldkamp)

Algemeen:

CLUE is een landgebruiksmodel dat is ontwikkeld door de leerstoel landdynamiek aan de WUR. Het modelleert veranderingen in landgebruik. Aan de hand van voorgeschreven benodigde arealen voor ieder type landgebruik, bepaald met behulp van economische modellen, wordt via een multi-dimensionale afwegingsmethodiek het toekomstig landgebruik bepaald. Multi-dimensionaal betekent in dit geval dat verschillende omgevingsfactoren en landgebruiksmogelijkheden in de afweging gelijktijdig meegenomen worden. Om de afwegingsfactoren te bepalen wordt gekeken naar statistische relaties die bestaan in omgevingsfactoren en het voorkomen van bepaalde typen landgebruik. Voorbeelden van omgevingsfactoren zijn bodemtype, neerslag, overstromingsrisico, zuurtegraad van de bodem, grondwaterstand etc. In principe kunnen allerlei velden aan de GIS-toepassing aangeboden worden: van alle velden wordt onderzocht of er een verband is met landgebruik.

Resolutie:

Ruimtelijk: 1ha, kan verkleind worden als er voldoende input-data beschikbaar is.
Tijd: per groeiseizoen, per jaar, niet zinvol dit te verkleinen of vergroten.

Domein:

Ruimtelijk: diverse schalen, afhankelijk van beschikbaarheid input-data.
Tijd: enkele decennia tot een eeuw

Input:

GTAP (GTAP = Demand on trade in agricultural products) en IMAGE – data, ter bepaling van de benodigde arealen.

Output:

Landgebruikstypen

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Vragen beantwoorden als: waar treden grote veranderingen in landgebruik op (hotspots) als gevolg van klimaatverandering en economische ontwikkelingen?
- Doorrekenen van adaptatiescenario's: wat zijn de gevolgen voor landgebruik?



2.2 Ruimtescanner

Contact: LUMOS-consortium (Erik Koomen)

Algemeen:

Het gebruik van de ruimtescanner begint evenals bij CLUE bij het bepalen van de benodigde arealen voor bepaalde landgebruikstypen. In een volgende stap worden usability-maps opgesteld, waarin gekeken wordt hoe favoriet locaties zijn voor bepaalde typen landgebruik. Hierin worden onder andere bekende relaties uit het verleden, toekomstige beleidskeuzen (bijvoorbeeld locatie VINEX-wijken) en scenario's (keuzes voor de waarde van natuur, het belang van industrie e.d.) meegenomen. Zo ontstaat een stelsel van vergelijkingen voor iedere GIS-cel, die opgelost kan worden zodat de benodigde arealen gerealiseerd worden.

Resolutie:

Ruimte: 1ha

Tijd: 10 jaar (er bestaat een ontwikkelwens om het model te dynamiseren naar 1 jaars tijdstappen)

Domein:

Ruimte: Nederland-Europa, afhankelijk van beschikbare data.

Tijd: tot 2040/2050 of 2100

Input:

Diverse informatiebronnen, zoals: omgevingsfactoren (grondwaterstand, verzilting, etc), waterveiligheid, economische informatie, huidig landgebruik, infrastructuur, sociaal-economische scenario's.

Output:

Landgebruikskaart, ingedeeld in klassen van landgebruikstypen.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Zie bij CLUE. Een speciaal toepassingsgebied van de Ruimtescanner is in de huidige vorm het evalueren van sociaal-economische scenario's.

Opmerkingen landgebruiksmodellen:

In principe worden de veranderingen in landgebruik voor de toekomst voor een belangrijk deel bepaald door economische veranderingen. Nationaal gezien heeft klimaatverandering een kleinere invloed dan economische veranderingen. Op lokale schaal kunnen de gevolgen van klimaatverandering wel een belangrijke rol spelen. Dit soort modellen kunnen in een signalerende rol ingezet worden door de gevolgen in kaart te brengen wanneer toekomstig ruimtegebruik geconfronteerd wordt met de gevolgen van klimaatverandering. Daarnaast kan met dit type modellen bestudeerd worden wat de gevolgen voor ruimtegebruik zijn van bepaalde beleidskeuzes en adaptatiestrategieën, zoals: keuze voor woningbouwlocaties, verbieden bouw in natuurgebieden, veranderen vorm/grootte van natuurgebieden, etc.

Koppeling CLUE/Ruimtescanner:

CLUE werkt al in tijdstappen van 1 jaar. Dit geeft een betere representatie van het dynamische proces van landgebruiksveranderingen. Het is wenselijk als deze techniek ook in de Ruimtescanner opgenomen kan worden. Daarnaast zou het een goede toevoeging zijn als CLUE en de Ruimtescanner gedeeld ruimtegebruik voor een grid cel mogelijk maken, aangezien dat een veelgenoemde adaptatiestrategie is (combineren van functies).



3. Economische modellen

3.1 RAEM

Contact: RPB (Mark Thissen)

Algemeen:

Het RAEM model is een evenwichtsmodel voor ruimtelijke economie dat met name gericht is op het onderzoeken van infrastructurele (wegen en spoorwegen) veranderingen. Het model wordt geïnitieerd zodat de ruimtelijke economie in evenwicht is. Dat evenwicht is bijvoorbeeld gebaseerd op inkomsten en uitgaven, die in evenwicht moeten zijn, gewenste reistijd van forensen en beschikbaar werk, etc. Vervolgens kan een verstoring of uitbreiding van de infrastructuur aangebracht worden, waarna het model een nieuw evenwicht opzoekt. In principe heeft iedere verstoring of aanpassing van de infrastructuur gevolgen op korte en lange termijn. Korte termijn is bijvoorbeeld dat voor woon/werkverkeer of transport andere routes gekozen worden, op de lange termijn zullen mensen en bedrijven van locatie gaan veranderen. Beide tijdschalen kunnen onderzocht worden. Hoe lang het duurt voordat het evenwicht bereikt wordt, is niet zonder meer aan te geven.

Resolutie:

Ruimte: 40 COROP-regio's
Tijd: n.v.t. (evenwichtsmodel)

Domein:

Ruimte: Nederland
Tijd: n.v.t. (evenwichtsmodel)

Input:

CBS gegevens over woon/werkverkeer, lonen, prijzen van producten, woningmarkt, AVV/V&W transportgegevens en literatuurgegevens over ruimtelijke economie, economische relaties tussen COROP-regio's onderling, etc. Voor het initialiseren van het model moeten deze variabelen in economisch evenwicht zijn. Een dergelijke evenwichtssituatie vinden is niet eenvoudig en kan in gevallen die veel afwijken van eerder gedane studies, veel manuren kosten.

Output:

Diverse economische gegevens, zoals arbeidsmarkt, woningmarkt, locaties van bedrijven, productmarkten, huishoudens, overheid.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Model is geschikt voor het onderzoeken van de gevolgen van schade en de gevolgen van veranderingen aan infrastructuur.

Opmerkingen:

Er wordt op dit moment een eenvoudiger versie van het model ontwikkeld: RAEM-light. Dit model is eenvoudiger te initialiseren dan RAEM en geeft ook een dynamische ontwikkeling weer (tijdstappen van 1 jaar), waardoor ook het verloop in de tijd te bepalen is. Nadeel is dat deze benadering wat minder nauwkeurige resultaten oplevert. Deze versie is echter nog niet operationeel.



3.2 Kosten/batenanalyse

Contact: Ekko van Ierland, Piet Rietveld

Algemeen:

Het principe van kosten/batenanalyse is heel eenvoudig. Van adaptatiemaatregelen kan worden uitgerekend wat het kost en wat het oplevert, in vergelijking met het niet nemen van maatregelen. Zo kan bepaald worden of het lonend is een bepaalde adaptatiemaatregel of investering te nemen. Dit dient ter verantwoording van het nemen van bepaalde maatregelen. De verwachting is dat binnen KvK uiteindelijk aan het eind van de keten altijd een kosten/batenanalyse zal worden uitgevoerd.

Er zijn echter twee lastige aspecten aan een kosten/batenanalyse. Het eerste is de bepaling van de hoogte van de kosten en de baten. Soms is het eenvoudig (bijvoorbeeld de kosten van een dijkverhoging), maar vaak is de bepaling ervan lastig (bijvoorbeeld de waardevermindering van huizen in overstromingsgebieden). Om toch dit soort getallen te kunnen bepalen, wordt bijvoorbeeld veel gebruik gemaakt van statistische analyses van situaties uit het verleden, of wordt onderzocht hoeveel verzekeringspremie betaald wordt om bepaalde risico's af te dekken.

Het tweede probleem is hoe kosten en baten in de toekomst verdisconteerd moeten worden. Bij een kosten/batenanalyse wordt alles vergeleken in het heden. Toekomstige kosten en toekomstige baten moeten vertaald worden naar het heden. Dat gebeurt via een verdisconteringsvoet (een soort rente). Het percentage ligt meestal rond de 4-5% per jaar. Dat betekent dat een investering van 105 euro in 2009 gelijk staat aan een investering van 100 euro in 2008. De uitkomst is echter zeer gevoelig voor de keuze die gemaakt wordt. Als de verdisconteringsvoet te hoog ligt, worden maatregelen die in het heden genomen moeten worden onvoordelig, als de verdisconteringsvoet te laag ligt, lonen investeringen zich juist heel snel.

Voor een goede onderlinge vergelijking is het nuttig als binnen de projecten van KvK eenzelfde methodiek wordt gehanteerd om de kosten en baten te bepalen en dezelfde verdisconteringsvoet gebruik wordt. Hierover is onderlinge afstemming noodzakelijk.



4. Klimaat- en weermodellen

4.1 RCMs - RACMO

Contact: KNMI (Erik van Meijgaard)

Algemeen:

RACMO is een regionaal klimaatmodel. Dat betekent dat het slechts een klein deel van de aarde modelleert, in dit geval Noordwest-Europa. Het voordeel is dat er een hogere resolutie kan worden verkregen voor interessante gebieden, die door mondiale modellen niet geleverd kan worden vanwege de beperkte reken capaciteit. Het regionale model kan vooral ingezet worden om op een fysisch consistente manier het weer dat hoort bij een grootschalig circulatiepatroon gegeven door een GCM te detailleren.

Een regionaal klimaatmodel moet altijd gekoppeld worden aan een mondiaal klimaatmodel, die de begintoestand en de randcondities aan de rand van het domein van het regionale model voorschrijft. Dit soort koppelingen zijn technisch relatief eenvoudig, omdat dezelfde variabelen worden gebruikt, alleen op een andere resolutie.

RACMO is een model dat alleen de atmosfeer modelleert. De oceaan wordt voorgeschreven, bijvoorbeeld vanuit output van een mondiaal klimaatmodel.

Resolutie:

Ruimte: 5-50km, hogere resolutie heeft weinig zin, omdat dan niet-hydrostatische processen een belangrijke rol gaan spelen die niet expliciet gemodelleerd kunnen worden. Verticale resolutie: 40-80 lagen, van aardoppervlak tot het 10 hPa-niveau (ca. 30km hoogte)

Tijd: 2-20 min per tijdstep, voornamelijk afhankelijk van ruimtelijke resolutie.

Domein:

Ruimte: 1000x1000 – 5000x5000 km². Kleiner domein heeft weinig zin, omdat dan de grootschalige circulatie niet meer kan worden opgelost en dus feitelijk de circulatie uit het mondiale model overheersend blijft.

Tijd: van 1 uur tot 150 jaar.

Input:

Variabelen uit een mondiaal model. Daarnaast bijvoorbeeld informatie over landgebruik en emissiebronnen.

Output:

Meteorologische variabelen (wind, temperatuur, neerslag, etc). Bekeken moet worden welke informatie op welke resolutie (tijd en ruimte) nodig is.

Mogelijke toepassingen binnen KVK:

Belangrijkste toepassing is de downscaling van mondiale klimaatmodellen naar klimaatinformatie voor Nederland en omgeving. RACMO is vooral geschikt voor het kwantificeren van de hydrologische cyclus. Een belangrijke toepassing voor Nederland is het genereren van lange tijdseries van hoogfrequente hoge resolutie neerslagvelden in Europa, met name voor de stroomgebieden van de Midden-Europese rivieren. Een GCM heeft onvoldoende ruimtelijke detaillering in combinatie met lange tijdreeksen. Ook met een model uit WAMMS kunnen geen lange tijdreeksen worden gegenereerd.

Opmerkingen:

Vanwege de grote reken capaciteit die RCM's vragen, moeten er keuzes gemaakt worden voor de runs die met RACMO gedaan kunnen worden. Het is bijvoorbeeld mogelijk een EC-Earth ensemble of een serie GCM runs te downscalen, waarvan bekend is dat ze qua circulatie passen bij één van de KNMI '06-scenario's. Een zeer hoge resolutie run van RACMO (orde 10 km) genereert voor Europa bijvoorbeeld veel gedetailleerdere neerslagstatistiek dan een GCM-run van 1 jaar op 10km.

**Bias-correcties:**

Aangezien regelmatig RCM output gebruikt wordt als input voor andere modellen, volgt nu een korte toelichting op biascorrecties, alhoewel strikt genomen dit voor veel type modellen geldt.

Bij het gebruiken van een regionaal klimaatmodel is het altijd belangrijk dat er gekeken wordt naar de kwaliteit van de output. In het algemeen bevatten klimaatmodellen systematische fouten in de uitvoer (bijvoorbeeld een systematische overschatting van de neerslag). Dit soort fouten kunnen onderzocht worden door naar de modeluitvoer voor het huidige klimaat te kijken en die te vergelijken met waarnemingen. Zo kan de systematische fout bepaald worden. Vervolgens kan in de uitvoer van de modelrun voor de toekomst voor deze systematische fout gecorrigeerd worden (de zogenaamde biascorrectie). Het corrigeren van dergelijke systematische fouten klinkt eenvoudig, maar kan behoorlijk lastig zijn. Voor een neerslagreeks moet bijvoorbeeld gekeken worden naar zowel de gemiddelde hoeveelheid neerslag, het gemiddelde aantal droge dagen en de maximale hoeveelheid in één etmaal (de dagextremen). Als voor deze drie maten tegelijkertijd een biascorrectie moet worden uitgevoerd, moet er voor worden opgepast dat de neerslagstatistieken (bijvoorbeeld ruimtelijke en tijdcorrelaties) behouden blijven. De correcties moeten consistent met elkaar zijn.



4.2 GCM – EC-Earth

Contact: KNMI (Bart van den Hurk)

Algemeen:

Een mondiaal klimaatmodel modelleert de oceanen, de atmosfeer, zeeijs, landoppervlak en soms ook landijs en biogeochemische processen op mondiale schaal. Meestal is de resolutie beperkt (100x100km), om zo lange integratietijden mogelijk te maken (dat wil zeggen: lange runs maken). Ook kunnen gevoeligheidsstudies gedaan worden en ensembles gecreëerd worden om natuurlijke variabiliteit te schatten.

Resolutie:

Ruimte: 25x25 – 200x200 km

Tijd: minuten

Domein:

Ruimte: Mondiaal. Ander domein is niet zinvol.

Tijd: Maanden – eeuwen. Korter heeft weinig zin.

Input:

Concentraties van antropogene en natuurlijke broeikasgassen en aerosolen (antropogene concentraties aan de hand van emissiescenario's), zonneactiviteit, landkarakteristieken.

Output:

Diverse meteorologische en oceanografische variabelen.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Dit soort modellen levert de randvoorwaarden en begincondities voor regionale klimaatmodellen. Er kunnen ensemble integraties worden uitgevoerd voor toekomstige klimaat zoals die door IPCC gebruikt worden. EC-Earth kan ook gebruikt worden om specifieke situaties in het toekomstige klimaat door te rekenen: droge zomers, natte winters, stormen etc. Verder kan onderzoek worden gedaan naar mechanismes van klimaatverandering en van terugkoppelingen in het aardsysteem. Hierbij moeten wel van te voren goede keuzes worden gemaakt, omdat de runs duur zijn (zeer veel rekencapaciteit vergen).

Opmerkingen:

Bij het runnen van GCMs is het belangrijk van te voren goede keuzes te maken over wat er gemodelleerd moet worden. Ook al is de resolutie beperkter dan van een regionaal klimaat model, er blijft enorm veel rekencapaciteit nodig. Er zijn verschillende mogelijkheden om runs met GCMs uit te voeren. Zo kan er bijvoorbeeld een zogenaamde transient-run worden uitgevoerd, waarbij gestart wordt in het huidige klimaat en dan wordt doorgerekend, onder toename van broeikasgassen, naar het toekomstig klimaat. Zo'n run loopt bijvoorbeeld van 1950-2100. Met EC-Earth zal onderzocht gaan worden of er bij een transient run tot 2030 ook concrete verwachtingen gemaakt kunnen worden. Als er voorspelbaarheid zit in het huidige systeem tot 2030, dan zal het gemodelleerde klimaat dus niet alleen een mogelijke realisatie van het toekomstig klimaat zijn, maar ook een waarschijnlijke! Ook kan er voor gekozen worden om 10 keer een 10-jaar run uit te voeren met het klimaat zoals dat rond bijvoorbeeld 2050 zal heersen (bepaald door broeikasgasconcentraties). Zo'n ensemble van runs maakt het mogelijk de kansen op bepaalde gebeurtenissen te bepalen. Ten slotte kan geprobeerd worden het model 1 jaar te laten rekenen op zeer hoge resolutie (weermodelresolutie, 10x10km), om zodoende hoog-resolutieoutput voor een "standaard"-jaar voor een bepaald scenario te krijgen. De eerste experimenten om het model in een +-scenario te dwingen, zijn al succesvol.



4.3 WAMMS – Wageningen Mesoscale Modelling System

Contact: Alterra (Eddy Moors)

Algemeen:

WAMMS is niet zozeer één model, maar een modelsysteem, waarbij al naar gelang de vraag die beantwoord moet worden verschillende modules gecombineerd kunnen worden. Vaste modules zijn RAMS en WRF voor regionale land/atmosfeer interacties. Afhankelijk van het onderzoek kan dat worden uitgebreid met:

- Hydrologisch model (inclusief routing scheme) (VIC, LPJ)
- Koolstofuitwisseling/gewasgroei (SWAPS-C)
- Transport (niet)-reactieve componenten (HYPACT)
- Stadsklimaat (ENVMET)
- Landgebruiksveranderingen (CLUE)
- Nog experimenteel: chemie stralinginteracties (MESSY)

Resolutie:

Ruimte: 100m tot 2,5 km

Tijd: 1s – enkele minuten

Domein:

Ruimte: Nederland tot een deel van West-Europa.

Tijd: uur tot enkele jaren

Input:

Diverse meteo-velden van GCMs/RCMs,

Output:

Zeer divers, afhankelijk van gebruikte modules.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Begrijpen van het regionale en lokale klimaat (bijvoorbeeld rond steden).
- Waar mogelijk: analyse van de effecten van adaptatiescenario's op regionaal en lokaal klimaat.

Opmerkingen:

Dit modelsysteem is met name geschikt voor het modelleren van kleinschalige processen. Een belangrijke vraag bij dit soort modellen is of de gemodelleerde gevolgen van klimaatverandering groter zijn dan de ruis (variabiliteit) die in het klimaatsysteem zit. Over het algemeen zal dan blijken dat het toevoegen van waarde bovenop RCMs voor het bepalen van zeer lokale verschillen in de gevolgen van klimaatverandering beperkt is. Dit model is meer geschikt om casestudies uit te werken, zoals bijvoorbeeld: hoe groot is het stadseffect onder een warme, droge +-scenario-zomer? Daarnaast kunnen adaptatiemaatregelen geëvalueerd worden: hoeveel groen en water is er nodig om het stadseffect terug te dringen? Wat zijn de gevolgen van veranderingen in landgebruik voor de lokale atmosferische circulatie? Maar ook hier geldt dat de veranderingen op zich vrij groot moeten zijn, om buiten de natuurlijke variabiliteit van de atmosfeer uit te stijgen. Het begrijpen en kwantificeren van lokale processen is een belangrijker rol van dit model.



5. Luchtkwaliteitsmodellen

5.1 LOTOS-EUROS

Contact: TNO (Martijn Schaap)

Algemeen:

LOTOS-EUROS is een regionaal chemiemodel. Het modelleert de atmosferische kringlopen van stoffen die van belang zijn voor luchtkwaliteit (broeikasgassen, aerosolen en hun precursors). De gemodelleerde stoffen (concentratie en depositie-fluxen) zijn onder andere: fijnstof (PM10), ozon (O3), nitriet (NO2), sulfaat (SO4), nitraat (NO3 + HNO3), ammonia (NH4 + NH3), sulfiet (SO2), zeezout, zware metalen, POP's (Persistent Organic Pollutants).

Resolutie:

Ruimte: 0.5°x0.5°, met downscaling tot 10x10 km².

Tijd: uurlijks

Domein:

Ruimte: Europa, verkleinen is niet zinvol, omdat emissies in aanvoergebieden belangrijk zijn (Ruhrgebied, Polen, Frankrijk, Italië).

Tijd: van dagen tot jaren

Input:

- Diverse meteoelden (wind, neerslag, temperatuur, straling, etc.) vanuit een RCM.
- Emissies.

Output:

Luchtkwaliteit, aan de hand van concentraties van stoffen. Verder worden fluxen aan het aardoppervlak gegeven voor een aantal stoffen.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Kwantificeren van luchtkwaliteit onder verschillende klimaatscenario's.
- Onderzoeken van de gevolgen van emissiebeleid (bijvoorbeeld: uitstootreductie).

Opmerkingen:

Dit model kan ingezet worden om nader te onderzoeken wat de gevolgen van de KNMI'06 scenario's zijn voor luchtkwaliteit. Bijvoorbeeld: het valt te verwachten dat onder de +-scenario's, de luchtkwaliteit in de winter verbetert (meer aanvoer vanuit zee), terwijl die in de zomer verslechtert (meer aanvoer vanaf land, plus meer stabiele, warme, geblokkeerde stromingen). Dit zou met behulp van het model kunnen worden gekwantificeerd.





6. Hydrologische modellen (Rivieren en Noordzee)

6.1 Rijn/Maas-faciliteit: DELFT-FEWS systeem waarin opgenomen zijn het HBV-model (SMHI) gecombineerd met SOBEK (Deltares)

Contactpersoon: Marc van Dijk, Micha Werner (Deltares)

Algemeen:

De faciliteit verwerkt als invoer metingen (neerslag, temperatuur) van een groot aantal weerstations en de weersvoorspellingen (neerslag, temperatuur) van een serie NWP modellen w.o. DWD-GM, DWD-LM, HIRLAM, ECMWF-ESP. Het Rijn- en Maasgebied is verdeeld in de stroomgebieden van de zijrivieren, die op hun beurt weer zijn verdeeld in kleinere deelgebieden. Het HBV-model berekent de afvoer voor elk van deze kleinere deelgebieden op basis van neerslag, verdamping en temperatuur, waarbij rekening wordt gehouden met hoogteligging, landgebruik en bodemtype. HBV is een relatief eenvoudig neerslag-afvoer model. Het model kan voorgesteld worden als een serie bakjes waarin water verticaal van het ene bakje in het andere stroomt. De verschillende bakjes representeren o.a. de bodem, de diepere ondergrond. De deelgebieden zijn via knooppunten aan elkaar gekoppeld, waarbij op de knooppunten van het model de afvoer uit het bovenstroomse gebied aan de afvoer van het benedenstroomse gebied wordt toegevoegd. Op deze wijze wordt de afvoer uit de zij- en hoofdrievieren gesimuleerd. Daarnaast wordt de afvoer in de hoofdrievier met het model Sobek berekend, op basis van de invoer vanuit de zijrivieren. Dit is een 1-D hydraulisch model. Het berekent naast de afvoer, de waterstand, stroomsnelheid en eventueel waterkwaliteit, sedimenttransport en morfologie. Hiermee simuleert het systeem de afvoer, waterstand en stroomsnelheid langs de Rijn vanaf Maxau (D) en Maas Chooz (Fr) tot de Nederlandse kust in alle riviertakken in Nederland

Resolutie:

Ruimte: deelstroomgebieden (variabel ~ 500-2000 km²) van de Rijn en de Maas, langs de hoofdrievieren Rijn en Maas op elk rekenpunt (500m)

Tijd: invoer dag- of uurbasis

Domein:

Ruimte: Rijn/Maasstroomgebied

Tijd: 1 dag tot 10.000 jaar

Input:

Neerslag, temperatuur, potentiële verdamping op uur- of dag-basis.

Output:

Afvoer in alle bovenstroomse deelstroomgebieden van Rijn en Maas; waterstand, afvoer en stroomsnelheid overal langs de Rijn en Maastakken, eventueel waterkwaliteit, sedimenttransport en morfologie in de riviertakken van de Rijn en de Maas. (uur – eeuw basis)

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Onderzoek naar gevolgen van klimaatverandering op afvoeren, waterstand, waterkwaliteit, sedimenttransport en morfologie in de riviertakken van de Rijn en de Maas.

Opmerkingen:

Deze faciliteit wordt zowel in Nederland, Duitsland als Zwitserland gebruikt voor dagelijkse operationele afvoersvoorspellingen in de Rijn (hoog- en laagwater).

De faciliteit wordt tevens gebruikt als hulpmiddel om de maatgevende afvoeren (waterkeringontwerp) te berekenen en de effecten van klimaatverandering op de afvoeren van Rijn en Maas.

Het huidige Rijn-Maas systeem gebruikt HBV en Sobek als modellen. Delft-FEWS wordt gebruikt om deze modellen te koppelen en de weer/klimaat parameter invoer in de neerslag-afvoermodellen te verzorgen. Binnen het Delft-Fews systeem kunnen ook alternatieve modellen / data stromen worden



geïmplementeerd, waardoor vergelijking tussen de uitkomsten van verschillende modellen, zowel klimaat/weer als hydrologie/hydraulica mogelijk wordt gemaakt.

In het huidige operationele systeem worden alleen waterkwantiteitsparameters berekend (afvoer, waterstand, stroomsnelheid) de gebruikte software (Sobek) heeft de functionaliteit om ook kwaliteit en morfologische parameters te berekenen.

Voor lange (tientallen jaren) simulaties wordt de rekentijd lang indien ook van Sobek gebruik wordt gemaakt. Dit probleem wordt opgelost door gebruik te maken van een serie parallelle PC's (runs van 10.000 jaar zijn gemaakt).

6.2 RHINEFLOW-MEUSEFLOW Instrumentarium

Contact: Carthago Consultancy/Deltares (Willem van Deursen, Jaap Kwadijk)

Algemeen:

De modellen RHINEFLOW en MEUSEFLOW zijn neerslag-afvoer modellen voor de stroomgebieden van de Rijn en Maas. De modellen zijn gericht op het simuleren van veranderingen in het afvoerregiem van Rijn en Maas als gevolg van veranderingen in klimaat en ruimtegebruik. Belangrijke uitkomsten zijn veranderingen in hoogwater- en laagwatersituaties (zowel duur en afvoeren) en bijbehorende overschrijdingsfrequenties.

RHINEFLOW en MEUSEFLOW zijn waterbalansmodellen: voor elke vierkante kilometer in het Rijnstroomgebied en in het Maasstroomgebied wordt een 10-daagse waterbalans bijgehouden, en de termen in deze waterbalans bepalen de uiteindelijke afvoeren bij een aantal cruciale locaties in de stroomgebieden (Lobith, Borgharen, Kaub, Rheinfelden, Basel, Mainz, Koln, etc). Invoer voor de modellen zijn ruimtelijk gedefinieerde neerslag- en temperatuurgegevens (P en T), of (ruimtelijk gedefinieerde) veranderingen in neerslag en temperatuur (klimaatsscenario's: dP en dT); en ruimtelijk gedefinieerd landgebruik of veranderingen in landgebruik.

De conceptueel eenvoudige aanpak in RHINEFLOW en MEUSEFLOW maakt de modellen geschikt voor het simuleren van lange perioden: typische runs met deze modellen omvatten 30 jaar waterbalansberekeningen per vierkante kilometer. Voor de Rijn betekent dit dat er voor 160.000 cellen een waterbalansberekening voor deze 30 jaar wordt bijgehouden.

Resolutie:

Ruimte: 1x1 km²

Tijd: 10 dagen

Domein:

Ruimte: Rijnstroomgebied, Maasstroomgebied

Tijd: 30 jaar runs voor huidige situatie, 2050 en 2100 met (klimaat-)scenarios

Input:

- 30 jaar reeksen van neerslag en temperatuur (huidige situatie)
- Landgebruiksk kaart huidige situatie
- Veranderingen in neerslag en temperatuur voor scenario runs
- Veranderingen in landgebruik voor scenario runs

Output:

Waterbalans en afvoergegevens voor geselecteerde punten in de stroomgebieden, voor deelstroomgebieden en de totale stroomgebieden van Rijn en Maas (Bovenstrooms Lobith en Borgharen).

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Modellen zijn geschikt om klimaatsscenarios door te rekenen naar afvoeren Rijn en Maas bij Lobith en Borgharen of bovenstrooms daarvan. Zowel de oude KNMI scenarios als de nieuwe KNMI 2006



scenarios zijn met RHINEFLOW en MEUSEFLOW doorgerekend op hun consequenties voor de afvoeren van de grote rivieren.

Opmerkingen:

Beide modellen worden ook intensief in de onderzoekswereld gebruikt (NOP, IRMA-Sponge, BSIK, Perspectieven studies).

De resultaten van Rhineflow en Meuseflow zijn intensief gebruikt om de randvoorwaarden voor Rijn en Maasafvoeren te bepalen ten behoeve van het waterbeheer in klimaat-gerelateerde (beleids-) studies zoals Waterbeheer 21e eeuw, de Droogtestudie, en studies ter voorbereiding van nieuwe NBW.

Afvoeren berekend door Rhineflow en Meuseflow houden geen rekening met hydraulische effecten in de rivieren. Dat betekent dat extreem hoge afvoeren niet direct kunnen worden berekend.

6.3 Delft-FEWS – Deltares operationele modelleeromgeving

Contact: Deltares (Simone van Schijndel, Astrid Janssen)

Algemeen:

Delft-FEWS is geen model, maar een modelleeromgeving waarbinnen een groot aantal verschillende externe modellen aangestuurd kunnen worden. Het is uitermate geschikt om de verschillende klimaat scenario's, zoals geleverd door o.a. het KNMI, te verwerken tot invoer voor de verschillende onderliggende modellen. Delft-FEWS beschikt over een groot aantal modules voor o.a. de import, bewerking, analyse en presentatie van gegevens. Daarnaast bestaan er model koppelingen tot een groot aantal modelsystemen zoals de Deltares modellen SOBEK, Delft-3D en Delwaq alsmede extern ontwikkelde modelsystemen zoals Modflow, HEC, Mike, ISIS.

Resolutie:

Ruimte: velden kunnen zowel gestructureerd als wel ongestructureerd zijn met een ruimtelijke resolutie van 1 meter tot enkele graden.

Tijd: 1 minuut tot 1 jaar tijstappen

Domein:

Ruimte: Toepasbaar op niveau van individuele polders tot wereldschaal

Tijd: 1 minuut - 10.000 jaar

Input:

Zeer divers. Velden uit locale en globale weer modellen, alsmede GCM's. Groot aantal standaardformaten waaronder GRIB, netcdf, ASCII, Arc-INFO GIS worden ondersteund.

Output:

Zeer divers. Alle mogelijke parameters in punt of grid formaat kunnen worden geleverd. Dit kunnen hydrologische, kwaliteit, ecologische, sediment, meteorologische, etc.. parameters zijn.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Platform waarbinnen gebruikte modellen kunnen worden aangestuurd. Delft FEWS zorgt voor de dataopslag van gebruikte gegevens alsmede voor de presentatie en vergelijking van model resultaten. Bestaande modellen voor de Rijn, Maas (zie FEWS-NL) of een wereldmodel kunnen voor scenario berekeningen direct toegepast worden.

Opmerkingen:

Delft FEWS is een modulair systeem ontwikkeld als operationeel instrument voor voorspellingcentra voor kust en binnen water. De kracht ligt in de open structuur en het gemak waarmee datastromen en modellen geïntegreerd kunnen worden. In de afgelopen jaren is het gebruik van Delft FEWS uitgebreid van operationeel instrument voor met name hydrologen tot een platform die ingezet wordt binnen andere disciplines zoals klimaat studies, ontwerp studies en lange termijn opslag van gegevens. Het aantal en type gebruikers is zeer groot en divers; hieronder vallen



ationale operationele centra zoals in de UK, Zwitserland, Duitsland, Nederland, Taiwan, VS, tot universiteiten in binnen en buitenland. Naast de inzet in externe projecten speelt Delft-FEWS binnen Deltares een belangrijke rol om onderzoek en ontwikkeling op het gebied van o.a. data assimilatie, verificatie technieken, gebruik van ensembles direct toepasbaar te maken.

6.4 Delft3D

Contact: Deltares (Bert Jagers, Karel Heynert)

Algemeen:

Delft3D is een 2D/3D modelsysteem voor de hydrologie van de grote rivieren, meren en kustgebieden. Het is al veel toegepast op en rond de Noordzee, in het Rijnakken stroomgebied, de Zeeuwse delta en de Waddenzee (en elders ter wereld). Het modelsysteem berekent de hydrodynamische processen, sediment transport en morfologie van de bodem en kustlijn. Ook worden waterkwaliteit (nutrienten, zout, zware metalen etc.) en ecologische processen (Algenbloei) gesimuleerd. Als er bijvoorbeeld stormen met het systeem worden doorgerekend, worden wateropzet, golfhoogte, -lengte en -frequentie berekend. Uit de laatste drie parameters kan dan vervolgens de golfsterkte worden afgeleid, die een belasting van de kustverdediging vormt. Het modelsysteem kan gekoppeld worden met SOBEK (1D modellering voor rivierafvoeren), om zodoende het effect van de waterstanden en afvoeren van de rivieren op de dynamiek op de Noordzee en vice versa te onderzoeken. Zo kan bijvoorbeeld gekeken worden waar sediment uit de rivieren langs de kust gedeponeed wordt. Ook kan via deze koppeling de combinatie van hoge rivierwaterstanden met hoge wateropzet op de Noordzee gemodelleerd worden.

Resolutie:

Ruimte: toepassingsafhankelijk: 10x10 m (lokaal detail) tot 10x10 km (ver offshore)
Tijd: 1 seconde – 15 minuten

Domein:

Ruimte: Noordzeebekken, tot voorbij Schotland, (voorbeeldtoepassing)
Tijd: uren tot decennia, maar dat is ook te verlengen.

Input:

Diverse meteovelden (met name windrichting en windsterkte), afvoer en sedimenttransport in de rivieren

Output:

Onder andere: wateropzet, golfhoogte, -lengte en -frequentie, sedimenttransporten, veranderingen in morfologie van de bodem en kust; algenbloei en stofconcentratie, waterkwaliteitsparameters

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Onderzoeken van het effect van stormen op de Nederlandse kust.
- Onderzoek van sediment transporten bij veranderend windklimaat.
- Onderzoek van combinaties hoge rivierafvoeren met hoge zeespiegelstand.
- Onderzoek naar de gevolgen voor waterkwaliteit en ecologie in grote waterlichamen

Opmerkingen:

Naast Delft3D wordt in Nederland ook SIMONA (WAQUA/TRIWAQ) gebruikt; dit modelsysteem, dat inmiddels ook onder de hoede van Deltares valt, omvat alleen de waterbeweging.



7. Hydrologische modellen (Bodem en oppervlaktwater)

7.1 NHI

Contact: Deltares, Alterra (Neno Kukuric, Frank van den Bolt, Ipo Ritsema)

Algemeen:

Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) is een Nederland-dekkend gekoppeld hydrologisch model dat stroming van water in de bodem (SIMGRO), in het grondwater (MODFLOW) en in het oppervlaktewater (Mozart/DM) beschrijft. Het NHI is de hydrologische basis voor een aantal belangrijke aan het NHI gekoppelde kwaliteits- en effectmodellen, die het effect van hydrologische veranderingen op uit- en afspoeling van nutriënten en pesticiden en verschillende functies (landbouw, natuur, scheepvaart, recreatie) beschrijven.

Naast het landsdekkende model NHI zijn binnen Deltares verschillende regionale detailmodellen beschikbaar. Deze detailmodellen zijn gekoppelde bodem- (SIMGRO) en grondwater (MODFLOW) modellen, deels ook oppervlaktewater (SOBEK). De modellen hebben gemeen dat ze door een brede groep opdrachtgevers gezamenlijk is ontwikkeld, waarmee het breed gedragen modellen zijn.

Resolutie:

Ruimte: 250x250m landelijk, 25x25m voor regionale modellen

Tijd: dagbasis

Domein:

Ruimte: Nederland landsdekkend, groot deel Nederland in regionale modellen

Tijd: 1 dag tot enkele jaren.

Input:

Verschillende randvoorwaarden, deels 'autonoom', zoals meteorologische parameters (neerslag, temperatuur, wind en verdamping), stand zeespiegel en afvoeren Rijn en Maas. Daarnaast ook landgebruik en waterbeheer.

Output:

Uiteenlopend: hydraulische en hydrologische parameters, zoals stromingssnelheden en –richting, debieten, waterpeilen en –drukken, bodemvocht, zoutgehalte. Daarnaast ook waterbeschikbaarheid voor verschillende functies, optredende watertekorten. Met gekoppelde kwaliteits- en effectmodellen ook uit- en afspoeling nutriënten, uitspoeling pesticiden, landbouwschade, terreestische natuur.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Algemeen:

- Vertaling van klimaatverandering naar een veranderende hydrologie in Nederland (of specifieke regio's), en daarmee naar gevolgen voor het gevoerde waterbeheer en voor de functies die het waterbeheer bedient (landbouw, natuur etc).

Specifiek:

- Leveren van hydraulische en hydrologische risico's (overstromingen, droogte, wateroverlast, verzilting, opwarming).
- Doorkoppeling aan kwaliteitsmodellen om gevolgen voor uit- en afspoeling nutriënten en pesticiden te onderzoeken.
- Doorkoppeling aan effectmodellen om gevolgen voor landbouw, natuurwaarden, scheepvaart, recreatie te onderzoeken.

Opmerkingen:

Voorgangers van het NHI (m.n. PAWN-instrumentarium) is intensief gebruikt voor studies naar de effecten van een veranderend klimaat op het waterbeheer in Nederland.



Het NHI is het instrumentarium dat door Verkeer en Waterstaat wordt gebruikt voor zowel operationeel beheer in droge perioden, als voor verkenningen naar een veranderend waterbeheer in de toekomst.

Het NHI en de kwaliteits- en effectmodellen worden ingezet door V&W, VROM en LNV voor verkennende studies naar de beschikbaarheid van water in droge perioden, uit- en afspoeling van nutriënten en pesticiden, en de effecten van een veranderend klimaat en / of waterbeheer op de verschillende functies die het waterbeheer bedient (landbouw, natuur, scheepvaart, recreatie). Daarnaast wordt het NHI toegepast in het operationele waterbeheer in droge tijden. De modellen worden breed gedragen binnen ministeries en regionale overheden.

7.2 SOBEK

Contact: Deltares (Bert Jagers)

Algemeen:

SOBEK is een geïntegreerd 1D/2D modelsysteem voor de hydrologie van het regionale en landelijke oppervlaktewateren (sloten, rivieren, meren) en rioleringsystemen. Het is reeds voor vele studies binnen en buiten Nederland toegepast. Het modelsysteem berekent de hydrologische en hydrodynamische processen, sediment transport en bodemveranderingen (alsmede waterkwaliteit en ecologische processen). Calimiteitenstudies in het riviereengebied worden veelal uitgevoerd op basis van dit modelsysteem; belangrijkste uitvoerparameters zijn hoogwaterstanden, stroomsnelheden en overstromingsduur. Het modelsysteem kan gekoppeld worden met Delft3D (voor zee- en getijdegebieden), grondwatermodellen (bijv. in het kader van NHI) of FEWS (voor operationele voorspellingen). Zo kan bijvoorbeeld gekeken worden naar veranderende overstromingsstatistiek (door ingrepen in het riviergebied), en langjarige morfologische response van de rivier.

Resolutie:

Ruimte: toepassingsafhankelijk: 10x10 m (2D detail) tot 10 km (1D grof)
Tijd: 1 seconde – 15 minuten

Domein:

Ruimte: Nederlands riviersysteem (uit te breiden tot Basel of met regionale wateren)
Tijd: uren tot decennia

Input:

Neerslaggegevens of debieten, sedimentaanbod in de rivieren (voor ecologie en waterkwaliteit ook: lucht temperatuur, aanbod stoffen uit punt en diffuse bronnen).

Output:

Onder andere: waterstanden, stroomsnelheden, sedimenttransporten, veranderingen in morfologie van de rivieren, waterkwaliteitsparameters, ecologische parameters.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Onderzoeken van klimaatveranderingen op bevaarbaarheid en overstromingskansen.
- Onderzoek van morfologische response bij veranderend neerslagpatroon.
- Onderzoek van combinaties hoge rivierafvoeren met hoge zeespiegelstand.
- Onderzoek effect op waterkwaliteit van oppervlaktewater.



8. Ecologische modellen

8.1 SUMO-LARCH-METAPHOR

Contact: Alterra (Jana Verboom)

Algemeen:

SMART-SUMO is een dynamisch successiemodel voor vegetatie. Het modelleert de kans op voorkomen van bepaalde soorten. Het model is met name geschikt voor zandgronden. Voor veengebieden is het minder geschikt.

LARCH is een statisch fauna-model. Het model kan onderzoeken of verschillende natuurgebiedjes groot genoeg zijn om soorten duurzaam in stand te houden. Daarnaast kan het onderzoeken of de afstand tussen verschillende gebiedjes niet te groot is om verspreiding van soorten te verhinderen. Het model geeft vervolgens een waarde voor ruimtelijke ecologische kwaliteit en het aantal knelpunten op een bepaalde plaats.

METAPHOR is een dynamisch populatiemodel, dat in staat is de ontwikkeling en verplaatsing van soorten te modelleren. Dit model zou gebruikt kunnen worden om populaties te volgen en de veranderingen te modelleren die optreden als gevolg van klimaatverandering. Dit model is nog in ontwikkeling.

Resolutie:

Ruimte: SMART-SUMO: 250m x 250m

LARCH: 25m x 25m

METAPHOR: ?

Tijd: SMART-SUMO: 1 jaar (groeiseizoen)

LARCH: n.v.t. (statisch model)

METAPHOR: 1 dag

Domein:

Ruimte: SMART-SUMO: Nederland, uit te breiden met NW-Europa.

LARCH: Regio's binnen Nederland tot grote delen van Europa.

METAPHOR: ?

Tijd: SMART-SUMO: 1 jaar – eeuwen. Korter is niet zinvol i.v.m. modeltijdstep van 1 jaar (groeiseizoen)

LARCH: n.v.t. (statisch model)

METAPHOR: ?

Input:

SMART-SUMO: Neerslag, temperatuur, CO₂-concentratie

LARCH: Vegetatietypen, relatiedatabase

METAPHOR: Weer (temperatuur, neerslag, straling) op dagbasis

Output:

SMART-SUMO: Vegetatietypen

LARCH: Ruimtelijke ecologische kwaliteit en knelpunten in ruimtelijke ecologische structuur.

METAPHOR: Weer (temperatuur, neerslag, straling) op dagbasis

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Signaleren knelpunten in natuur onder invloed van klimaatverandering.
- Evalueren adaptatiemaatregelen.



8.2 ITORS/ICHORS

Contact: UU (Martin Wassen)

Algemeen:

ITORS en ICHORS zijn modellen voor respectievelijk de natte terrestrische en de aquatische flora. De modellen zijn statistisch van aard: uit veldonderzoek is bepaald welke verbanden er zijn tussen het voorkomen van bepaalde soorten en de omgevingsfactoren. De modellen kunnen zo op basis van ingevoerde omgevingsfactoren aangeven hoe groot de kansen op het voorkomen van bepaalde flora-soorten zijn.

Resolutie:

Ruimte: 1-puntsmodel, quasi 2D te maken door voor verschillende punten te analyseren.

Tijd: n.v.t (evenwichtsmodel)

Domein:

Ruimte: toepasbaar op Nederland, eventueel uitgebreid met Vlaanderen en delen van N-Duitsland (kortom: voor gebieden waarin de bepaalde statistische relaties geldig zijn)

Tijd: n.v.t (evenwichtsmodel)

Input:

Vanuit NHI worden grondwaterstanden, bodem (samenstelling/textuur, gelaagdheid, chemie) gebruikt. Overige modellen leveren waterkwaliteit (chemische samenstelling (nitriet, nitraat, fosfaat, chloride, etc, etc.)). Daarnaast wordt beheer meegenomen (mestgift, natuur/landgebouw (=landgebruik)).

Output:

De trefkans van soorten (kans op voorkomen flora-soorten).

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Gevolgen klimaatverandering op voorkomen van soorten (biodiversiteit) binnen ecosystemen (natte terrestrische en aquatische natuur).
- Evaluatie van adaptatiemaatregelen.

Opmerkingen:

In aanpak zijn deze modellen min of meer gelijk aan LARCH, behalve dat LARCH voor fauna bedoeld is, terwijl deze modellen zich op vegetatie richten. Het voordeel van modellen zoals LARCH en ITORS/ICHORS is dat deze modellen gekalibreerd zijn op waarnemingen in de natuur. Wel is het van belang om de exacte standplaatsfactoren te weten. Hoewel voor het hydrologisch gedeelte de schaal van NHI geschikt is, is direct koppeling moeilijk, door interacties tussen biotiek en abiotiek en lokale ecohydrologische (en chemische) processen op wortelzone schaal (zoals regenwaterlens modellen). Hiervoor zijn zeer gedetailleerde lokale ecohydrologische proces modellen nodig, die tevens interactie biotiek/abiotiek kunnen beschrijven met mogelijke invloeden van feedback mechanismen tussen de bodem, water, vegetatie en klimaat.

Andere modellen zijn vaak gebaseerd op theoretische principes en daarom minder geschikt als effectmodel.



8.3 HABITAT, ruimtelijke analyse instrument voor ecologische effect studies

Contact: Deltares (Marjolijn Haasnoot)

Algemeen:

HABITAT is een ruimtelijk instrument speciaal ontwikkeld voor ecologische effectstudies om de aanwezigheid en kwaliteit van leefgebieden voor soorten en soortgroepen te analyseren (zoals waterplanten, vogelsoorten en ook ecotopen). Het ecologisch effect van een of meerdere ingrepen kan worden bepaald door een verschilkaart te maken van een uitgangssituatie en een nieuwe situatie. De ecologische situatie wordt bepaald op basis van de milieuocondities en de directe invloed van landgebruik en waterbeheer. HABITAT is in alle watertypen toepasbaar, indien daar dosis-effect relaties voor beschikbaar zijn. De ecologische database van HABITAT is inmiddels gevuld met diverse relaties voor diverse waterplanten, vissen, macrofauna, vogels en habitats voor de watersystemen Rivieren, Meren, Overgangswateren en Kustwateren. Het model is in principe stationair, maar dynamiek kan worden meegenomen door verschillende tijdstappen te analyseren (semi-stationair). Dit is bijvoorbeeld gedaan voor het modelleren van vegetatiesuccesie langs de Rijn. De ontwikkeling van de vegetatie werd weer als input gebruikt voor een habitat analyse van bepaalde vogelsoorten en zoogdieren.

Resolutie:

Ruimte: hangt af van de invoerkaarten, vaak gebruikt is 10x10 m tot 100 x 100 m

Tijd: stationair, semi-stationair

Domein:

Ruimte: onbepaald (Volkerrak- Zoommeer – Continentale schaal

Tijd: hangt af van effectrelaties

Input:

Gridkaarten waarbij de inhoud afhangt van de gebruikte effectrelatie. Voorbeelden zijn: Rivierafvoeren, overstromingsduren, waterdiepte of waterpeil, grondwaterstand, waterkwaliteitsparameters (zoutgehalte, fosfaat, nitraat, soms ook zware metalen), landgebruik, aanwezigheid recreatie, temperatuur

Output:

Kaarten en tabellen met de geschiktheid van een gebied voor een bepaalde indicator soort of soortengroep, ecotopen, vegetatietypen, milieuzones.

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

- Effecten van verandering in waterkwantiteit, waterkwaliteit en landgebruik op ecologie
Bijvoorbeeld:
- Effecten van een ander IJsselmeer op ecologie in het IJsselmeer.
- Effecten van een ander rivier afvoer op ecotopen en diersoorten langs de rivier.
- Effecten van zeespiegelstijging op ecotopen langs de kust.
- Effecten van waterbeheer op CO₂ uitstoot uit veengebieden (hertoe wordt het instrument al gebruikt in Azië).

Opmerkingen:

In het instrument kunnen allerlei effectrelaties worden opgenomen. Afhankelijk van de effectrelaties en de aanwezige data kan het instrument voor verschillende doelen en op verschillen gebieden en ruimtelijke resoluties worden toegepast.

De HABITAT tool wordt tevens ingezet bij het bepalen van schade door overstromingen. In dat geval worden schadefuncties in plaats van ecologische effectrelaties ingevoerd. Input is in dat geval een serie gridkaarten met waterdiepte, overstromingsduur en stroomsnelheid (output uit 2-D inundatiemodellen).

HABITAT is inmiddels veelvuldig gebruikt in effectstudies in binnen- en buitenland. Dit betreft advies en onderzoeksprojecten (Perspectieven studie, Klimaatbestendigheid, KRW en Natura 2000 studies, Peat CO₂ studie).



Het instrument is gratis beschikbaar voor derden op voorwaarde dat (verbeterde) effectrelaties worden toegevoegd aan de habitat kennisdatabase (deels voor iedereen toegankelijk via <http://habitat.deltares.nl>).

8.4 DEMNAT (Deltares, RIVM)

Contactpersoon: Remko van Ek (Deltares)

Algemeen:

Het ecologisch voorspellingsmodel DEMNAT (Dosis Effect Model NATuur Terrestrisch) voorspelt de effecten van veranderingen in de waterhuishouding op de terrestrische natuur. Als effectparameter is gekozen voor de vegetatie, vanwege de vrij directe relatie tussen flora en waterhuishouding. Invoer van DEMNAT bestaat meestal uit uitvoer van hydrologische modellen, maar een dosis kan ook (wanneer het gaat om een relatief klein gebied) handmatig worden ingevoerd. De ecologische effecten worden uitgedrukt in (een verandering in) de botanische kwaliteit (volledigheid) van achttien ecosysteemttypen. Deze ecosysteemttypen in DEMNAT worden ecotoopgroepen genoemd, omdat ze zijn gebaseerd op het Leidse ecotopensysteem. Met behulp van een natuurwaarderingsmodule kunnen de ecologische effecten worden vertaald naar hun betekenis voor het natuurbehoud in Nederland.

Resolutie:

1x1km landsdekkend, rekeneenheid kleiner

Domein:

Nederland landsdekkend
Tijd: evenwichtsmodel model

Input:

Bodemkaart 1:50,000, Florebase (data base), ingreep effect relaties; verandering waterhuishouding randvoorwaardes zoals die berekend kunnen worden door hydrologische modellen (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, kwelflux, peil van de kleine wateren (sloten, beken en vennen) en inlaat van systeemvreemd water.

Output:

Demnat: verandering in volledigheid/natuurwaarde 18 ecotoop groepen

Mogelijke toepassingen binnen KvK:

Landsdekkend doorrekenen van veranderde waterhuishoudingsrandvoorwaardes (GW-standen, zout, oppervlakte water etc) op de ecologie.

Opmerkingen:

Het ecohydrologische voorspellingsmodel DEMNAT is onderdeel van een beleidsanalytisch instrumentarium PAWN dat is ontwikkeld ter ondersteuning van het waterbeleid en -beheer in Nederland.

DEMNAT versie wordt breed beschikbaar gesteld, met als voornaamste doel het verbeteren van de communicatie tussen modelontwikkelaars en water- en terreinbeheerders. Achterliggende gedachte is dat mensen uit de praktijk hun eigen gebied beter kennen dan modelontwikkelaars bij de rijksoverheid die van achter hun bureau verschillende theoretische concepten uitwerken tot modellen.

DEMNAT is een typisch 'what-if' model. Met andere woorden, het model geeft aan welke effecten op de vegetatie verwacht worden wanneer bepaalde veranderingen plaatsvinden in de waterhuishouding. Het werkelijke effect op de vegetatie kan afwijken van het door DEMNAT voorspelde effect doordat het voorkomen van plantensoorten van meer factoren afhankelijk is dan alleen de waterhuishouding.



9. Conclusies

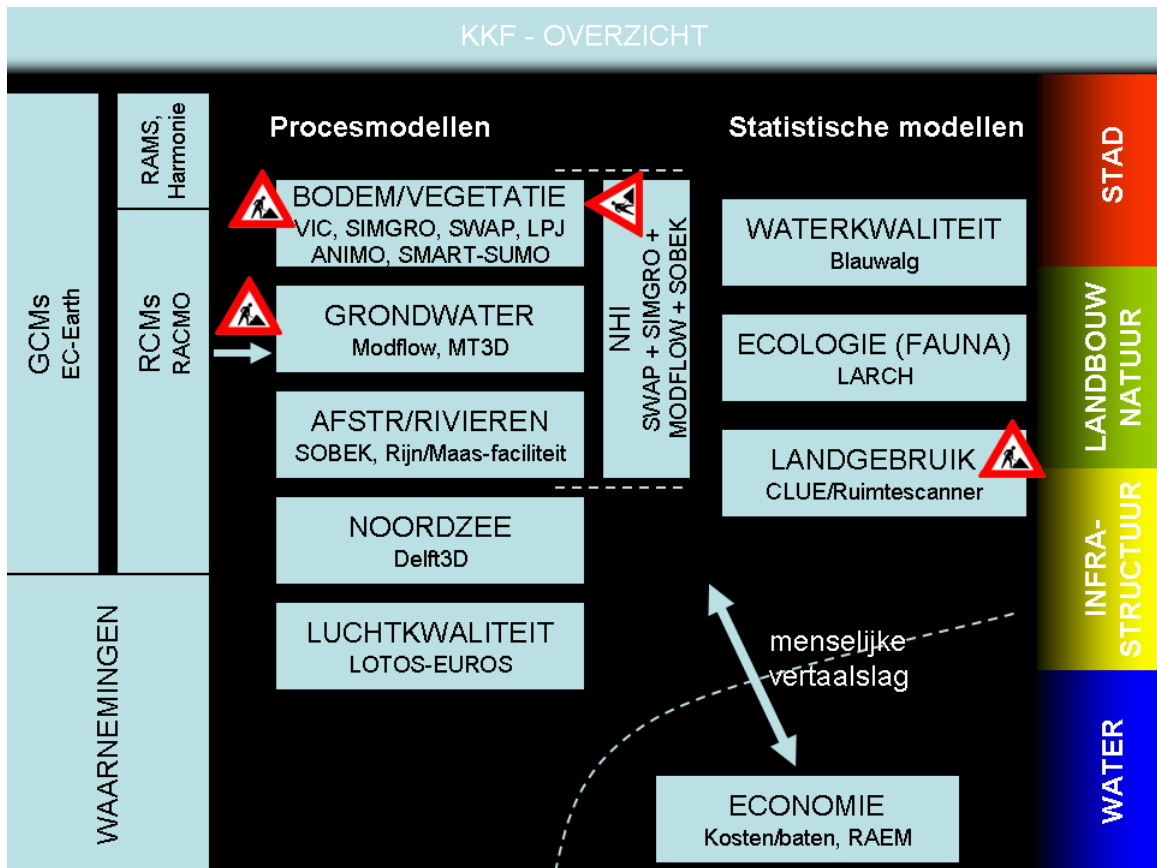
Er bestaat een grote variatie aan modellen en er wordt een breed spectrum aan onderzoeksgebieden gedekt. Er is al veel interessant en relevant onderzoek met behulp van de hier gepresenteerde modellen verricht, en er is ook een hoop potentie aanwezig voor verbeteringen in de nabije toekomst. Dat bleek ook uit de resultaten van de workshops van 6 juni en 25 juni 2008. Er zijn veel nieuwe ideeën ontstaan over hoe modellen verbeterd kunnen worden en hoe koppelingen tussen modellen kunnen worden aangebracht.

Er zijn tijdens de workshops twee hiaten in de modelinstrumentarium aangetroffen. De eerste komt voort uit het niet altijd aansluiten van de outputresolutie van de klimaatmodellen op de inputresolutie van sommige klimaateffectmodellen. Dit treedt op voor zowel de ruimtelijke schaal als de tijdschaal. Een tweede hiaat is het ontbreken van geavanceerde modellen voor het stedelijk gebied, te gebruiken bij bijvoorbeeld het stadseffect (hitte-eilandeffect) en waterbeheer. Dit heeft voor een deel te maken met het complexe gebied van de stad, waarin grote verschillen op zeer korte afstand kunnen optreden.

Figuur 1 geeft in een schematisch overzicht de verschillende typen modellen weer. Het blijkt dat de modellen in principe vrijwel allemaal thematisch zijn ontworpen. Maar de benadering vanuit de hotspots zal grotendeels sectoraal zijn. De sectoren waarvoor de meeste aandacht zal zijn, zijn *stad, landbouw en natuur, infrastructuur en water en waterveiligheid*. Om de modellen in een sectorale omgeving in te zetten, zal dus nog een vertaalslag nodig zijn. Deze zal met name moeten bestaan uit het integreren van de verschillende thema's naar de sectoren.

Tijdens de inventarisatie werd duidelijk dat de modellen zijn onder te verdelen in procesmodellen enerzijds en statistische en GIS-modellen anderzijds. In procesmodellen worden processen expliciet beschreven, terwijl statistische en GIS-modellen vooral kijken naar relaties tussen verschillende variabelen en daarmee resultaten berekent. In het algemeen blijkt bij de procesmodellen de hoeveelheid mensenwerk dat nodig is om het model te initialiseren, te draaien en de uitkomsten te verwerken relatief klein is ten opzichte van de rekentijd die de modellen vragen van computers. Het extreemste voorbeeld hiervan zijn de klimaat- en weermodellen, die vaak alleen met behulp van High-performance Computing (HPC) zijn te draaien en een integratie kan maanden duren. Toch is ook hier veel mensenwerk nodig om de modellen op te zetten. Bij statistische modellen en GIS-modellen ligt dat juist omgekeerd: naar verhouding is er zeer veel mensenwerk nodig voor het bouwen en initialiseren van het model en het interpreteren van uitkomsten, terwijl de echte rekentijd van het model beperkt blijft tot enkele minuten tot hooguit een aantal uren.

Het is te verwachten dat in figuur 1 over het algemeen de stroom van modelgegevens van links naar rechts zal zijn, waarbij aan het eind van de keten een vertaalslag zal moeten plaatsvinden van de thematische modellen naar de sectorale eindgebruikers. Tegelijkertijd is het belangrijk op te merken dat, hoewel de datastroom van links naar rechts is, de uiteindelijke vraagstelling van rechts naar links zal verlopen. Omdat dit dus compleet in tegengestelde richting verloopt, betekent dit dat voor het daadwerkelijke rekenproces opgestart kan worden, er een compleet overzicht moet zijn van de modellen die nog ingezet moeten worden en de vragen die nog moeten worden bepaald. Dit stelt eisen aan het voortraject, waarin de KKF vorm moet krijgen. Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat hoewel in figuur 1 de gegevens netto van links naar rechts lopen, er tijdens de workshops met name voor de landgebruiksmodellen ook een rol gegevensstroom naar links werd voorzien, richting bijvoorbeeld de bodem-, vegetatie- en grondwatermodellen.



Figuur 1. Overzicht van modellen die binnen de KKF en het KVK onderzoeksprogramma ingezet kunnen worden. Om het overzicht te bewaren is de opsomming van modellen niet uitputtend. De genoemde modellen dienen slechts ter illustratie. Aan de rechterkant worden de belangrijkste sectoren genoemd die naar verwachting een rol hebben binnen de hotspots. Vanuit deze sectoren zullen de vragen gedefinieerd worden.

9.1 Discussie

Zijn er generieke oplossingen te leveren, of blijft het maatwerk?

Er zijn veel modellen, die ontwikkeld worden voor specifieke onderzoeksterreinen. Omdat het huidige onderzoek op de instituten wordt uitgevoerd ten behoeve van maatschappelijk belangrijke onderwerpen, kan men verwachten dat een aantal vragen vanuit de hotspots door bestaande modellen beantwoord kan worden. Toch kan de KKF, door onderlinge uitruil van hoogwaardige data en kennis, de kwaliteit van de modellering verbeteren. Daarbij moet het volgende in het oog gehouden worden:

Is het wenselijk algemeen toepasbare modellen te ontwikkelen (bijvoorbeeld voor landsdekkende berekeningen), ook als daarbij ingewikkelder modelcombinaties ingezet worden als voor de beantwoording van een vraag noodzakelijk is, of als modellen in andere gebieden worden ingezet als waarvoor ze ontwikkeld zijn?

Het blijkt dat veel modellen voor specifiek onderzoek worden ingezet. Deze modellen zijn dan specifiek ontwikkeld of afgeregeld (gekalibreerd) voor een bepaald onderzoeksgebied. Voor het specifieke onderzoeksgebied leveren dit soort modellen over het algemeen bruikbare resultaten. Als binnen de KKF koppelingen aangelegd worden die nog niet getest zijn, heeft dit gevolgen voor de betrouwbaarheid van de resultaten. Er zal dan tijd geïnvesteerd moeten worden om de resultaten te valideren.

Daarnaast is het een discussiepunt of het wenselijk is complexere modelcombinaties in te zetten als voor de beantwoording van een vraag nodig is. In complexe modellen is het bepalen van oorzaak en gevolg lastig. Het is niet duidelijk welke processen wel of niet een significante invloed hebben op



gemodelleerde veranderingen. Daarbij geldt dat een model dat meer processen meeneemt dan een ander model, niet automatisch betere resultaten oplevert; dat zal validatie moeten uitwijzen. Vaak blijkt dan uitgebreide kalibratie noodzakelijk.

Resolutie

Veel effect- en impactmodellen draaien op een hogere resolutie dan de output van klimaatmodellen. In sommige gevallen wordt er nog een zeer hoog resolutie klimaatmodel ingezet, in de meeste gevallen wordt geïnterpoleerd. In het algemeen zijn dit soort methodes al getest en zijn er al modelresultaten in artikelen gepubliceerd. Maar er zit in principe een gat tussen de output resolutie van klimaatmodellen en de input resolutie van veel effect- en impactmodellen. Het verdient aanbeveling eens goed te onderzoeken of:

- er mogelijkheden bestaan de output van klimaatmodellen verder te downscalen. Te denken valt aan weer-generators, transformatieprogramma's voor tijdreeksen en velden, goede interpolatiemethoden.
- de keuzes voor methoden van interpolatie de eindresultaten niet te veel beïnvloeden.

Kwaliteit

Binnen de KKF zullen er databronnen en modellen gecombineerd worden. Maar het combineren van modellen, het voeden van modellen met ander type data (andere bron, andere resolutie) en het veranderen van resolutie, geeft niet zonder meer een nauwkeuriger modeluitkomst. Daar is vaak uitgebreide kalibratie en validatie voor nodig. Dit laat overigens onverlet dat dit soort verbeteringen wel veel potentie kunnen hebben.

Maar omdat de modelberekeningen bedoeld zijn voor het onderzoeken van adaptatiestrategieën en de uitkomsten dus direct in maatregelen worden vertaald, is het belangrijk aandacht te schenken aan de kwaliteit van de modelberekeningen, met name als er nieuwe koppelingen tussen modellen en databronnen ingezet worden.

Transfer naar hotspots

Het is belangrijk dat er aandacht geschonken wordt aan de overdracht van kennis en modelresultaten naar de hotspots. Daarbij moet ervoor gezorgd worden dat:

- er van te voren voldoende communicatie tussen de hotspots en KKF is om ervoor te zorgen dat de vraag zo wordt geformuleerd, dat zowel de hotspots iets aan het antwoord hebben als dat de KKF het antwoord kan leveren.
- hotspots uiteindelijk antwoord krijgen op hun vraag en het antwoord ook geformuleerd moet zijn op een manier zodat de hotspots de informatie kunnen gebruiken.
- er goed gecommuniceerd wordt over de bruikbaarheid, betrouwbaarheid en onzekerheidsmarges van de informatie die aan de hotspots vertrekt wordt.

Er moet naderhand nog samen met de hotspots gewerkt worden om ervoor te zorgen dat alle informatie nog op de juiste manier verder in het traject gebruikt wordt.

Dit zal dus een belangrijk deel van de taak van de KKF zijn, waarbij nauw samengewerkt zal gaan worden met Kennistransfer.

9.2 Nagekomen opmerkingen

Opmerking Martin Wassen:

“Binnen de eco-hydrologische effectvoorspelling zijn er de volgende prioriteiten aan te brengen: Bepalen van klimaatbestendige relaties tussen standplaats en vegetatie. Veel van de huidige kennis is gebaseerd op correlatieve, indirecte verbanden, die waarschijnlijk hun betekenis verliezen in een veranderend klimaat. Als er daarnaast rekening moet worden gehouden met een toenemende dynamiek in het weer, vereist dit kennis van naijlede en hysteresis effecten van vegetatie op de waterhuishouding.

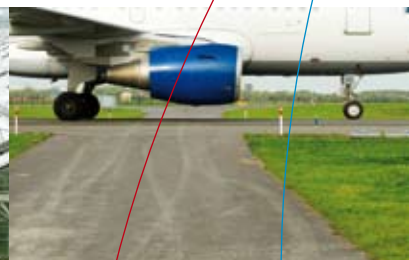
Vervolgens is er kennis nodig over de effecten van klimaatverandering op standplaatsfactoren van flora en fauna en de dynamiek van watersystemen. Hiermee samenhangend speelt het probleem dat de schaal waarop eco-hydrologische systemen bestudeerd worden in het algemeen (veel) kleiner is



dan de schalen waarmee in klimaatmodellen gewerkt wordt. Ook dient er aandacht besteed te worden aan het doorwerken van fouten van modellen op grote schaal naar modellen voor kleine schaal.”

Opmerking Jaap Kwadijk:

“Gegeven de onzekerheid in de invoer, klimaatverandering, is het in ieder geval voor waterbeheer zo dat er, op basis van de huidige stand van het onderzoek, geen ontwerpen kunnen worden gemaakt voor de verre toekomst. Zoals het hier geformuleerd is, zou een waterbeheerder dit interpreteren dat het de bedoeling is dat uit de simulaties een waterstand komt en dat die waterstand +1m dan het toetspeil kan zijn voor de dijken. We zijn nog erg ver weg van die situatie. KKF moet in staat zijn om bandbreedtes aan te geven waarbinnen de veranderingen zich met (grote) zekerheid zullen voltrekken. Op dergelijke informatie kun je een strategie bepalen (bijvoorbeeld dijkverhoging als strategie voor veiligheid tegen overstromen), maar geen individuele maatregel (de hoogte van de dijk in 2076 bij Dordrecht). Die bandbreedtes kun je aangeven door ensemble modellering (via verschillende modellen voor zowel klimaat, hydrologie als hydraulica). Mijns inziens zou dat het streven moeten zijn van de KKF. Hierbij moeten de resultaten kunnen worden vertaald in indicators die iets zinnigs zeggen over de situatie in de hotspots. Welke dat zijn moet echter komen vanuit de hotspots en niet vanuit de KKF.”



Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

E office@kennisvoorklimaat.nl

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E info@kennisvoorklimaat.nl

www.kennisvoorklimaat.nl

