



Knowledge
for Climate

Inventarisatie van socio- economische modellen voor het KKF-modellenplatform





Copyright © 2010

National Research Programme Knowledge for Climate/Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK) All rights reserved. Nothing in this publication may be copied, stored in automated databases or published without prior written consent of the National Research Programme Knowledge for Climate / Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. Pursuant to Article 15a of the Dutch Law on authorship, sections of this publication may be quoted on the understanding that a clear reference is made to this publication.

Liability

The National Research Programme Knowledge for Climate and the authors of this publication have exercised due caution in preparing this publication. However, it can not be excluded that this publication may contain errors or is incomplete. Any use of the content of this publication is for the own responsibility of the user. The Foundation Knowledge for Climate (Stichting Kennis voor Klimaat), its organisation members, the authors of this publication and their organisations may not be held liable for any damages resulting from the use of this publication.

Inventarisatie van socio-economische modellen voor het KKF-modellenplatform

Authors

Philip J. Ward¹, Ted I. E. Veldkamp¹



⁽¹⁾ Vrije Universiteit, IVM

KfC/038C/2011

KKF01b

ISBN 978-94-90070-00-7

Thanks to...

This research project (KKF01b; Inventarisatie van socio-economische modellen voor het KKF-modellenplatform) was (is) carried out in the framework of the Dutch National Research Programme Knowledge for Climate (www.knowledgeforclimate.org) This research programme is co-financed by the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).



Content

1	Inleiding	7
1.1	Doel van dit rapport.....	7
1.2	Opbouw van dit rapport	8
2	Socio-economische scenario studies in Nederland	9
2.1	De rol van socio-economische scenario's in klimaatimpact onderzoek ..	9
3	Socio-economische parameters van belang voor de sectoren landgebruik, waterveiligheid, landbouw en natuur	11
3.1	Sector landgebruik.....	11
3.2	Sector landbouw.....	12
3.3	Sector natuur	12
3.4	Sector Waterveiligheid	13
4	Modelinventarisatie.....	14
5	Recommendations.....	40
5.1	Coupling recommendations for the KKF-modelling platform.....	42
5.1.1	Coupling land use model with hydrological model	42
5.1.2	Coupling hydrological model with flood risk model.....	45
6	Referenties.....	48





1 Inleiding

Het Kennis voor Klimaat (KvK) programma is gestart in 2008 en loopt tot 2013. Het gaat zich richten 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 Nationale Adaptatie Agenda gewerkt, om algemene kennis met betrekking tot adaptatie vast te leggen (de zogenaamde Bouwstenen Nationale Adaptatie Agenda).

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. Voor de uitvoering van het modellerenwerk, wordt de Klimatkennisfaciliteit (KKF) opgericht. Deelnemende instituten zijn Alterra, Deltares, KNMI, TNO, Universiteit Utrecht en Vrije Universiteit Amsterdam.

Doel van het project KKF-coupling 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.

1.1 Doel van dit rapport

Het modellenplatform omvat tot nu toe voornamelijk modellen die gaan over natuurlijke (fysische, chemische en biologische) processen, zoals hydrologische/hydraulische modellen, (resultaten van) klimaatmodellen, ecologische en landbouw modellen. Socio-economische ontwikkelingen spelen echter ook een grote rol voor de gevolgen van klimaatverandering.

Het doel van dit rapport is om een inventarisatie te maken van modellen die gebruikt kunnen worden om socio-economische scenario's te genereren voor Nederland en modellen die gebruikt zijn binnen nationale impactstudies om de gevolgen (*impacts*) van socio-economische ontwikkelingen te simuleren op de sectoren landgebruik, waterveiligheid, landbouw en natuur. Daarnaast zal er, aan de hand van deze inventarisatie, een workshop worden gehouden om te kijken waar koppelingen tussen modellen wenselijk zijn. Voor twee van de geselecteerde modellen zal ook bekeken worden hoe deze koppelingen kunnen worden vormgegeven.



1.2 Opbouw van dit rapport

Dit rapport geeft de uitkomsten van deze voorbereidende fase kort weer. In sectie 2 worden de resultaten van recente projecten op het gebied van socio-economische scenario's voor klimaatimpact assessment in Nederland kort samengevat. In sectie 3 worden de resultaten van een literatuuronderzoek samengevat die de belangrijkste parameters weergeven met betrekking tot de te bestuderen sectoren. In sectie 4 wordt de modelinventarisatie weergegeven, en in sectie 5 wordt advies gegeven over waar koppelingen tussen modellen wenselijk zijn en hoe deze moeten worden vormgegeven. Op verzoek van Deltares zijn de aanbevelingen in het Engels gegeven.



2 Socio-economische scenario studies in Nederland

In het kader van het Nederlandse onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte (KvR) (www.klimaatvoorruimte.nl) is het project Socio-economic Scenarios for Climate Assessments (IC11) uitgevoerd. Het doel van dit onderzoek was om een overzicht te geven van bestaande socio-economische scenario's voor Nederland en internationaal. In deze sectie worden de belangrijkste punten uit dit onderzoek voor het KKF-modellenplatform kort samengevat op basis van de rapporten van Berkhout & Van Drunen (2007) en Van Drunen & Berkhout (2009a, 2009b), waarnaar de lezer worden verwezen voor meer gedetailleerde informatie.

2.1 De rol van socio-economische scenario's in klimaatimpact onderzoek

Klimaat- en adaptatiestudies onderzoeken de gevolgen van de klimaatverandering op fysische en socio-economische systemen. Omdat de link tussen klimaat en maatschappij zeer complex is, worden de socio-economische en klimaatsystemen in veel klimaat studies als twee losse systemen beschouwd of wordt er van uitgegaan dat de socio-economische parameters constant blijven (in tijd en ruimte).

Niet alleen het klimaat verandert echter, ook de samenleving is dynamisch van aard. Bovendien zijn socio-economische- en klimaatsystemen afhankelijk van elkaar. Veranderingen in socio-economische parameters moeten dan ook meegenomen worden in klimaatimpact studies.

Drie belangrijke argumenten die het bovenstaande ondersteunen kunnen volgens Parson *et al.* (2006) teruggevonden worden in recent onderzoek. Ten eerste moeten studies, die de toekomstige impacts van klimaatverandering en adaptatie in ogenschouw nemen, kijken naar verschillende toekomstscenario's van socio-economische parameters. Ten tweede moeten kwalitatieve en participatieve methoden een belangrijkere rol krijgen in klimaatimpact studies. En ten derde moeten klimaatimpact studies meer duidelijkheid geven over de genomen aannames, simplificaties en de onzekerheden die gepaard gaan met het onderzoek.

In klimaatstudies kunnen veranderingen in socio-economische parameters worden onderzocht door middel van scenarioanalyses. Scenario's zijn beschrijvingen van mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Ze bestaan uit verhaallijnen die meestal kwantitatief worden onderbouwd met modellen. De meest bekende scenario's in klimaatstudies zijn de SRES scenario's van de IPCC (IPCC, 2000). Deze scenario's maken projecties van de mondiale uitstoot en atmosferische concentratie van broeikasgassen in de 21^e eeuw. Voor klimaatimpact studies is het echter ook van belang om scenario's te gebruiken die meer gedetailleerde



informatie geven voor een bepaald gebied, of informatie die meer direct van belang is voor een specifiek vraagstuk.

De studie Welvaart en Leefomgeving (WLO, 2006) beschrijft vier verschillende scenario's voor Nederland tot 2040. WLO kent twee zogenaamde sleutel-drivers die bepalend zijn voor de vier scenario's: de mate van individualisering en de mate van internationale samenwerking. De implicaties van deze sleutel-drivers zijn vertaald naar zowel socio-economische kentallen zoals werkgelegenheid en bevolkingsomvang, als naar ruimtelijke kentallen, zoals beschikbare woonruimte in verschillende regio's. In dit rapport wordt gekeken naar parameters die van belang zijn voor de sectoren landgebruik, waterveiligheid, landbouw en natuur in Nederland, en naar modellen die veranderingen in deze parameters, of de gevolgen daarvan, kunnen simuleren.



3 Socio-economische parameters van belang voor de sectoren landgebruik, waterveiligheid, landbouw en natuur

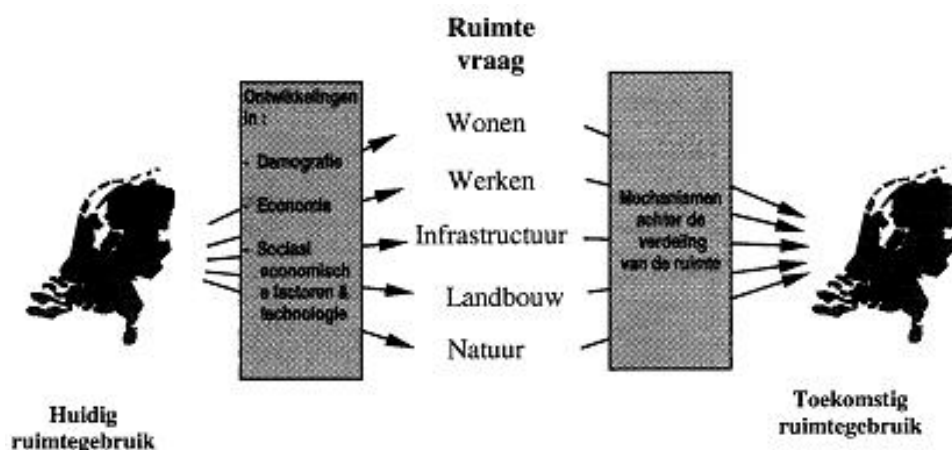
Doel van deze sectie is het identificeren van een aantal socio-economische parameters die van belang zijn voor de sectoren landgebruik, waterveiligheid, agricultuur en natuur. Een parameter is een onbekende of variabele die de uiteindelijke toestand van een systeem bepaalt wanneer deze variabele een waarde krijgt toegekend. Een dergelijk overzicht van parameters vormt een bruikbaar raamwerk voor de identificatie van modellen aangezien alleen de modellen en methoden worden geselecteerd voor het KKF-modellenplatform die de data voor een van deze parameters verschaffen. De parameters staan geclusterd per sector. Deze sectie is bedoeld om slechts een indruk te geven van de belangrijkste parameters en vormt geen uitgebreide discussie. Voor meer details wordt verwezen naar de referenties die vermeld staan per sector.

3.1 Sector landgebruik

Hoewel onderzoek naar toekomstig landgebruik noodzakelijk is, is hieraan minder aandacht besteed dan aan onderzoek naar het toekomstige klimaat. Volgens Alcamo *et al.* (2006) komt dit door de complexiteit van het simuleren van combinaties van factoren zoals: toekomstige vegetatie, beslissingen over waar te bouwen en te wonen, waar men gewassen moet verbouwen, en welke gebieden te beschermen. Dit wordt deels opgelost door het ontwikkelen van scenario's van toekomstig landgebruik (Alcamo *et al.*, 2006). Scenario's geven een plausibele ontwikkeling van landgebruik, onder de assumptie dat de achterliggende parameters zich ontwikkelen zoals voorgeschreven in het scenario. Westhoek *et al.* (2006) vormen drie groepen scenario's op basis van hun gebruik: (a) *policy optimisation*; (b) *vision building*; en (c) *strategic orientation*.

Vertrekpunt voor het definiëren van verschillende scenario's of toekomstbeelden wordt volgens Dekkers & Koomen (2006) gevormd door de scenariomethode waarin verschillende dominante socio-economische trends bij elkaar worden gebracht (focus op economie versus focus op ecologie, focus op internationaal versus focus op lokaal). De sector landgebruik is in meerdere studies opgebouwd uit *claims* van (o.a.) de sectoren: wonen, werken, natuur, recreatie, landbouw, en water (Dekkers & Koomen, 2006). Deze parameters hebben ieder ook hun eigen onderliggende parameters; voorbeelden voor de sectoren landbouw, natuur en waterveiligheid zijn beschreven in secties 3.2 - 3.4.

Veranderingen in landgebruik vinden dus (deels) plaats als gevolg van veranderingen in de ruimtevraag in de sectoren wonen, werken, infrastructuur, landbouw, natuur en water (zie Figuur 3.1). Landgebruikkaarten tonen dan ook de ruimtelijke (en temporele) distributie van het areaaloppervlak voor de verschillende sectoren, voortgedreven door veranderingen in de onderliggende parameters. Landgebruik kan dus een sleutelrol spelen in klimaatimpactstudies omdat landgebruikscenario's een verzamelbeeld geven van de gevolgen van veranderingen in de achterliggende sectoren.



Figuur 3.1 Globale samenhang tussen de voornaamste processen bij verandering in het ruimtegebruik (Bron: Schotten et al., 1997, p. 14).

3.2 Sector landbouw

Volgens WLO (2006) en Dekkers & Koomen (2006) zijn onderstaande parameters van belang voor ruimteclaims in de sector landbouw:

- De vraag naar landbouwproducten;
- Economische ontwikkelingen (prijzen en subsidies);
- Technologische ontwikkelingen;
- Milieu-, ruimtelijke- en beleidsrestricties;
- Toegevoegde waarde (lange termijnontwikkeling);
- Werkgelegenheid (lange termijn ontwikkeling);
- Omvang van de verschillende bedrijfstakken binnen de sector;
- Arbeidsproductiviteit;
- Het economisch handelen van de agrariër, uitgaande van optimalisatie gegeven technische, landbouwkundige, economische, ruimtelijke en beleidsmatige beperkingen.

3.3 Sector natuur

Milieudruk op de sector natuur wordt volgens WLO (2006) bepaald door de volgende parameters:

- Ontwikkeling van de bevolking (bevolkingsgroei per regio);
- Ontwikkeling van het Bruto Binnenlands Product (BBP);
- Het toekomstig activiteiten- en consumptiepatroon;
- De toekomstige productiestructuur (verhoudingen tussen sectoren);
- Toekomstige ruimteclaims vanuit andere sectoren;
- Milieubelasting vanuit andere sectoren;
- Toekomstig beleid.



3.4 Sector Waterveiligheid

In het document Aandacht voor Veiligheid (AvV) (Aerts *et al.*, 2008) is er met behulp van verschillende indicatoren onderzocht wat de impact is van lange termijn ontwikkelingen zoals klimaatverandering op waterveiligheid. Als belangrijkste indicatoren met betrekking tot de kwetsbaarheid van Nederland ten aanzien van overstromingen beschrijft het AvV project de volgende variabelen (waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen impact variabelen en variabelen die deze impactvariabelen beïnvloeden, voortdrijvende variabelen):

Voortdrijvende variabelen:

- Bevolkingsdichtheid in het overstroomde gebied;
- Mate van economische activiteit in het overstroomde gebied;
- Type van economische activiteit in het overstroomde gebied;
- De kans op een overstroming;
- Globale schatting van de omvang van de wateroverlast.

Impactvariabelen:

- De potentiële (economische) schade als gevolg van een overstroming;
- Het schaderisico (kans x schade);
- Potentieel aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming.

Het potentieel aantal slachtoffers, de potentiële economische schade en het schaderisico (de impactvariabelen) worden bepaald door de voortdrijvende variabelen. Zowel demografische als economische ontwikkelingen staan ten grondslag aan bovengenoemde parameters.

Een tweede onderwerp omtrent waterveiligheid betreft de verdroging van Nederland. Verdroging kent volgens Paarlberg (1999) de volgende oorzaken of indicatoren:

- Intensivering van ontwatering en afwatering in landelijk gebied;
- Onttrekking van grondwater voor grondwaterwinning;
- Onttrekking van grondwater voor het droog houden van bouwputten en het bemalen van vuilstorten;
- Verstedelijking;
- Veranderingen in het landgebruik;
- Aanleg van kanalen en polders;
- Delfstoffenwinning.



4 Modelinventarisatie

Deze modelinventarisatie is opgesteld aan de hand van een review van recente literatuur en intern overleg binnen het IVM. De inventarisatie geeft een aantal belangrijke modellen/methoden weer die of (a) kunnen worden gebruikt om socio-economische scenario's te genereren voor Nederland of (b) zijn gebruikt binnen nationale impactstudies om de gevolgen (*impacts*) van socio-economische ontwikkelingen te simuleren op de sectoren landgebruik, waterveiligheid, landbouw en natuur. De inventarisatie vormt geen volledig lijst van alle modellen op dit gebied, maar geeft een overzicht van state of the art modellen die belangrijke informatie kunnen geven over de parameters genoemd in sectie 3. Het is belangrijk om te realiseren dat een aantal van deze modellen/methoden zelf afhankelijk zijn van meerder achterliggende modellen (e.g. Ruimtescanner), of de resultaten zijn van tal van onderliggende modellen (e.g. WLO scenario's). In overleg met de opdrachtgever is besloten om de specificaties van al deze onderliggende modellen niet te beschrijven.



Error! Reference source not found.

Tabel 4.1

AGRICOM (Agricultural Cost Model)

Algemeen: Het Agricultural Cost Model is een economisch model dat de kosten en baten als gevolg van hydrologische en klimaatveranderingen berekent voor de landbouwsector.
Het model is opgebouwd uit drie verschillende modules:
Module I: Berekent via het landgebruik en de gemiddelde grondwaterstand langjarig gemiddelde nat- en droogteschades;
Module II: Berekent schades (natschade, droogteschade en zout-schade) voor individuele jaren aan de hand van het landgebruik en een veranderde mate van verdamping;
Module III: Gebruikt beregeningscijfers en berekent zo de jaargemiddelde beregeningskosten voor de agrarische sector per district.

Resolutie

Ruimtelijk: 500 m x 500 m grid
Tijd: Tijdstappen van 1 jaar

Domein (ruimte): Nederland
Domein (tijd): Tijdshorizon over de periode 2015-2045

Input: MOZART model voor de berekening van beregeningskosten (gegevens over hoeveelheid beregening);
LEI (economische gegevens, IKC-gewasschade tabellen);
Landgebruikscenario's voor 2015, 2045;
Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (landgebruik, bodemtype, verdamping (langjarige gemiddelden en individuele jaren), beregeningsgift per individueel jaar.

Output: Langjarig gemiddelde opbrengstdepressiefractie en langjarig gemiddelde geldelijke gewasopbrengst per plot/gewas;
Opgetreden financiële opbrengstenderving per plot/gewas;
Jaargemiddelde beregeningskosten per district en over het totaal van alle districten.

Mogelijke toepassingen: Het berekenen van de impact van hydrologische, klimaat en landgebruikverandering in de landbouw sector op basis van kosten en baten.

Gastinstelling & contactpersoon: Rijkswaterstaat
G.E. Arnold

Aanvullend commentaar:

Bron: De Nijs & Vixseboxse (1998)

http://www.helpdeskwater.nl/applicaties_en/water_en_ruimte/agricom/



Tabel 4.2

CAPRI-Dynaspat (Common Agricultural Policy Regionalised Impact)	
Algemeen:	Het doel van het CAPRI-Dynaspat model is het geven van een evaluatie van de regionale en geaggregeerde effecten en impact op productie, inkomen, markten, handel en milieu die voortkomen uit de 'Common Agricultural Policy' en de handelspolitiek.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Regionaal niveau NUTS II (CAPRI), 1km x 1km grid (CAPRI-Dynaspat)
Tijd:	Alleen simulatieweergave van het laatste jaar
Domein (ruimte):	
Domein (tijd):	EU 27 (landen) + 6 westelijke Balkan landen Tijdshorizon van 5 tot 10 jaar (meestal horizon van 8 jaar)
Input:	Agricultuur beleid in CAP; Marktprijzen van agricultuur producten; Voedsel; N, P, K meststoffen; diesel; kosten van gewasbeschermingsmiddelen.
Output:	Bewerkte gebieden; Vee (grootte van de kudde); Nutriënten balans (N, P, K); Emissie (Ammoniak, methaan en N ₂ O); Energiegebruik binnen de agricultuur sector.
Mogelijke toepassingen:	Het ex-ante simuleren en vergelijken van de effecten van verschillende sets van agricultuur beleid over een tijdshorizon van 8 tot 11 jaar. Voorbeelden: The Agenda 2000 reform package of the CAP (1999); CAP milk market liberalization options (2000); The MTR reform package of the CAP (2002); Possible outcomes of the WTO Doha round (2003); Tradable permits for Green House Gases (2003); The Luxembourg Compromise of the CAP (2003); - Insurance options for Food & Mouth Disease (2004).
Gastinstelling & contactpersoon:	Institute for Food and Resource Economics, Bonn University (http://www.agp.uni-bonn.de/agpo/rsrch/dynaspat/dynaspat_e.htm)
Aanvullend commentaar:	CAPRI kijkt alleen naar de landbouwsector en dus niet veranderingen in land cover (bijvoorbeeld landbouw naar bos/stad en omgekeerd kan worden bepalen).
Bron: EEA (2010) http://www.capri-model.org/index.htm	



Error! Reference source not found.

Tabel 4.3

CAPSIM (Common Agricultural Policy Simulation Model)	
Algemeen:	CAPSIM is een gekalibreerd, vergelijkend, statisch, partieel evenwichtsmodel ontworpen voor de impact analyse van beleid afkomstig vanuit de 'CAP'. Toekomstige ontwikkelingen binnen de agricultuur worden bepaald door middel van technologische en structurele ontwikkelingen en veranderingen van preferenties gecombineerd met veranderingen in de exogene input.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Landniveau
Tijd:	Afhankelijk van de behoefte (bijvoorbeeld tijdstappen van 5 jaar)
Domein (ruimte):	
Domein (tijd):	EU 27 (landen) + de westelijke Balkan landen Tijdshorizon tot 2025
Input:	Macro economische ontwikkelingen (populatie, prijzen, huishoudensamenstelling); CAP beleid; Output van bestaande projecties (FAPRI, CAPRI, DG Agri).
Output:	Veranderingen in agricultureel productie niveau, methoden en inkomen; Nutriënt balansen (N, P, K); Gas emissies (NH ₃ , N ₂ O, CH ₄).
Mogelijke toepassingen:	CAPSIM wordt gebruikt als de basis voor het landbouw vooruitzicht van het Europees Milieu Agentschap (EEA)
Gastinstelling & contactpersoon:	EuroCARE www.eurocare-bonn.de/profrec/capsim/capsim_e.htm
Aanvullend commentaar:	
Bron: EEA (2010) www.eurocare-bonn.de/profrec/capsim/capsim_e.htm	



Tabel 4.4

CLUE/CLUE-s model (Conversion of Land Use change and its Effects (at small regional extent))

Algemeen:	Het CLUE model is een dynamisch ruimtelijk model, met een focus op de interactie tussen ruimtelijk beleid en restricties, dat landgebruikverandering en de daarmee gepaard gaande effecten modelleert op basis van een complex systeem van interacties tussen sturende sectoren op verschillende schaalniveaus. Landgebruik verandert als gevolg van ontwikkelingen in socio-economische- en biofysische condities evenals door veranderingen in de vraag naar verschillende typen ruimtegebruik. Het model baseert zijn totale ruimtevraag op kwantitatieve gegevens vanuit trendanalyses, scenario aannames en macro-economische modellen.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Afhankelijk van de toepassing variërend van 50x50 meter tot 30x30 km pixels (lokale tot continentale toepassingen)
Tijd:	Tijdstappen van 1 jaar
Domein (ruimte):	Afhankelijk van toepassing en data. Toepassingen door vele instituten in minimal 150 verschillende case studies over de hele wereld.
Domein (tijd):	Tijdshorizon is 20 tot 40 jaar
Input:	Landgebruikkaart (remote sensing van landbedekking of census data van landgebruik); Demografische projecties; Landgebruik vraag voor landbouw, urbaan etc. (gebaseerd op trends, scenario's of macro-economische modellen); Ruimtelijk beleid; Locatiefactoren (biophysische en sociaal-economische factoren).
Output:	Veranderingen in landgebruik.



Error! Reference source not found.

Mogelijke
toepassingen:

Evaluatie van ruimtelijke consequenties van beleid (ex-ante assessment);
Toekomstscenario's met verkenningen van mogelijke ruimtelijke effecten van landgebruikveranderingen.

Gastinstelling &
contactpersoon:

Ontwikkeld door Peter Verburg en Tom Veldkamp aan de Wageningen Universiteit. De CLUE-s versie (2002) is beschikbaar voor download op <http://www.cluemodel.nl> (beide ontwikkelaars zijn naar andere instellingen verhuisd).

Aanvullend
commentaar:

Bron: *CLUE version*: Verburg *et al.* (1999); *CLUE-s version*: Verburg *et al.* (2002)
Peter Verburg (personal communication)



Tabel 4.5

CLUE-Scanner	
Algemeen:	Recent model ontwikkeld door het combineren van de onderliggende concepten van het CLUE-s/Dyna-CLUE model en het Ruimtescanner model. Het model is generiek toepasbaar in verschillende context voor de analyse van verschillende typen landgebruikveranderingen: ontbossing, verstedelijking, intensivering en de hergroei van natuurlijke vegetatie. Het model integreert gegevens over mondiale processen als wereldhandel en migratie en lokaal gedreven processen zoals de hergroei van natuurlijk vegetatie op verlaten landbouwgronden. Het model is geschikt voor het evalueren van scenario's die verschillende typen ruimtelijk beleid bevatten en bijvoorbeeld met de ruimtelijke consequenties van adaptatie aan klimaatsverandering. Verschillende indicatoren op het gebied van milieu zijn in het model geïntegreerd.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Variabel afhankelijk van de toepassing, voor de Europese toepassing 1 km x1 km grid
Tijd:	Tijdstappen van 1 jaar
Domein (ruimte):	Afhankelijk van de toepassing, voor Europa EU27
Domein (tijd):	Afhankelijk van de toepassing ongeveer 20-40 jaar
Input:	Landgebruikkaart (remote sensing van landbedekking of census data van landgebruik); Demografische projecties; Landgebruik vraag voor landbouw, urbaan etc. (gebaseerd op macro-economische modellen zoals GTAP en CAPRI); Ruimtelijk beleid (inclusief mogelijke adaptatie maatregelen); Locatiefactoren (biophysische en sociaal-economische factoren).



Error! Reference source not found.

Output:	Veranderingen in landgebruik; Veranderingen in een set indicatorwaarden: koolstofvastlegging, overstromingsrisico, biodiversiteit, landschapcoherentie etc.
Mogelijke toepassingen:	Ex-ante evaluatie van beleidsvoorstellen (ruimtelijke planvorming, gemeenschappelijk landbouwbeleid, klimaatadaptatie) Verkenning scenario's (b.v. Global Environmental Outlook, IPCC) Verkenning ruimtelijke consequenties specifieke terreinen, b.v. biodiversiteit, klimaatadaptatie etc.
Gastinstelling & contactpersoon:	Gezamenlijk ontwikkeld door Vrije Universiteit Amsterdam, Object-Vision, Geodan Next, Alterra, PBL Prof. Dr. Ir. Peter Verburg (IVM, VU Amsterdam; peter.verburg@ivm.vu.nl) Dr. Eric Koomen (FEWEB, VU Amsterdam; ekoomen@feweb.vu.nl) Maarten Hilfering (ObjectVision)
Aanvullend commentaar:	In vergelijking met de eerdere CLUE en CLUE-s versies heeft het CLUE-scanner model een uitgebreide user-interface en zal medio 2010 als open-source software beschikbaar worden gemaakt.

Bron: Verburg & Overmaas (2009)



Tabel 4.6

Damagescanner	
Algemeen:	De Damagescanner model modelleert economische schade als gevolg van overstromingen. De Damagescanner is een vereenvoudiging van de HIS Schade en Slachtoffer module in die zin dat alleen de inundatiediepte wordt meegenomen en (gemiddelde) schade wordt berekend voor landgebruiksklassen in plaats van naar afzonderlijke objecten te kijken, daardoor vinden berekeningen sneller plaats. Landgebruiksklassen zijn gebruikt om het model met toekomstscenario's te kunnen gebruiken; voor de toekomst zijn geen gedetailleerde object-landgebruikscenario's beschikbaar. De effecten van overstromingen worden gemodelleerd door kaarten van waterdieptes te combineren met landgebruikkaarten, en door gebruik van schadefuncties.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	100 m x 100 m pixels
Tijd:	Schade voor een bepaalde overstromingsscenario
Domein (ruimte):	Regionaal (dijkkringen) tot nationaal (niet lokaal)
Domein (tijd):	Tijdshorizon: 2015 – 2040 – 2100
Input:	Landgebruikkaart; Overstromingsdiepte; Schadefuncties per landgebruiksklasse met maximale schade.
Output:	Schadekaart met daarop weergegeven de schade in een gebied per landgebruiksklasse bij een bepaalde overstromingsdiepte.
Mogelijke toepassingen:	- Berekenen van schade op basis van toekomstige scenario's (bijvoorbeeld klimaat, landgebruik, socio-economische); - Berekenen van schade als gevolg van een overstroming in een bepaald gebied.
Gastinstelling & contactpersoon:	Het LUMOS-consortium: Planbureau voor de Leefomgeving; Arno Bouwman en Judith Borboom; Vrije Universiteit Amsterdam; Eric Koomen; Deltares; Afdeling Transport en scheepvaart; Utrecht Universiteit; Wageningen Universiteit en onderzoekscentrum; Technische Universiteit Delft; Onderzoeksinstituut voor Kennis Systemen; Object Vision.



Error! Reference source not found.

Aanvullend -De Damagescanner is geprogrammeerd in PC Raster, Ar-
commentaar: cGIS en Matlab.

Bron: Klijn *et al.* (2007); Koomen (2008); Van der Hoeven *et al.* (2009)



Tabel 4.7

DIVA (Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment Tool)

Algemeen:	DIVA is een tool, beschikbaar op CD-ROM, om kwalitatieve informatie te genereren met betrekking tot meerdere indicatoren van de kwetsbaarheid van de kust. Deze indicatoren kunnen worden gegenereerd vanuit verschillende klimaat- en socio-economische scenario's en adaptatiemaatregelen op het schaalniveau van landen, regio's en/of mondiaal.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	12,148 kustsegmenten (gemiddeld 70km, maar afhankelijk van gebied; de segmenten zijn homogeen met betrekking tot impacts en kwetsbaarheid door een stijging van de zeespiegel)
Tijd:	Lange termijn
Domein (ruimte):	
Domein (tijd):	Wereld Tijdshorizon tot 2100
Input:	Input data is beschikbaar in de vorm van GIS-lagen op de CD-ROM zodat de impacts van verschillende combinaties kunnen worden onderzocht. Voorbeelden van de GIS-lagen zijn: GDP; Socio-economisch scenario's; Storm surge dieptes; Rivier- en kustmorfologie; Verandering van zeeniveau / subsidence.
Output:	Zeespiegel scenario's, impact van veranderingen in zeespiegel op: Afstand van kustinvloed op rivierafvoer; Wetland areaal; Overstromingen (van zee); Land areaal en economische waarde daarvan; Kusterosie; Aantal toeristen; Socio-economische impacts en optimale (user-defined) adaptatie strategieën.
Mogelijke toepassingen:	Het analyseren van de lange termijn gevolgen van zeespiegel stijging op fysische- en socio-economische indicatoren; Het toetsen van de effectiviteit van adaptatiemaatregelen met betrekking tot het stijgen van de zeespiegel.
Gastinstelling &	Potsdam Institute for Climate Impact Research



Error! Reference source not found.

contactpersoon: Richard Klein (richard.klein@sei.se)

Aanvullend
commentaar:

Bron: <http://diva.demis.nl/>



Table 4.8

EFISCEN (European Forest Information Scenario Model)

Algemeen:	EFISCEN is een bosbestand/bosbeheer model dat gebruikt wordt om meer informatie te verkrijgen over de toekomstige ontwikkelingen van Europese bossen als het gaat om duurzaam beleid; mogelijkheden omtrent houtproductie; natuurgericht management; impact van klimaatverandering; verstoringen in de natuur en koolbalans vraagstukken. Door de gedetailleerde onderliggende database verschaffen projecties op verschillende schaalniveaus informatie waar zowel bosbeheerders als beleidsmakers op nationaal of international niveau mee gebaat zijn. EFISCEN modelleert alleen bosgebieden die beschikbaar zijn voor de houtproductie. Zowel onproductieve bossen als natuur beschermingsgebieden zijn uitgesloten van analyse. De projectie van hulpbronnen in EFISCEN wordt gedreven door de marktvraag naar “rond” hout, dat de kap bepaalt.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Van nationaal tot provinciaal niveau
Tijd:	Tijdstappen van 5 jaar
Domein (ruimte):	EU27, Zwitserland, Noorwegen
Domein (tijd):	Tijdshorizon van 50-60 jaar
Input:	EFISCEN inventarisatie database; Bosbeheer (boomsterfte, opbrengsten, en kapbeleid); Marktvraag naar rond hout.
Output:	Verspreiding van boomsoorten; Gebied, groei van voorraden, oogstniveau en distributie van leeftijds groepen; Informatie over koolstof voorraden in biomassa en bodem .
Mogelijke toepassingen:	
Gastinstelling & contactpersoon:	European Forest Institute (EFI) en Alterra (zie www.efi.int/projects/efiscen)
Aanvullend commentaar:	
Bron:	



Error! Reference source not found.

Tabel 4.9

FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution)	
Algemeen:	FUND is een integrated assessment model voor klimaatverandering. Het model simuleert de (economische) gevolgen van klimaatverandering voor toekomstige scenario's in: agrarische productiviteit, bosbouw productie (en consumptie), waterbeschikbaarheid, energieconsumptie, landareaal, ecosysteemwaarden, mortaliteit als gevolg van ziektes en economische schade als gevolg van tropische stormen.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	16 wereld regio's
Tijd:	Tijdstappen van 1 jaar
Domein (ruimte):	Globaal
Domein (tijd):	Tijdshorizon voor de periode 1950 - 2300
Input:	Bevolking; Energiegebruik; GDP; Emissies van CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , SO ₂ .
Output:	Verandering in agrarische productiviteit; Verandering in bosbouw productie (en consumptie); Verandering in waterbeschikbaarheid (in USD); Verandering in kosten van energieconsumptie; Verandering in landareaal als gevolg van een stijging van het zeeniveau; Verandering in ecosysteemwaarden; Verandering in mortaliteit als gevolg van ziektes; Economische schade als gevolg van tropische stormen.
Mogelijke toepassingen:	Kosten/baten analyses van beleid ten opzichte van de reductie van broeikasgasemissies; Het bestuderen van de effectiviteit van klimaatbeleid.
Gastinstelling & contactpersoon:	Richard Tol (IVM)
Aanvullend commentaar:	
Bron: http://www.mi.uni-hamburg.de/FUND.5679.0.html	



Tabel 4.10

HIS-SSM (Hoogwater Informatie Systeem – Schade en Slachtoffer Module)	
Algemeen:	De HIS Schade en Slachtoffer Module berekent de verwachte schade per object en het verwachte aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming in een (dijkring)gebied, waarbij de maximale schade wordt berekend aan de hand van het grondgebruik en de schaderelaties en het aantal slachtoffers wordt bepaald door een set van slachtofferfuncties en de parameters waterdiepte, stroom- en stijgsnelheid. Binnen schaderelaties wordt elke landgebruikcategorie gekoppeld aan een schadefunctie, de maximale schade en de bijbehorende schade-eenheid. Het begrip schade kan hierbij worden onderverdeeld in: directe schade, directe schade door bedrijfsuitval en indirecte schade door een overstroming. Het afwegingskader binnen de HIS-SSM wordt gevormd door: het aantal slachtoffers; de economische schade; de maatschappelijke ontwrichting; de milieuschade; de cultuur(historische) schade.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	100 m x 100 m grid
Tijd:	Schade voor een bepaalde overstromingsfrequentie
Domein (ruimte):	Nederland
Domein (tijd):	Tijdshorizon tot 2040 (Nederland later studie wordt gebruikt voor toekomstig landgebruik)
Input:	Overstromingskarakteristieken (stroomsnelheid, stijgsnelheid, waterdiepte); Landgebruikdata (Geografische basisdata); Maximale schade per object per landgebruikcategorie;



Error! Reference source not found.

Output:	Schadefuncties per landgebruikcategorie; Beschutting- evacuatiefactor (slachtoffers); GIS-kaarten met daarin weer- gegeven de verwachte schade en aantal slachtoffers in een gebied (per pixel).
Mogelijke toepassingen:	Het ondersteunen van de beleidsmatige voorbereiding op rampen; Het ondersteunen van de operationele rampenbestrij- ding tijdens overstromings- dreiging.
Gastinstelling & contactpersoon:	RWS-DWW http://www.verkeerenwaterstaat.nl/kennisplein/page_kennisplein.aspx?DossierURI=&Id=269463
Aanvullend commentaar:	Waar de Damagescanner zijn schade baseert op landgebruikklas- sen wordt in de HIS SSM de schade bepaald per object.

Bron: Huizinga *et al.* (2004); Meyer & Messner (2005);
<http://www.helpdeskwater.nl/waterkeren/management/overstromingslexicon/?ActId=26431>



Tabel 4.11

IMAGE (Integrated Model to Assess the Global Environment)

Algemeen:	IMAGE modelleert de effecten van menselijke activiteiten wereldwijd op het milieu waarbij rekening gehouden wordt met interacties tussen de maatschappij, biosfeer en het klimaat systeem. Het is een verzameling van meerdere verschillende submodellen (e.g. PHOENIX, TIMER, GTAP, FAIR). Doel van IMAGE is het verkennen van de lange termijn dynamiek van wereldwijde veranderingen als gevolg van de interactie tussen demografische, technologische, economische, sociale, culturele en politieke factoren. De meegenomen impacts zijn: klimaat, land degradatie, waterstress, biodiversiteit en water- en luchtvervuiling.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	0,5° x 0,5°
Tijd:	Jaarlijkse tijdstappen (klimaatparameters zijn gebaseerd op maandelijkse gegevens)
Domein (ruimte):	24 wereldregio's
Domein (tijd):	Periode 1970-2050 of 1970-2100
Input:	Demografie; Wereld economische ontwikkelingen; Landbouw economie en handel; Vraag en aanbod van energie; Beleid uit het FAIR model.
Output:	Klimaat impact; Land degradatie; Water stress; Biodiversiteit; Water en luchtvervuiling.
Mogelijke toepassingen:	Het verkennen van de lange termijn dynamiek van wereldwijde veranderingen als gevolg van de interactie tussen demografische, technologische, economische, sociale, culturele en politieke factoren. Kwantitatieve basis voor het analyseren van beleidsopties ten opzichte van klimaatverandering.
Gastinstelling & contactpersoon:	Planbureau voor de Leefomgeving (www.pbl.nl)
Aanvullend commentaar:	Het IMAGE model combineert de output van verschillende modellen zoals: GTAP, FAIR, PHOENIX, TIMER, LEITAP, LUEM, Terrestrial Carbon model, OCM, ACM, NVM, SLRM, LDM, MSA,



Error! Reference source not found.

Bron: http://www.pbl.nl/en/themasites/image/model_details/index.html



Tabel 4.12

IMPACT (International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade)

Algemeen: Het IMPACT model beoogt projecties voor de jaren 2020 en 2050 te ontwikkelen voor zowel regionale als globale voorziening en verdeling van voedsel, de handel om voedsel en voedselveiligheid. Het IMPACT model geeft het IFPRI de mogelijkheid baseline projecties te ontwikkelen wat betreft agricultuur grondstoffen, handel, prijzen en voedselveiligheid in combinatie met ontwikkelingen op het gebied van biobrandstoffen, klimaatverandering, voedselvoorkeuren en waterbeschikbaarheid. Sub-modellen met een landelijk of regionaal niveau worden aan elkaar gekoppeld via handel en prijselasticiteit.

Resolutie

Ruimtelijk: Regionaal en landelijk
Tijd: Tijdstappen van 1 jaar

Domein (ruimte): Globaal
Domein (tijd): Tijdshorizon 20 tot 50 jaar

Input: Inkomens- en bevolkingsgroei;
Gewas productiviteit;
Verandering in beschikbare landbouwgrond over tijd;
Klimaat parameters;
Handelsbeleid.

Output: Gewas areaal, opbrengsten, productie, vraag naar voedsel, prijzen;
Grootte van het vee;
Netto handel in 32 agriculturele grondstoffen;
Aantal en percentage ondervoede niet-schoolgaande kinderen;
Aantal calorieën vanuit voedsel beschikbaar per persoon.

Mogelijke toepassingen: Is gebruikt in verschillende internationale evaluaties
World Water Vision;
Millennium Ecosystem Assessment.
Wordt nu gebruikt in:
UNEP's Global Environmental Outlook (GEO-4);
International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development (IAASTD).

Gastinstelling & contactpersoon: IFPRI (International Food Policy Research Institute) of the CGIAR Network
(www.ifpri.org/themes/impact.htm)



Error! Reference source not found.

Aanvullend
commentaar:

Bron: EEA (2010) <http://www.ifpri.cgiar.org/book-751/ourwork/program/impact-model>



Tabel 4.13

LUMOS (Land Use Modelling System) – Landuse scanner/ Ruimtescanner

Algemeen:	De LUMOS landuse scanner (Ruimtescanner) is een ruimtegebruikmodel waarmee het toekomstig ruimtegebruik wordt gemodelleerd op basis van de ruimtevraag vanuit verschillende sectoren. Gebruik wordt gemaakt van de ‘discrete choice theory’ welke aansluit bij bestaande economische theorieën over keuzegedrag en biedprijzen. Het toekomstige grondgebruik wordt berekend zonder rekening te houden met eventuele grensoverschrijdende effecten en visualisatie vindt plaats door weergave van het dominantie grondgebruik in een cel waardoor informatie verloren kan gaan. Het gebruik van de Ruimtescanner begint evenals bij CLUE bij het bepalen van de benodigde arealen voor bepaalde landgebruiktypen. 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 (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.
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	100 m x 100 m of 500 m x 500 m grid
Tijd:	Tijdstappen van 10 jaar, wens tot dynamisering tot 1 jaar tijdstappen
Domein (ruimte):	



Error! Reference source not found.

Domein (tijd):	Nederland (al beschikbaar). Rijn- en Maasbekkens ook beschikbaar Europa: afhankelijk van databeschikbaarheid Tijdshorizon tot 2030
Input:	Diverse informatiebronnen zoals: omgevingsfactoren (grondwaterstand, verzilting, etc.), waterveiligheid, economische informatie, huidig landgebruik, infrastructuur, sociaaleconomische scenario's.
Output:	
Mogelijke toepassingen:	Landgebruikkaart, ingedeeld in klassen van landgebruiktypen. Evaluatie van voorgesteld(e) landgebruik(veranderingen); Evaluatie (ex ante) van toekomstscenario's/adaptatiescenario's: wat zijn de gevolgen voor landgebruik; Evaluatie van waar grote veranderingen in landgebruik (hotspots) zullen optreden als gevolg van klimaatverandering en economische ontwikkelingen.
Gastinstelling & contactpersoon:	Het LUMOS-consortium: Planbureau voor de Leefomgeving; Arno Bouwman en Judith Borsboom Vrije Universiteit Amsterdam; Eric Koomen Deltares; Afdeling Transport en scheepvaart; Utrecht Universiteit; Wageningen Universiteit en onderzoekscentrum); Technische Universiteit Delft; Onderzoeksinstituut voor Kennis Systemen; Object Vision
Aanvullend commentaar:	

Bron: Dekkers & Koomen (2006)



Tabel 4.14

RAINS (Regional Air pollution Information and Simulation)

Algemeen:	Het RAINS model (Regional Air pollution Information and Simulation) is een hulpmiddel voor de analyse van reductie-strategieën met betrekking tot lucht verontreinigende stoffen. Het model combineert informatie over de ontwikkeling van de economie en energievoorziening met mogelijkheden en kosten wat betreft emissie regulering, atmosferische verspreidingskenmerken en de milieugevoeligheid wat betreft luchtvervuiling. Het RAINS model gaat in op zowel de bedreigingen van de menselijke gezondheid, blootgesteld aan fijn stof en ozon, als op het risico op aantasting van het ecosysteem door verzuring, overmatige stikstofdepositie (eutrofiering) en blootstelling aan een verhoogd ozonniveau in de omgeving. RAINS-Europa is onlangs verder ontwikkeld tot GAINS (Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies).
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Landniveau (kan worden gecorreleerd aan verspreidingsmodellen met een fijnere resolutie)
Tijd:	Tijdstappen van 5 jaar
Domein (ruimte):	Bijna alle Europese landen, incl. het Europese deel van Rusland.
Domein (tijd):	Nationale versies zijn beschikbaar voor Italië en Nederland Tijdshorizon tot 2020
Input:	Economische ontwikkelingen; Sectorale activiteit (voor landbouw, transport, energie, brandstoffen and anderen).
Output:	Emissies van zwavel dioxide (SO ₂), stikstofoxide (NO _x), ammonia



Error! Reference source not found.

(NH₃),
vluchtig organische stoffen (niet-
methaan) (NMVOC), fijn stof
(PM);
Effecten van energieconsumptie,
transport en landbouw op lucht-
vervuiling;
Verzuring en gevolgen voor gezondheid.

Mogelijke
toepassingen:

Gastinstelling &
contactpersoon:

IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis)
(www.iiasa.ac.at/rains)

Aanvullend
commentaar:

Bron: EEA (2010)



Tabel 4.15

WLO (Welvaart en Leefomgeving)	
Algemeen:	De studie WLO probeert aan de hand van vier verschillende socio-economische scenario's (Strong Europe, Global Economy, Regional Communities, Transatlantic Market) een beeld te schetsen voor Nederland in 2040 op acht thema's: wonen, werken, mobiliteit, landbouw, energie, milieu, natuur en water. WLO is geen model op zich, maar schetst scenario's door het koppelen van ca. 40 verschillende modellen op bovengenoemde thema's. De belangrijkste ontwikkelingen en processen die in deze modellen beschreven worden zijn: Internationale maatschappelijke ontwikkelingen op het gebied van economie en handel en de energievoorziening; Ontwikkelingen van de Nederlandse bevolking en de huishoudensamenstelling; Regionale ontwikkelingen in wonen en werken; Bereikbaarheid en mobiliteit; Waterveiligheid en –overlast; Landbouw, natuur en het landelijk gebied; Energiegebruik; Milieu en natuurkwaliteit; Ruimtegebruik; en de olieprijs. Voor meer informatie, inclusief een beschrijving van de afzonderlijke modellen, zie WLO (2006)
<u>Resolutie</u>	
Ruimtelijk:	Regionaal: Randstad (Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht); transitie zone (Flevoland, Gelderland, Noord-Brabant); en andere provincies Data van de ontwikkelaars van WLO is ook beschikbaar op provinciaal en COROP niveau.
Tijd:	Tot 2040
Domein (ruimte):	Nederland / EU15
Domein (tijd):	Tijdshorizon tot 2020 en 2040
Input:	Zie “algemeen”
Output:	Data op het gebied van 8 thema's voor 2020 en 2040: wonen, werken, mobiliteit, landbouw, energie, milieu, natuur en water. Een overzicht van de beschikbare data is te vinden op http://www.climatescenarios.nl/
Mogelijke toepassingen:	De data van de 4 scenario's kunnen gebruikt worden in klimaat impact studies. Vaak kunnen de data direct worden gebruikt, maar soms is tailoring noodzakelijk (zie Van Drunen en Berkhout, 2009)
Gastinstelling & contactpersoon:	Centraal Plan Bureau, Planbureau voor de Leefomgeving



Error! Reference source not found.

Aanvullend commentaar:	TNO (Jonkhoff <i>et al.</i> , 2008) heeft geprobeerd de scenario's uit te werken tot 2100 door extrapolatie.
---------------------------	---

Bron: WLO (2006) <http://www.welvaartenleefomgeving.nl/>



5 Recommendations

From the discussions in Section 3, it is clear that land use plays a key role in the assessment of climate change impacts. On the one hand, scenarios of land use change are useful because land use change itself is (among other things) dependent on changes in the demand for land from a multitude of other sectors (e.g. housing, work, infrastructure, agriculture, and nature). Hence, scenarios of land use changes can be regarded as indicators of the resulting spatial pattern of changes in the latter sectors. Moreover, land use is a key component in water safety due to its double-sided impacts on flood risk (defined as probability $\times$ consequences). Firstly, upstream changes in land use can lead to changes in infiltration, evapotranspiration, and runoff, and hence to changes in the frequency and magnitude (hazard) of floods (Milly *et al.*, 2002; Kundzewicz and Schellnhuber, 2004). Secondly, land use changes in flood prone areas (e.g. urbanisation) can cause an increase in potential damage or loss of lives in the event of a flood (Kundzewicz and Schellnhuber, 2004). Thirdly, the alteration in risk as a result of the latter two factors also influences land use decisions, for example people may prefer not to settle in risk prone areas. Finally, many adaptation measures involve land use changes through spatial planning (for example limitations of urban development in flood-prone areas, establishment of water retention areas, and reforestation on steep slopes and upper parts of catchments).

Hence, the coupling of land use change models/scenarios with other physical impact models (e.g. hydrological models) provides a very useful way to include key socioeconomic drivers and impacts of climate change in a coupling platform such as that strived for in this study. Preliminary offline couplings of the impacts of land use change on runoff have been made for the Rhine and Meuse catchments, showing the possibilities of such an approach (e.g. Hurkmans, 2009; Ward *et al.*, 2009).

In Sections 5.1.1 and 5.1.2 we discuss the steps that would be needed for the coupling of (a) a land use model with a hydrological model to simulate the impacts of changes in land use on discharge; and (b) a flood risk model with a hydrological model to simulate the impacts of changes in land use and climate (and other factors) in flood prone areas on potential damage. Here, we mention a few generic issues which should be considered with regards such a coupling:

- *Spatial resolution*: Does the spatial resolution of the land use model support the spatial resolution needed for hydrological modelling and/or flood risk modelling? Some land use models work at a high spatial resolution, but for larger areas the driving factors are often not available to support such high resolution simulations, and uncertainties are therefore high. For risk model-



ling it useful to have land use data at a relatively high resolution, e.g. 100m x 100m, since land use in flood prone areas may be heterogeneous, and is a key factor in defining the potential damage. However, the socioeconomic data needed to make such detailed land use predictions are not always available and several studies have shown that predictability of land use change at high spatial resolutions is normally very low (Pontius *et al.*, 2008);

- *Time-span*: Most simulations of land use change only consider a time-span of approximately 20 years (e.g. until 2030). However, the largest changes in climate, and thus impacts on hydrology, are expected later. Moreover, the differences in projected climate conditions between different emissions scenarios become greater in the second half of the 21st Century (IPCC, 2007). Uncertainties in land use modelling become very large after 2030.
- *Land use classes*: when coupling a land use model with a hydrological model and a risk model, it is important to note that the land use classes needed for the hydrological component and the risk component may differ. For hydrological modelling it is important to use classes which differentiate in terms of factors such as evapotranspiration (e.g. Hurkmans, 2009), whilst for risk modelling differentiations must be made primarily in terms of the potential damage per land class. For example, for hydrological modelling it may be useful to have several sub-classes of the land use class “nature” (due to different impacts on evapotranspiration, water retention, etc.), whilst for risk modelling the most important differentiation of sub-classes is likely to be needed between different urban classes (due to differences in potential damage).
- *Output-input compatibility*: the output of one model should, in principle, be able to be used as input for the next model in the KKF-platform, without the need for major adjustments. The type of data of the output of the first model should, ideally, be directly compatible with the next model (i.e. land use as direct input for a risk model designed to work with land use). When this is not the case, the input for the next model should be able to be derived with relative ease from the output of the first model (e.g. crop factors derived from land use to drive a hydrological model). If the next model requires a different type of input than is available from the first (i.e. number of employees, cars or other objects for a risk model) coupling will require extensive manipulation of the



output (with associated uncertainty in the result) in order to be useful up to a point that coupling is not feasible anymore.

In principle, it would be useful to couple the WLO modelling chain with the hydrological modelling platform, so that new national socioeconomic scenarios can be generated as part of the modelling chain. However, WLO is made up of over 40 different models across different institutes; Van Drunen and Berkhout (2009) concluded that this would be extremely difficult (and costly) to realise. However, Van Drunen and Berkhout (*ibid*) suggest that a simplified version of WLO (“WLO-lite”) would in theory be useful to socioeconomic scenario studies; such a version is not planned at the moment.

5.1 Coupling recommendations for the KKF-modelling platform

5.1.1 Coupling land use model with hydrological model

The purpose of coupling a land use model with the hydrological model is primarily to assess the change in hydrological response as a result of land use change. These changes can be in terms of changes in mean discharge, but also changes in the return period of high-flow events (e.g. flood with return period of 1250 years) or periods of low-flow.

Land use models often themselves consist of a number of interacting coupled models: land claims and macro-level influences are often determined by macro-economic multi-sectoral models (e.g. GTAP), whilst in allocating agricultural areas, changes in agricultural yields also need to be accounted for, which requires biophysical models (Verburg *et al.*, 2008). The land use models themselves, such as CLUE and Ruimtescanner, allocate these claims for different land uses in a spatially explicit way. These spatial allocation results can then be used as input to hydrological models.

For a study of changing land use, climate, and hydrology in the Rhine basin, it is recommended to modify existing modelling platforms for this purpose. If the Rhine basin as a whole is to be considered, we recommend the use of the CLUE/CLUE-Scanner models; if only the Netherlands is to be considered we recommend the use of the Ruimtescanner given the specialisation and experience of these modelling frameworks in these regions. For the macro-economic scenarios, use can be made of the large number of scenarios already available within the EURURALIS project (<http://www.eururalis.eu>). If new scenarios are required, macro-economic conditions could either be based on similarity to existing scenarios, or new macro-economic model runs should be made.

For the land allocation model, a specification of the land use classes targeted at an optimal fit with the hydrological and risk assessment models is recommended. This could be achieved within the currently operational models but requests a considerable amount of time. A quicker option is to use the existing



modelling framework, and to link the land use classes as well as is possible to hydrological characteristics, such as was done in the study of Hurkmans (2009).

Input

If the existing modelling framework is indeed to be implemented, use can be made of the existing configuration of the CLUE model, which contains sufficient data to run the land allocation model for a scenario for the Rhine basin. As data layers, the important location factors for the different land use changes are needed at sufficient spatial resolution, including accessibility data, land characteristics such as soil and topography and socio-economic data layers. When scenarios are modified, new data may be needed depending on the specifications of the scenario.

Output

For the definition study, existing runs of the CLUE model could be used. The basic output of the CLUE model are 1 km x 1 km grids; these are available for the entire Rhine-Meuse basin, with 17 land use classes (shown in Table 5.1). Annual data are available for the period 2000-2030 for the IPCC scenarios and a number of other scenarios. Further breakdowns of the built-up area category could be made; this is in any case required if a further coupling is to be made between hydrological model and risk model (see Section 5.1.2), since the latter requires sub-categories of built-up land use. It should be noted that currently available data on sub-categories of built-up land use are not very accurate.

The output are provided as ASCII raster files in the Albers projection. To match the input format of the hydrological model, some conversions may be needed. The only need for some work is in the coupling of the model for Switzerland to the EU27 model to obtain a complete coverage of the Rhine basin.



Table 5.1 Land use classes in the existing CLUE model configurations for the Rhine and Meuse

Nr.	Land cover class
0	Built-up area
1	Arable land (non-irrigated)
2	Pasture
3	(semi-) Natural vegetation (including natural grasslands, scrublands, regenerating forest below 2 m, and small forest patches within agricultural landscapes)
4	Inland wetlands
5	Glaciers and snow
6	Irrigated arable land
7	Recently abandoned arable land (i.e. “long fallow”; includes very extensive farmland not reported in agricultural statistics, herbaceous vegetation, grasses and shrubs below 30 cm)
8	Permanent crops
9	Arable land devoted to the cultivation of (annual) biofuel crops
10	Forest
11	Sparsely vegetated areas
12	Beaches, dunes and sands
13	Salines
14	Water and coastal flats
15	Heather and moorlands
16	Recently abandoned pasture land (includes very extensive pasture land not reported in agricultural statistics, grasses and shrubs below 30cm)

Recommendations and requirements for coupling in KKF-platform

- The simplest coupling for the definition study would be in the form of a “soft” coupling, whereby the output land use maps are simply produced offline, and then provided as input files for the hydrological model. To carry out this option would require approximately three weeks, comprised of the following. The preparation of new, simple, scenarios or configurations towards the KNMI climate scenarios would require 2 weeks (1 week for preparation of scenario and 1 week running/analyzing model), and the preparation of output data and documentation would require approximately 1 week. Note that extra time would be required to achieve further disaggregation of the “built up” land use class for use in the risk model. Alternatively, the scenarios of land use for the Rhine Basin of the Ruimtescanner could be used in the risk modelling component, though this would then involve a coupling of both CLUE and the Ruimtescanner in the platform.



- An improved model coupling could be carried out in a later phase of the KKF-coupling project, depending on the user-needs and level of integration. Large innovations can be made by improving the harmonisation of hydrological, risk, and land use models (including economic modelling), including the definition of land use classes specifically tailored to the needs of the hydrological and risk models. Strongly improved model integration would require an effort of several months to years. Small improvements can be made relatively easily by gathering more specific data for the Rhine catchment, improving the economic model by regional economic modelling that would improve the representation of urban growth and allow a proper simulation of different urban land cover types.

5.1.2 Coupling hydrological model with flood risk model

In the Netherlands, there are currently two main flood risk models, namely HIS-SSM and the Damagescanner (see model inventory, Section 4). The Damagescanner is a simplified model based on HIS-SSM principles, the main alteration being that the land use data are given only in the form of land use classes. This means that an eventual link with the previously mentioned coupling of land use model-hydrological model is relatively easy to realise (if the required land use and inundation maps are available).

In the Damagescanner, each land use class is assigned a maximum potential damage (in Euros), based on empirical data derived from HIS-SSM. Stage-damage functions (SDFs) are used in the model to calculate the actual proportion of this maximum potential damage that would occur for a given inundation depth. For example, for land use class A, the maximum potential damage per hectare may be €1 million. The SDF for land use class A may show that an inundation depth of 1m would lead to 20% of the maximum potential damage; hence, the resulting damage for an inundation depth of 1m on land use class A would be €200 thousand/hectare.

A requirement of the Damagescanner (and all inundation based risk models) is a map showing the inundation extent and depth associated with a given flood (for example a flood with return period of 1250 years). In principle, a coupling within the KKF-platform would ideally include a hydraulic/hydrodynamic component, so that maps of inundation depth can be produced under the new scenarios. Hence, we also recommend the inclusion of such a component in the final modelling platform, as this is often seen as a missing link between hydrological and flood impact modelling. However, hydraulic/hydrodynamic models of this nature are not currently included in the KKF-platform, and indeed such models are intensive in terms of computation time. An alternative approach is that used in the project Attention for Safety, as documented by Aerts *et al.* (2008). In this project, an existing inundation map for a given flood return period (and associated discharge) is used, for example the Rhine Atlas (<http://www.iksr.org/index.php?id=212&L=3>). Then, the hydrological model is



used to simply estimate the change in probability of occurrence (return period) of a high-flow event of this magnitude. In this way, the change in risk can also be calculated since an estimation of the change in probability of a given inundation depth is known. We stress, however, that innovative advances could be made in the final modelling platform by coupling the hydrological model with a hydraulic/hydrodynamic model, and then coupling the hydraulic/hydrodynamic model with a risk model. This would also allow for transferability of the tool to basins where no prior inundation maps are available.

Input

- Land use map: showing the following land use categories: residential high density; residential low density; commercial; port areas; infrastructure; mining/construction; recreation; nature; arable land; cultivation; pasture; and inland water. For risk modelling it is necessary to have this data at a relatively high resolution, e.g. 100m x 100m. Such data have been derived for the Rhine basin using a combination of the Ruimtescanner and CLUE model and could be made available for the definition phase. However, in order to preserve consistency between the land use data used in the Damagescanner, and the land use data used to drive the hydrological model, it would be useful to use a version of the CLUE model as described in Section 5.1.1 with improved land use classifications (i.e. differentiation of the land use class “built up area”).
- Inundation map: as mentioned above, inundation maps for given flood return periods would ideally be produced for each scenario within the KKF-platform, by coupling the hydrological model with a hydraulic/hydrodynamic component. For the definition phase, an alternative would be to use existing inundation maps for given flood return periods (and associated discharge), for example the Rhine Atlas (<http://www.iksr.org/index.php?id=212&L=3>). Then, the KKF-hydrological modelling component would be used to simulate the change in probability of such a flood event.
- Recurrence time: as mentioned above, the recurrence time of the flood event related to the used inundation map is required. Changes in this recurrence time can be simulated using the KKF-hydrological modelling platform.
- Stage-damage functions: the SDFs used in the Damagescanner are derived from the HIS-SSM model, and could be made available for the coupling.

Output



The main output of the model is a map showing the damage per-grid cell associated with the inundation map and land use maps given as input. By multiplying this map with the recurrence time, the annual expected damage can also be estimated.

Recommendations and requirements for coupling in KKF-platform

The Damagescanner is currently available in several formats, including ArcGIS, PC-Raster, and MATLAB. The model is simple to re-programme into any other computing language, and therefore a direct coupling should be relatively easy, assuming that the necessary input data area available. Some adjustment of the SDFs may be required depending on the resolution of the grid-cells used, and the choice of land use classes.

The most practical coupling may be to re-programme the Damagescanner in the language of the KKF-modelling platform, so that it can be directly incorporated. The whole process would take approximately 3-4 weeks.

It is recommended to include a hydrodynamic component in the KKF-platform to simulate inundation extents and depths in flood events. This can serve as input for the Damagescanner, and make large advances in coupled flood risk modelling



6 Referenties

- Aerts, J.C.J.H., Sprong, T. & Bannink, B. (2008). *Aandacht voor Veiligheid*. Report 009/2008. KvR, LmW, DG Water, The Netherlands, 196 pp.
- Alcamo, J., Kok, K., Busch, G., Priess, J.A., Eickhout, B., Rounsevell, M. & Rothman, D.S. (2006). Searching for the future of land: scenarios from the local to global scale. In Lambin, E.F. & Geist, H. (Eds.). *Land-use and land-cover change*. Local Processes and Global Impacts. Springer, Berlin, doi: 10.1007/3-540-32202-7_6.
- Berkhout, F. & Van Drunen, M. (2007). *Socio-economic scenarios in climate change research: a review*. Report W-07/07. Institute for Environmental Studies (IVM), VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 24 pp.
- Dekkers, J.E.C. & Koomen, E. (2006). *De rol van sectorale inputmodellen in ruimtegebruiksimulatie: Onderzoek naar de modellenketen voor de LU-MOS toolbox*. Spinlab Research Memorandum SL-05. VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 29 pp.
- De Nijs, T.C.M. & Vixseboxse, E. (1998). *RIVM Model Catalogus Verkenningen 1997*. RIVM rapport 408505 003. RIVM, Bilthoven, The Netherlands, 256 pp, <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/408505003.pdf>.
- EEA (2010). *Modelling tools for the 2010 State of the Environment and Outlook report - Part II*. EEA, Copenhagen, Denmark, http://scenarios.ew.eea.europa.eu/fol079729/copy_of_fol615122/model_inventory.pdf.
- Huizinga, H.J., Dijkman, M., Barendregt, A. & Waterman, R. (2004). *HIS - Schade en Slachtoffer Module Versie 2.1*. Gebruikershandleiding. DWW-2005-004. Rijkswaterstaat, The Netherlands, http://www.verkeerenwaterstaat.nl/kennisplein/page_kennisplein.aspx?DossierURI=tcm:195-14933-4&id=269463.
- Hurkmans, R.T.W.L. (2009). *Effects of climate variability and land use change on the water budget of large river basins*. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- IPCC (2000). *Special Report on Emission Scenarios*. Cambridge University Press, New York, U.S.A., 599 pp.



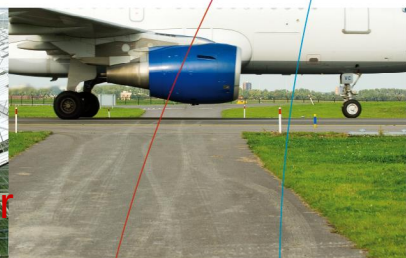
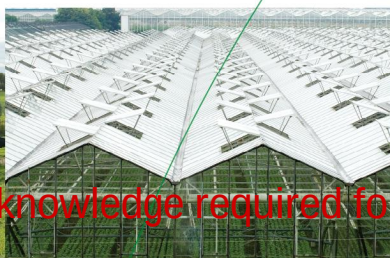
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Jonkhoff, W., Knoops, O., Van der Krogt, R.A.A., Oude Essink, G.H.P. & Rietveld, E. (2008). *Economische effecten van klimaatverandering. Overstroming en verzilting in scenario's, modellen en cases*. TNO rapport 2008-D-R0711/A. TNO, Delft, The Netherlands, 128 pp.
- Klijn, F. et al. (2007). *Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat. Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het project Nederland Later*. Q4290.00 WL Delft hydraulics, Delft, The Netherlands, 165 pp.
- Koomen, E. (2008) *Spatial analysis in support of physical planning*. Ph.D. thesis. VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.
- Kundzewicz, Z.W. & Schellnhuber, H.J. (2004). Floods in the IPCC TAR perspective. *Natural Hazards*, 31, 111-128.
- Meyer, V. & Messner, F. (2005). *National Flood Damage Evaluation Method. A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany*. UFZ-Discussion Papers. UFZ, Leipzig, Germany, 47 pp.
- Milly, P.C.D., Wetherald, R.T., Dunne, K.A. & Delworth, T.L. (2002). Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, 415, 514-517.
- Paarlberg, A., Eijssink, R., Vermulst, H., Van Herk, A. & Garritsen, T. (1999). *De toekomst van de natte natuur in Nederland*. Eindrapport Nationaal Onderzoek Verdroging. Eindrapport Nationaal Onderzoek Verdroging B5883 RWS. RIZA, Lelystad, The Netherlands, 63 pp.
- Parson, E.A., Burkett, V., Fisher-Vanden, K., Keith, D., Mearns, L., Pitcher, H., Rosenzweig, C. & Webster, W. (2006). *Synthesis and Assessment Product 2.1b*. Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research.
- Pontius Jr, R.G., Boersma, W., Castella, J.-C., Clarke, K., De Nijs, T., Dietzel, C., Zengqiang, D., Fotsing, E., Goldstein, N., Kok, K., Koomen, E., Lippitt, C.D., McConnell, W., Pijanowski, B., Pithadia, S., Mohd Sood, A., Sweeney S., Trung, T.N., Veldkamp, A.T. & Verburg, P.H. (2008). Comparing the input, output, and validation maps for several models of land change. *Annals of Regional Science*, 42(1), 11-37.



- Schotten, C.G.J., Van de Velde, R.J., Scholten, H.J., Boersma, W.T., Hilferink, M., Ransijn, M., Rietveld, P., Zut, R. (1997). *De Ruimtescanner, geïntegreerd ruimtelijk informatiesysteem voor de simulatie van toekomstig ruimtegebruik*. Rapport nr. 711901 002. RIVM, Bilthoven, The Netherlands, 32 pp.
- Van der Hoeven, E.M.M.M., Aerts, J.C.J.F., Van der Klis, H. & Koomen, E. (2009). An Integrated Discussion Support System for New Dutch Flood Risk Management Strategies. In Geertman, S. & Stillwell, J.C.H. (Eds.). *Planning Support Systems: Best Practices and New Methods*. GeoJournal library. Springer, Berlin, Chapter 8.
- Van Drunen, M. & Berkhout, F. (2009a). *Applying Socio-economic Scenarios in Climate Assessments*. Report W-09/15. Institute for Environmental Studies (IVM), VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 16 pp.
- Van Drunen, M. & Berkhout, F. (2009b). *Socio-economic scenarios in the Climate Change Spatial Planning and the Knowledge for Climate Programmes*. Report W-09/16. Institute for Environmental Studies (IVM), VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 22 pp.
- Verburg, P.H. & Overmars, K.P. (2009). Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology*, 24(9), 1167-1181, doi: 10.1007/s10980-009-9355-7.
- Verburg, P.H., Veldkamp, A., De Koning, G.H.J., Kok, K. & Bouma, J. (1999). A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. *Ecological Modeling*, 116, 45-61.
- Verburg, P.H., Soepboer, W., Limpiada, R., Espaldon, M.V.O., Sharifa, M. & Veldkamp, A. (2002). Land use change modelling at the regional scale: the CLUE-S model. *Environmental Management*, 30, 391-405.
- Verburg, P.H., Eickhout, B. & Van Meijl, H. (2008). A multi-scale, multi-model approach for analyzing the future dynamics of European land use. *Annals of Regional Science*, 42(1), 57-77
- Ward, P.J. (2009). *Simulating discharge and sediment yield characteristics in the Meuse basin during the late Holocene and 21st Century*. PhD thesis, VU University Amsterdam, 176 pp.
- Westhoek, H.J., Van den Berg, M. & Bakkes, J.A. (2006). Scenario development to explore the future of Europe's rural areas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 7-20, doi:10.1016/j.agee.2005.11.005.



WLO (2006). *Welvaart en leefomgeving*. CPB, MNP, and RPB, Den Haag, 239 pp., www.welvaartenleefomgeving.nl.



To develop the scientific and applied knowledge required for
Climate-proofing the Netherlands and to create a sustainable
Knowledge infrastructure for managing climate change

Contact information

Knowledge for Climate Programme Office

Secretariat:

c/o Utrecht University

P.O. Box 80115

3508 TC Utrecht

The Netherlands

T +31 88 335 7881

E office@kennisvoorklimaat.nl

Public Relations:

c/o Alterra (Wageningen UR)

P.O. Box 47

6700 AA Wageningen

The Netherlands

T +31 317 48 6540

E info@kennisvoorklimaat.nl

www.knowledgeforclimate.org

