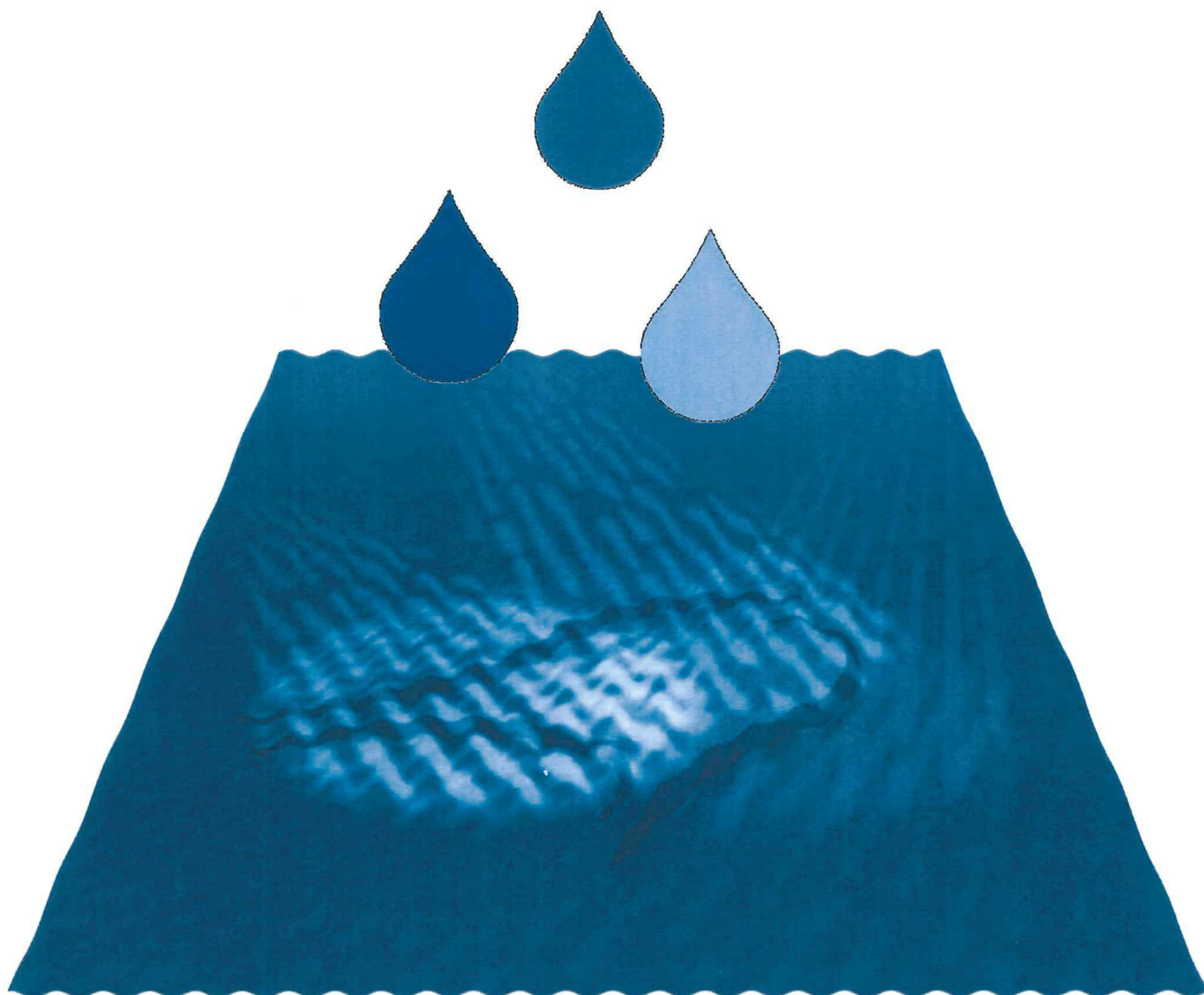


Water in de LeefOmgevingsVerkenner



TU Delft



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Afstudeerrapport
H.P. Blijie
RIZA werkdocument 2001.047X

Water in de LeefOmgevingsVerkenner Afstudeerrapport H.P. Blijie

**TU Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
(Domein Infrastructuur, Sectie Infrastructuurplanning)
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
(Rijkswaterstaat, Rijksinstituut Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling)**

**H.P. Blijie
Lelystad, februari 2001**

Voorwoord

Voor u ligt het eindproduct van het afstudeerwerk van Berry Blijie. Dit afstuderen is het laatste karwei als student aan de TU Delft. Het is het resultaat van 8 maanden prettig werken als stagiaire bij het Rijkswaterstaat en een nog (veel) langere carrière als Delftse student.

De vakgroep binnen de TU Delft waar ik afgestudeerd ben is Infrastructuurplanning (Domein Infrastructuur, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen). Ik heb in mijn afstudeerrichting het accent gelegd op de "natte" kant van de infrastructuurplanning, dat wil zeggen meer richting land- en waterbeheer.

Het afstudeerproject is, zoals gezegd, uitgevoerd in de vorm van een stage bij het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) te Lelystad. De laatste paar maanden heb ik ook mogen werken bij het Rijksintituut voor Kust en Zee (RIKZ). Ik wil hierbij de collega-medewerkers van de afdelingen WSL (RIZA) en OSB (RIKZ) hartelijk bedanken voor de kennis, hulp en gezelligheid, die ik de afgelopen maanden heb mogen ontvangen.

Natuurlijk wil ik ook graag de leden van mijn afstudeercommissie bedanken voor hun tijd, inzet inspiratie, ideeën en opbouwende kritiek. Met name Harold van Waveren, mijn begeleider bij het RIZA, die ondanks alle drukte rondom een pasgeboren zoon en het verschijnen van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening toch telkens tijd voor me vrij kon maken.

Verder wil ik iedereen bedanken met wie ik, gedurende mijn studie, in welke vorm dan ook, samengewerkt of opgetrokken heb. Dankzij jullie heb ik het zo lang, zo plezierig vol kunnen houden. Speciale dank gaat hierbij uit naar Mark Degenkamp, voor het tonen van de juiste (studie)richting.

Tot slot bedank ik mijn ouders, vriendin, familie en alle vrienden en bekenden die ik hierboven nog niet genoemd heb, voor hun steun en vertrouwen. Ik had het niet alleen gekund.

Berry Blijie
6 februari 2001
Den Haag

Samenvatting

Aanleiding

Heel lang geleden stuurde het water de ruimtelijke inrichting van Nederland. Alleen op de zandgronden woonde je hoog en droog, en dus ontwikkelden zich daar de eerste woonkernen. Naarmate de techniek echter voortschreed, veranderde de situatie.

De afgelopen eeuwen (ongeveer vanaf 1100 na Chr.) heeft het waterbeheer Nederland ingrijpend veranderd. Grote stukken land werden door inpoldering klaar gemaakt om in cultuur te nemen en laag Nederland werd steeds beter beschermd tegen hoogwater door de aanleg van dijken en andere waterkeringen. Dit alles had onder meer tot gevolg dat niet langer het water de ruimtelijke inrichting stuurde, maar de ruimtelijke ordening het waterbeheer.

De afgelopen decennia treedt er echter onder invloed van autonome en maatschappelijke processen een verandering op. Aan de ene kant zorgt de op handen zijnde klimaatverandering bijvoorbeeld voor een ander afvoerregime van de grote rivieren en een stijgende zeespiegel, en aan de andere kant is de bodemdaling door constante grondwaterstandverlaging een resultaat van een jarenlang proces van inpoldering. Daarnaast is men tot de conclusie gekomen dat het ophogen van rivier- en zeedijken in sommige gevallen duurder is dan ruimte geven aan een natuurlijker situatie. Intussen is wetenschappelijk komen vast te staan (Commissie waterbeheer 21^e Eeuw) dat voorgaande problemen alleen kunnen worden opgelost door het water meer de ruimte te geven en terug te gaan naar een natuurlijker waterbeheer.

Aan de andere kant, die van de ruimtelijke ordening, is de laatste jaren duidelijk geworden dat, onder de huidige bevolkingstoename en welvaartsgroei, ruimte een schaars goed wordt in Nederland. De laatste prognoses wijzen uit dat Nederland in 2030 rond de 19 miljoen inwoners heeft. Daarbovenop genomen de toenemende individualisering, een groeiende economie en een sterkere natuurbeweging, maakt een zorgvuldige afweging bij de inrichting nog meer nodig.

De twee hierboven geschetste beelden leveren een interessante situatie op: enerzijds gaat het waterbeheer over op een ruimte-intensievere vorm van handelen, terwijl anderzijds in Nederland steeds moeilijker voldoende (leef)ruimte vrijgemaakt kan worden om aan de hoge kwaliteitseisen van inwoners, natuur en bedrijfsleven te voldoen. Samenwerking tussen beide beleidsterreinen is dus noodzakelijk. Dit komt ook naar voren in de diverse beleidsnota's (Vierde Nota Waterhuishouding en Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening).

Computersmodellen kunnen een nuttige rol vervullen bij een zorgvuldige afweging over het gebruik van de schaarse ruimte. In het waterbeheer is het gebruik van dergelijke modellen in de beleidsvoorbereiding al enkele decennia gebruikelijk, maar de laatste jaren zijn ook de ruimtelijke modellen in opkomst. Van een integratie van beide typen modellen is echter nog geen sprake. Door de recente, hierboven geschetste, (beleids-)ontwikkelingen is daar echter wel sterke behoefte aan.

Het onderzoek

Het hoofddoel van dit onderzoek is om inzicht te creëren in een gewenst modelconcept dat de beleidsterreinen water en ruimtelijke ordening integreert, om vervolgens te komen tot een eerste realisatie en toepassing van een dergelijk modelconcept dat voldoet aan de informatiebehoefte. Het te ontwikkelen model moet daarbij toepasbaar zijn bij wetenschappelijk onderzoek en de beleidsvoorbereiding van beide beleidsterreinen. Om tot een dergelijk concept te komen dienen de relaties water - ruimtelijke ordening dusdanig gekwantificeerd te worden, dat zij aan een bestaand ruimtelijk model toegevoegd kunnen worden. Als uitgangspunt voor het onderzoek is versie 2.1b van de LeefOmgevingsVerkenner genomen.

Water en ruimte

In de meest recente beleidsnota's van het waterbeheer en de ruimtelijke ordening (RO) komt de relatie water – RO uitgebreid aan bod. De uitvoering van het beleid in de vierde Nota waterhuishouding betekent bijvoorbeeld (terug)gaan naar een waterbeheer, waarbij veerkracht, zelfverzorging en stroomgebiedgerichte aanpak de kernwoorden zijn. Dit betekent in de praktijk het meer ruimte geven aan natuurlijke processen (ruimte voor rivieren, waterberging) en een duurzaam veiligheidsbeleid (preventief vrijhouden van gebieden). Kortom: maatregelen die veel ruimte opeisen.

In de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (5^e Nota) wordt ook uitgebreid aandacht besteed aan de relatie water-RO. Onder druk van de aanstaande klimaatveranderingen en de verdrogingsproblematiek zijn de hoofdlijnen van de NW4 grotendeels overgenomen. Het meeste belang wordt hierbij gehecht aan veiligheid, verdroging en de drinkwatervoorziening. Gezocht wordt naar een stroomgebiedsgerichte benadering waarbij functiecombinaties met water een oplossing voor het ruimtegebrek kunnen bieden. De paragraaf "water" in de 5^e Nota is dan ook "Meebewegen met Water" genoemd, een veelzeggende titel.

Samengevat zijn er drie hoofdthema's waar beide nota's veel aandacht aan besteden: veiligheid/wateroverlast, verdroging en afwenteling/emissies.

Computersmodellen kunnen de beleidsmaker helpen in de voorbereiding op nieuw te ontwikkelen beleid, zowel voor waterbeheer als ruimtelijke ordening. Het aantal conflicten tussen water en ruimte zal, zoals uit het recente beleid blijkt, onder invloed van autonome water- en RO-ontwikkelingen de komende jaren toenemen. De uitbreiding c.q. integratie van het watermodelinstrumentarium met een ruimtelijk model kan hierbij een welkome aanvulling zijn.

De LeefOmgevingsVerkenner (LOV)

In 1998 is het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) begonnen met het ontwikkelen van de LeefOmgevingsVerkenner (LOV), een ruimtelijk computersmodel dat onder invloed van dynamische processen, natuurlijke geschiktheid en beleid een kaartbeeld van Nederland kan schetsen voor de komende 30-50 jaar.

De LeefOmgevingsVerkenner is een ruimtelijk, dynamisch model, waarin activiteiten in, en ruimtegebruik door sociale, economische en natuurfuncties op een integrale wijze worden weergegeven. Het primaire doel is het verkennen van de doorwerking van verschillende beleidsopties op de kwaliteit van de fysieke leefomgeving

De Leefomgevingsverkenner werkt op 3 schaalniveaus (tussen haakjes de gebruikte modeltechniek en de werkzame omgeving):

- Nationaal (Systems Dynamics; Nederland als geheel)
- Regionaal (Dynamische Ruimtelijke Interactie; 40 COROP-gebieden)
- Lokaal (Cellulaire Automata; Raster 500m)

Op nationaal en regionaal niveau is het macromodel van de LOV werkzaam en op lokaal niveau het micromodel. Het model kent 19 landgebruikfuncties, welke afgeleid zijn van de CBS-bodemstatistiek.

Het macromodel bepaalt op nationaal niveau aan de hand van een exogene invoer (bevolkingsgroei, welvaartstoename, etc.) de benodigde oppervlakte voor Wonen (Dun en Dicht samen), Industrie en Handel. Vervolgens verspreidt een op ruimtelijke interactie gebaseerde techniek deze vraag over de COROP-gebieden. Enerzijds gebeurt dit op basis van de gemiddelde bestemming, beleid, omgevingseigenschappen en de hoeveelheid vrije ruimte. Anderzijds speelt de onderlinge positie van de COROP-gebieden, met bereikbaarheidsprincipes als een standaard potentiaal berekening en een relatief winstcriterium, een belangrijke rol.

Op lokaal niveau worden de oppervlakten voor de verschillende functies aan de cellen toegekend. De kans dat een cel een (andere) functie krijgt, wordt vastgesteld aan de hand van de transitiepotentiaalformule. Deze formule is opgebouwd uit vijf factoren:

- Functionele potentiaal: De relatie met de omgeving (en zichzelf), bepaald aan de hand het Cellulaire Automata-model. Zo is het bijvoorbeeld voor een bedrijf interessant om in de buurt van Schiphol te zitten, maar is wónen naast Schiphol een stuk minder aantrekkelijk.

- Geschiktheid: Ingevoerd door geschiktheidskaarten die per functie de voorkeur van de functie voor locatiekeuze omschrijft.
- Beleid: Restricties en bestemmingen per functie op kaartbeeld samengesteld uit nationaal, provinciaal en lokaal beleid.
- Toegankelijkheid: afstand tot aan het autowegennet, voor sommige functies positief (vb. diensten), voor andere negatief (vb. natuur)
- Randomfactor: Voegt een onzekerheid in bij het toedelingsproces over de hierboven genoemde factoren.

N.B.: Beleid en Geschiktheid bedragen samen één, waarbij beleid (standaard) 4 maal zo zwaar weegt als geschiktheid.

De basisgegevens in het macromodel bestaan op uit scenario's van het CBS en het CPB. Zij leveren de exogene invoer en informatie over toekomstige ruimtelijke processen. Op microniveau is een groot aantal kaarten (geschiktheid en beleid), het wegennet (toegankelijkheid) en afstandsregels die de relatie tussen functies omschrijven (functionele potentiaal) opgenomen.

De LOV kent verschillende aanpassingsmogelijkheden. Deze zijn op het microniveau uitgebreider dan op macroniveau. Bij het macromodel kan de invloed van de COROP-eigenschappen afzonderlijk aangepast worden. Op deze manier kan bijvoorbeeld de invloed van beleid bij de verdeling van de nationale ruimtevraag over de COROP's groter gemaakt worden.

Wat betreft het micromodel, zijn er meer aanpassingen te maken. Zo kunnen er (naar believen) nieuwe geschiktheids- en beleidskaarten ingevoegd worden, kunnen de transitierregels (functionele potentiaal) veranderd worden en bestaat er de mogelijkheid om een nieuwe weg in het wegennetwerk in te tekenen (toegankelijkheid).

Water in de LOV

In de gebruikte versie van de LOV (versie 2.1b) speelt water een beperkte rol. De belangrijkste c.q. meest prominente waterfunctionaliteiten zijn bouwrestricties voor drinkwaterwingebieden, scenario's t.a.v. natte natuur en de aanwezigheid van zoet en zout oppervlaktewater in de basis landgebruikskaat van de LOV.

Aan de hand van de (beleids)informatie uit het hoofdstuk "Water en Ruimte", is vastgesteld welke waterfunctionaliteiten, in relatie met bebouwd gebied, aan de LOV toegevoegd kunnen worden. Deze keuze is gebaseerd op de overeenkomsten in beleid tussen de Vierde Nota Waterhuishouding en de Vijfde Nota waterhuishouding. Als gemeenschappelijke thema's hebben die veiligheid/wateroverlast, verdroging en afwenteling/emissies.

Vanuit veiligheid zijn de toevoegingen aan de LOV::

- Beleidskaart Ruimteclaims Rivierengebied en Kustzones: restricties aan de uitbreiding van het bebouwd gebied.
- Geschiktheidskaart Overstromingsrisico: poging tot het verspreiden van het risico (inwoners en investeringen) bij overstromingen.
- Compact Bouwen: aanpassen van de regels die het effect van grasland en natte natuur op bebouwd gebied omschrijven, opdat deze minder waardevolle gebieden vrij van bebouwing blijven en dus geschikt voor een functie als retentiegebied/calamiteitenpolder.

Vanuit verdroging is de toevoeging aan de LOV::

- Geschiktheidskaart Kosten Bouwrijp Maken: op basis van waterneutraal bouwen (anti-verdrogingsmaatregel in de NW4) is een kaart gemaakt met daarop de kosten voor het bouwrijp maken (in HFL/ha).

Vanuit Emissies/afwenteling is de toevoeging aan de LOV::

- Beleidskaart Afwenteling Emissies: volgens de afkoppeling van (vervuilde) waterstromen kan een volgorde van schone functies (bovenstrooms) naar vuile functies (benedenstrooms) opgesteld worden. Dit kan als beleidsstandpunt dienen bij het plaatsen van nieuwe functies.

Uit de toevoeging van de waterfunctionaliteiten aan het model blijkt dat het mogelijk is om water een rol te geven in een ruimtelijk model. Het is in dit geval (de LeefOmgevingsVerkenner) echter af en toe lastig gebleken omdat water een (te) dynamisch karakter heeft en het model geen geschikte aanpassingsmogelijkheid heeft.

Analyse en toepassing water-LOV.

De invloed van de nieuwe water-functionaliteiten is, zoals gezegd, te bepalen aan de hand van een analyse op toepassingen van de LOV-water. Bij de uitvoering van de analyse is uit de globale analyses bij de Globaal Gedrag Test gebleken, dat het model voor een groot deel volgens de verwachtingen reageert op de aanpassingen. De invoer van de geschiktheidskaarten daarentegen heeft, vanwege de standaard laag ingestelde invloed in verhouding tot beleid, weinig invloed. Daarnaast kwam uit de Robuustheidstest naar voren dat een te sterke vergroting van de macromodel parameters, die de koppeling landelijk-COROP sturen, een instabiel model oplevert.

Voor de specifieke analyses is voor elke soort aanpassing (beleid, geschiktheid en CA-regels) een aantal scenario's opgesteld, waarin het gewicht van de nieuwe functionaliteit, zowel op macro- als op microniveau, anders ingesteld is.

Uit deze specifieke analyses blijkt dat het toevoegen van nieuwe functionaliteiten aan de LOV meestal de beoogde resultaten oplevert. Hierbij geldt het volgende:

- De in het macromodel opgenomen parameters die verantwoordelijk zijn voor de verplaatsingen over COROP-grenzen heen, hebben een grote invloed. Zij "overstemmen" overige processen en zorgen ervoor dat er een evenwichtsituatie optreedt waarbij er geen tot nauwelijks verschuivingen tussen Noord-Oost-Zuid-West meer optreden. Ook niet wanneer dat volgens de aanpassing, bijvoorbeeld bij het toevoegen van het overstromingsrisico, verwacht wordt.
- Hoe groter de aanpassing (qua gewicht, maar bij de kaarten ook qua oppervlak) des te duidelijker zijn de verschillen. De nieuwe resultaten zijn in die gevallen ook beter te verklaren. Daarentegen zijn bij het toevoegen van de restricties, in het kader van de Zoekgebieden voor Kust en Rivieren, de veranderingen aan de totale beleidskaart relatief klein, maar de effecten groot. Ook op een grotere afstand de beleidsingrepen.

De verklaring voor beide bevindingen is vanuit modelkundig opzicht plausibel, maar voor de onervaren gebruiker van de LeefOmgevingsVerkenner (beleidsmakers en overige geïnteresseerden) moeilijk te begrijpen. Deze groep zou daarop de uitkomsten van ruimtelijke modellen kunnen laken en er geen waarde aan hechten. Meer over de waarde van een ruimtelijk model en zijn uitkomsten staat de volgende alinea

Conclusies

De conclusies zijn onderverdeeld in drie categorieën: Beleidsterreinen Water en Ruimtelijke Ordening, Ruimtelijk model de LeefOmgevingsVerkenner en Integratie.

De belangrijkste conclusies zijn:

Relatie water-RO: Om de complexiteit van het ruimtelijke model in de hand te houden, moet ervoor gezorgd worden dat, bij de kwantificering van de relatie water-RO, in elk geval de belangrijkste relaties meegenomen worden. Hiertoe moeten in overleg tussen de beleidsmaker en de onderzoeker, prioriteiten gesteld worden.

De LeefOmgevingsVerkenner: De LOV is een "State of the Art" model, dat (nog) volop in ontwikkeling is. De onderverdeling in drie modelniveaus biedt de mogelijkheid om op elk niveau de belangrijkste ruimtelijke processen mee te nemen. Het toevoegen van kaarten, met name voor beleid, biedt de gebruiker de mogelijkheid om redelijk snel nieuwe (beleids-)varianten op te stellen.

Uit de analyses is gebleken dat de gebruikte modelprocessen echter, voor de niet-gespecialiseerde gebruiker, tamelijk onverwachte resultaten op kan leveren. Een van de oorzaken hiervan is het in het micromodel gebruikte Cellulaire Automata (CA)-model: dit geeft de dynamiek (aantrekking en afstoting) tussen functies weer op basis van afstandsgerelateerde regels. Deze zijn vastgesteld aan de hand van een historische calibratie op kaartpatronen. Ze beelden dus niet het gedrag van de actoren in een willekeurige cel uit, maar de resultaten van hun gedrag. Hierdoor en vanwege het feit dat de regels zich niet aanpassen gedurende tijd en ruimte, wekt het model enigszins de indruk van een ongeleid projectiel. Er wordt immers niet nagedacht over eventuele consequenties van plaatsing van functies voor volgende tijdstappen en voor de prestatie van het totale systeem (de "b.v. Nederland")

Daarnaast (b)lijken de parameters op macroniveau zo dominant te zijn, dat andere factoren die werkzaam zijn bij de toekenning over COROP-gebieden, erdoor overstemd worden.

Integratie: In deze studie is gekeken naar de mogelijkheden om water toe te voegen aan een ruimtelijk model, in dit geval de LeefOmgevingsVerkenner. Uit de analyse en toepassingen bleek dat het model op de aanpassingen veelal volgens verwachting reageert. Wat echter opvalt is dat een kleine verandering in het begin, grote gevolgen heeft tegen het eind van de simulatie: de zogenaamde Nucleusvorming (gestuurd door het CA-model en het mechanisme dat schaalvoordelen stimuleert). Uitkomsten als bij het de Zoekgebieden Veiligheid-scenario's tonen dit aan. De uitkomsten kunnen daardoor de willekeurige beleidsmaker, onbekend met de door de LOV gebruikte technieken, aan het twijfelen brengen over het waarheidsgehalte van de uitkomsten van deze scenario's. Een gevolg hiervan kan zijn dat ook resultaten van andere uitkomsten in twijfel getrokken worden.

Het is duidelijk dat een LOV niet de keiharde waarheid biedt in de vorm van een feilloze toekomstvoorspelling. Daarvoor zijn er teveel onzekerheden en onbekende factoren. Maar wil men er enigszins gebruik van maken bij het voorbereiden of toetsen van beleid, dan moeten in elk geval de processen en mechanismen van het model dusdanig werken dat in elk geval de goede "richting" aangegeven wordt. Vandaar is duidelijk dat op dit moment de LOV nog niet uitontwikkeld is en nog niet geschikt is voor andere toepassingen dan in de onderzoekssfeer.

Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen die bij dit onderzoek naar voren zijn gekomen, zijn:

- Onderzoek uitvoeren naar het gedrag van actoren (bedrijven, huishoudens, recreanten) bij het vestigen en verplaatsen en bepalen welke factoren (economisch, sociaal-cultureel, en overige) dit gedrag veroorzaakt.
- De mogelijkheden onderzoeken om water als dynamische factor in een ruimtelijk model te voegen. Water, in al zijn facetten, kent namelijk een grote mobiliteit. Dit in tegenstelling tot overige fysieke/geologische aspecten die bij het ontwikkelen van het landgebruik bepalend zijn. Hierbij verdient het aanbeveling om het watermodelinstrumentarium van het RIZA (Standaard Raamwerk Water) toe te voegen aan een ruimtelijk model. Dit kan gebeuren door integratie van modellen (samen één model) of door het koppelen van watermodellen aan een ruimtelijke model (de uitvoer van watermodellen dient als invoer voor het ruimtelijk model).
- Aanbrengen van een goede beheersstructuur aan de LOV. Hierbij moet gedacht worden aan het vaststellen van een moederversie, uitvoeren van de calibratie/validatie en een betere documentatie en organisatie van handleidingen, toepassingsrapporten en achtergrondinformatie.

Inhoudsopgave

Voorwoord	III
Samenvatting	V
1 Inleiding	3
1.1 Achtergrond en Aanleiding Project	3
1.2 Probleemanalyse	4
1.3 Indeling Rapport	6
2 Water en Ruimte	7
2.1 Geschiedenis Waterbeheer	7
2.1.1 Historie Waterbeheer	7
2.1.2 De Nota's Waterhuishouding	8
2.2 Geschiedenis Ruimtelijke Ordening	8
2.2.1 Historie Ruimtelijke Ordening	8
2.2.2 Nota's Ruimtelijke Ordening	9
2.3 Recent Waterbeleid: Vierde Nota Waterhuishouding	9
2.3.1 Algemeen en hoofdlijnen	9
2.3.2 Hoofdthema's	12
2.4 Recent RO-beleid: Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening	14
2.4.1 Water in de VIJNO	14
2.4.2 Ruimteclaims Vijfde Nota RO	14
2.5 Strijd om ruimte	16
3 Modellen	17
3.1 Watermodellen en de relatie met ruimtelijke modellen	17
3.2 Ruimtelijke modellen	19
4 De LeefOmgevingsVerkenner	21
4.1 LeefOmgevingsVerkenner: Algemeen	22
4.2 Het LOV Macromodel	23
4.2.1 Nationaal	23
4.2.2 Regionaal	24
4.3 Het LOV micromodel	27
4.3.1 De transitiepotentiaal	28
4.3.2 De (wissel-)werking van het Micro-model	33
4.4 Integratie van het nationale en regionale model en het micro-model	34
4.5 Basisgegevens LeefOmgevingsVerkenner 2.1b	35
4.5.1 Macroniveau	35
4.5.2 Microniveau	35
4.6 Aanpassingsmogelijkheden LOV	39
4.6.1 Macromodel	39
4.6.2 Micromodel	40
5 Water in de LeefOmgevingsVerkenner	45
5.1 Water in LeefOmgevingsVerkenner Versie 2.1b	46
5.2 Informatiebehoefte van beleid	47
5.2.1 Toekomstig Waterbeleid in hoofdlijnen	47
5.2.2 Toekomstig ruimtelijk beleid in hoofdlijnen	48
5.2.3 Gezamenlijke thema's in ruimte en water	49
5.3 Van informatiebehoefte van beleid naar invoer voor de LOV	50
5.3.1 Veiligheid/Wateroverlast	50
5.3.2 Verdroging	54
5.3.3 Emissies/Afwenteling	55
5.4 Relatie water – overig landgebruik in de LOV	58
5.5 Conclusies toevoeging water in de LOV	59

6	Analyse en Toepassingen Water-LOV	61
6.1	Aanpak gevoeligheidsanalyse	62
6.2	Toetscriteria	65
6.3	Gevoeligheidsanalyse: Globale Analyses	68
6.3.1	Run standaard versie	68
6.3.2	Globaal gedrag test	70
6.3.3	Robuustheidstest	71
6.4	Specifieke gevoeligheidsanalyse: afzonderlijk variëren	74
6.4.1	Analyse Beleidsvarianten	75
6.4.2	Analyse Geschiktheidsvarianten	81
6.4.3	Analyse Transitierregels CA-model	88
6.5	Specifieke Analyses: Monte Carlo Analyse en Extreme test	91
6.6	Conclusie analyse en toepassingen LOV	92
7	Conclusies en Aanbevelingen	93
7.1	Beleidsterreinen Water en Ruimtelijke Ordening	93
7.2	Ruimtelijk Model LeefOmgevingsVerkenner	94
7.3	Integratie	97
8	Bronvermelding	99
8.1	Literatuurlijst	99
8.2	Webpagina's	100
9	Samenstelling Afstudeercommissie	101

1 Inleiding

Water en Ruimtelijke ordening staan momenteel hoog op de politieke en maatschappelijke agenda. Onlangs zijn bijvoorbeeld de vijfde Nota Ruimtelijke Ordening en het eindrapport van de Commissie waterbeheer 21^e Eeuw verschenen. In beide documenten wordt nadrukkelijk gepleit voor een veel sterkere integratie van beide beleidsterreinen.

Dit rapport behandelt een deel van die integratie, namelijk de rol van computermodellen. In dit hoofdstuk worden allereerst de aanleiding en de achtergronden van het project toegelicht, waarna een probleemanalyse wordt gegeven. Het hoofdstuk vormt tot slot ook de leeswijzer van het rapport. De aanleiding en achtergronden gaan in op de toekomstige ontwikkelingen van waterbeheer en ruimtelijke ordening en de plaats die computermodellen daarin (kunnen) hebben. Dit wordt beschreven in paragraaf 1.1. In de probleemanalyse (§ 1.2) wordt aangegeven wat de probleemstelling, de doelstelling en de randvoorwaarden van het onderzoek zijn. De probleemanalyse vormt de leidraad van het rapport waaraan de volgende hoofdstukken en onderdelen elk hun bijdrage verlenen. Hoe en in welke hoofdstukken dit in het rapport is uitgewerkt, staat beschreven in de laatste paragraaf van dit inleidende hoofdstuk.

1.1 Achtergrond en Aanleiding Project

De ontwikkeling van Nederland

Heel lang geleden stuurde het water de ruimtelijke inrichting van Nederland. Alleen op de zandgronden woonde je hoog en droog, en dus ontwikkelden zich daar de eerste woonkernen. Naarmate de techniek echter voortschreed, veranderde de situatie.

De afgelopen eeuwen (ongeveer vanaf 1100 na Chr.) heeft het waterbeheer Nederland ingrijpend veranderd. Grote stukken land werden door inpoldering klaar gemaakt om in cultuur te nemen en laag Nederland werd steeds beter beschermd tegen hoogwater door de aanleg van dijken en andere waterkeringen. Dit alles had onder meer tot gevolg dat niet langer het water de ruimtelijke inrichting stuurt, maar de ruimtelijke ordening het waterbeheer. Als de maatschappij ergens een bepaalde functie wilde, al was het midden in de zee, zorgde een aanpassing in het waterbeheer er wel voor dat dat de mogelijk werd. De 'beheersbaarheid' van het water leek geen grenzen te kennen.

De afgelopen decennia treedt er echter onder invloed van autonome en maatschappelijke processen een verandering op. Aan de ene kant zorgt de op handen zijnde klimaatverandering bijvoorbeeld voor een ander afvoerregime van de grote rivieren en een stijgende zeespiegel, en aan de andere kant is de bodemdaling door constante grondwaterstandverlaging een resultaat van een jarenlang proces van inpoldering. Tevens is men tot de conclusie gekomen dat het ophogen van rivier- en zeedijken in sommige gevallen duurder is dan ruimte geven aan een natuurlijker situatie. Intussen is wetenschappelijk komen vast te staan (Commissie waterbeheer 21^e Eeuw) dat voorgaande problemen alleen kunnen worden opgelost door het water meer de ruimte te geven en terug te gaan naar een natuurlijker waterbeheer. Met andere woorden: het 'aan banden leggen van het water' bleek toch zijn grenzen te kennen. En dat betekent tevens, dat geconcludeerd kan worden dat het water weer meer sturend moet worden bij de ruimtelijke inrichting van Nederland.

Ruimtelijke Druk

Nederland is een van de weinige landen in de wereld waar de inrichting van de ruimte bepaald wordt door een gekozen regering en/of bestuur. Bijna elk stukje land heeft een bestemming voor een bepaalde functie. De laatste jaren is duidelijk geworden dat, onder de huidige bevolkingstoename en welvaartsgroei, ruimte een schaars goed wordt in Nederland. Dit maakt een zorgvuldige afweging bij de inrichting nog meer nodig.

Water en ruimte

De twee hierboven geschetste beelden leveren een interessante situatie op: enerzijds gaat het waterbeheer over op een ruimte-intensievere vorm van handelen, terwijl anderzijds in Nederland steeds moeilijker voldoende (leef)ruimte vrijgemaakt kan worden om aan de hoge kwaliteitseisen van inwoners, natuur, en bedrijfsleven te voldoen. Samenwerking tussen beide beleidsterreinen is dus noodzakelijk. Dit komt ook naar voren in de diverse beleidsnota's (Vierde Nota Waterhuishouding en Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening).

Computermodellen

Sinds het ontstaan van computers worden zij gebruikt om, voor mensen, lastige berekeningen of simulaties uit te voeren. Computermodellering van processen is tegenwoordig aan de orde van de dag en wordt, onder impuls van de technologische vooruitgang (lees: snellere computers) steeds vaker toegepast. Bijvoorbeeld bij het maken van beleid kunnen computermodellen handige hulpmiddelen zijn.

In het waterbeheer is het gebruik van computermodellen al enkele decennia gemeengoed. Hierbij wordt gebruik gemaakt van diverse modelmatige en wiskundige technieken. De modellen worden onder andere gebruikt om grondwaterstromingen door te rekenen, waterstanden en debieten te bepalen en verspreiding van vervuiling op oppervlaktewater bij calamiteiten te onderzoeken. De uitkomsten van deze modellen worden veelal gebruikt bij wetenschappelijk onderzoek en als informatie bij nieuw te vormen beleid. Jarenlange ervaring heeft een groot deel van de watermodellen betrouwbaar en het gebruik ervan verantwoord gemaakt.

De ontwikkeling van het modelleren van ruimtelijke ontwikkelingen van een stad, een regio, een land, een werelddeel of zelfs de hele aarde is relatief jong te noemen. Vanwege de complexe materie en beperkte technische mogelijkheden was het tot enkele jaren terug nog niet mogelijk om een realistisch ruimtelijk model op te zetten. De door de stijgende ruimtedruk steeds groeiende vraag naar voorspellende modellen én de snellere computers hebben er echter voor gezorgd dat er steeds meer onderzoek gedaan wordt naar voorspellende, ruimtelijke modellen. Op dit moment zijn er reeds enkele modellen die een simulatie van 30 tot 50 jaar kunnen maken voor bepaalde oppervlakten. Zij maken gebruik van veelal Geografische Informatie Systemen(GIS)-achtige technieken om de ruimtelijke dynamiek te simuleren. De drijvende processen achter deze modellen worden telkens correcter en de uitkomsten realistischer.

Synergie

Ondanks het gegeven dat water en waterbeheer in de ruimtelijk inrichting van Nederland de komende jaren een steeds belangrijkere rol gaat spelen, is dit nog niet uitgewerkt in de (ontwikkeling) van de ruimtelijke modellen voor Nederland. Op dit gebied liggen er dan ook enkele uitdagingen. Gedacht moet worden aan een mogelijke integratie van watermodellen en ruimtelijke modellen, het ondersteunen bij waterbeheervraagstukken met een ruimtelijke achtergrond of het beter afstemmen van water en ruimtelijke ordening.

Deze afstemming tussen water- en ruimtelijke modellen en de uitkomst ervan is eigenlijk de aanleiding tot deze studie. De onderzoeksvragen en randvoorwaarden zullen in de volgende paragraaf "Probleemanalyse" verder uitgewerkt worden.

1.2 Probleemanalyse

In deze paragraaf worden achtereenvolgens de probleemstelling, doelstelling en randvoorwaarden van het project opgesteld. Dit gebeurt aan de hand van de achtergrondinformatie die in 1.1 gegeven is.

Probleemstelling

Uit de beleidsnota's op het gebied van waterbeheer en ruimtelijke ordening komt de wens naar voren voor een (verdere) integratie van beide beleidsterreinen. Enkele vragen waar momenteel mee geworsteld wordt, zijn bijvoorbeeld:

1. Het is onbekend welke fysische relaties tussen waterbeheer en ruimtelijke ordening een belangrijke rol spelen,
2. Het is onbekend wat de effecten op het waterbeheer zijn (positief en negatief) van de autonome ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland,
3. Het is onbekend of de ruimtelijke ordening vanuit het waterbeheer te sturen valt, zodanig dat negatieve ontwikkelingen worden voorkomen en positieve ontwikkelingen worden gestimuleerd

Voorgaande vragen zouden met behulp van een model waarin waterbeheer en ruimtelijke ordening zijn geïntegreerd kunnen worden geanalyseerd. Er is ook wel allerlei (deel)informatie beschikbaar over processen, veranderingen, en hun gewenste integratie, zowel op het gebied van het waterbeheer als voor de ruimtelijke ordening, maar op dit moment ontbreekt een modelinstrumentarium waarin beide beleidsterreinen zijn geïntegreerd. Dat is dan ook het centrale probleem voor dit onderzoek.

Doelstelling

Het hoofddoel van dit onderzoek is om inzicht te creëren in een gewenst modelconcept dat de beleidsterreinen water en ruimtelijke ordening integreert, om vervolgens te komen tot een eerste realisatie en toepassing van een dergelijk modelconcept dat voldoet aan de informatiebehoefte. Het te ontwikkelen model moet daarbij toepasbaar zijn bij wetenschappelijk onderzoek en de beleidsvoorbereiding van beide beleidsterreinen.

Water wordt hierbij vooral benaderd vanuit de veranderingen in het waterbeheer en de autonome fysische condities (klimaatverandering, bodemdaling) van de Nederlandse waterhuishouding. De ruimtelijke inrichting wordt bekeken vanuit beleidsvisies en behoeftes aan ruimtelijke specificatie. Nevendoelstellingen bij het onderzoek zijn:

- Onderzoeken van de relatie water en ruimtelijke ordening en de kwantificering ervan.
- Opstellen van de kwantificering op dusdanige wijze dat het aan een ruimtelijk model toe te voegen is.
- Nagaan van de invloed van de water - ruimtelijke ordening relaties op de uitkomsten van een ruimtelijk model. Deze invloed wordt bekeken vanuit de ruimtelijke ordening maar ook vanuit het waterbeheer. Concreet worden daarbij de laatste twee beleidsvragen uit de paragraaf 'probleemstelling' onderzocht in een case.

Randvoorwaarden en uitgangspunten

Enkele randvoorwaarden en uitgangspunten zullen het onderzoeksgebied van dit project inperken. Dit kan gedaan worden omdat bepaalde informatie niet (of juist wél) beschikbaar is of omdat de tijd en middelen, voor handen voor het afstudeerwerk, beperkt zijn.

1. Er zal slechts vrijwel alleen gebruikt gemaakt kunnen worden van voorhanden zijnde kennis op watergebied (zoals beschikbaar uit de Vierde Nota Waterhuishouding, de Waterverkenningen en de bijdrage van het RIZA aan het onderdeel water van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening).
2. Om het project overzichtelijk en uitvoerbaar te houden, is het de intentie om aan te sluiten bij één bestaand modelconcept (zie ook volgend punt)
3. Op dit moment is Rijkswaterstaat nauw betrokken bij het LeefOmgevingsVerkennerproject. Dit project is opgezet door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en wordt uitgevoerd door Research Institute for Knowledge Systems (RIKS) te Maastricht. De toegang en beschikbaarheid van informatie over dit ruimtelijke model alsmede de medewerking van de deelnemende instanties maakt het een geschikt model om in deze studie te behandelen.
4. Als uitgangspunt voor het onderzochte modelconcept geldt de versie van de LeefOmgevingsVerkenner die op 1 mei 2000 beschikbaar was (versie 2.1b). De aanpassingen die aan dit model worden gedaan zijn volgens de voorschriften c.q. gebruikswijze die de softwareontwikkelaar voorschrijft en zo weinig mogelijk softwarematig van aard. Verder is er enkel gekeken naar veranderingen vanuit het water. het andere is buiten beschouwing gelaten.
5. De toetsing van het "nieuwe" modelconcept zal plaatsvinden op actuele problemen in Nederland, waarbij tegenstrijdige belangen in de water sector en andere factoren in de ruimtelijke inrichting een rol spelen.
6. In verband met de beperkte doorlooptijd voor dit project zullen niet alle relaties tussen waterbeheer en ruimtelijke ordening worden uitgewerkt. Het onderzoek beperkt zich primair tot de relatie 'stedelijk gebied-waterbeheer'.
7. De tijdspanne waarover informatie vanuit de beleidsmakers uit een ruimtelijk model gewenst is, betreft voor beide (Water en Ruimtelijke Inrichting) de lange termijn (meer dan 25 jaar).

1.3 Indeling Rapport

Om de doelstelling van §1.2 zo goed te bereiken, is een duidelijke, structurele opzet van het rapport nodig. Elk hoofdstuk moet een bepaald deel van het onderzoek dusdanig omschrijven dat de verrichte werkzaamheden als een geheel overkomen en de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7 vanzelfsprekend zijn. De indeling van het rapport naar hoofdstukken is als volgt:

Hoofdstuk 2: Water en Ruimte

Het onderzoek begint met een studie naar waterbeheer en de ruimtelijke ordening door de eeuwen heen. De nu geldende beleidsnota's worden uitvoerig besproken en de relatie water-ruimtelijke ordening wordt uitgediept. Nagegaan wordt wat de consequenties zijn van voorgenomen beleid voor de toekomst.

Hoofdstuk 3: Modellen

In het waterbeheer wordt gebruik gemaakt van een groot aantal watermodellen. Beschreven wordt hoe de watermodellen gebruikt worden en wat een ruimtelijk model aan het arsenaal watermodellen (samen gevoegd in het Standaard Raamwerk Watermodellen) kan toevoegen. Het eind van het hoofdstuk geeft kort aan wat de betekenis van ruimtelijke modellen kan zijn voor de in hoofdstuk 2 geschetste problematiek.

Hoofdstuk 4: De LeefOmgevingsVerkenner

In dit onderzoek is, om redenen die in de vorige paragraaf staan, gekozen voor het aan- en toepassen van het ruimtelijk model "De LeefOgevingsVerkenner". De achtergronden, het doel, de werking en de aanpassingsmogelijkheden van het model worden uitvoerig beschreven. Deze informatie wordt in hoofdstuk 5 gebruikt om daadwerkelijk nieuwe (water)functionaliteiten aan de LOV toe te voegen.

Hoofdstuk 5: Water in de LeefOmgevingsVerkenner

In dit hoofdstuk wordt de kennis uit de voorgaande hoofdstukken gebruikt om de gewenste aanpassingen aan de LOV te maken. Allereerst wordt gekeken wat er in de gebruikte versie op dit moment aan wateraspecten opgenomen is. Vervolgens wordt de kennis uit hoofdstuk 2 aangewend om vast te stellen welke nieuwe functionaliteiten in de LOV gewenst zijn. Tenslotte wordt aangegeven hoe de LOV aangepast moet worden.

Hoofdstuk 6: Analyse en Toepassing van de Water-LOV

Om de gevolgen van de aanpassingen aan het model te weten te komen, is in hoofdstuk een groot aantal analyses en toepassingen gemaakt. Het handboek Good Modeling Practice vormt hierbij een belangrijke leidraad. Er worden verschillende analyses uitgevoerd, elk aan de hand van korte casestudies. Hierbij komen zowel de water-RO- als de modeltechnische aspecten aan de orde. Aan het eind van het hoofdstuk wordt kort ingegaan op een speciale uitvoering van de LOV; de Water-LOV van RIKS. Deze LOV wordt ingezet om een "Nederland-Waterland" scenario uit te voeren.

Hoofdstuk 7: Conclusies en Aanbevelingen

De conclusies en bevindingen die gedurende deze studie gemaakt en gedaan zijn, worden in dit hoofdstuk opgesomd. Er is een onderverdeling gemaakt naar conclusies en aanbeveling ten aanzien van de relatie water-RO, het ruimtelijk model de LeefOmgevingsVerkenner en algemene uitkomsten van het onderzoek.

2 Water en Ruimte

Water heeft altijd een belangrijke rol gespeeld in de inrichting van Nederland. Vanaf de eerste bedijkingen en inpolderingen tot de meest recente ontwikkelingen als retentiegebieden en duurzaam stedelijk waterbeheer, heeft de strijd om het begaan- en bewoonbaar houden een grote invloed gehad op de inrichting van Nederland. Vanaf de 10^e eeuw is waterbeheer voornamelijk gericht op beschermen van lage gebieden tegen overstromingen en het winnen van land. Het eerste werd voornamelijk gedaan om te overleven, het tweede om (beter) bruikbaar land te creëren en een grotere economische groei te bewerkstelligen. Mede gevoed door de veranderingen in klimaat en afvoerregime is de laatste jaren duidelijk geworden dat we het water niet meer onder redelijke voorwaarden onze wil op kunnen leggen. De gevolgen van deze andere kijk op waterbeheer voor de inrichting van Nederland zijn ingrijpend.

Allereerst wordt in dit hoofdstuk de geschiedenis van het Nederlandse waterbeheer (§ 2.1) en van de Ruimtelijke Ordening (§ 2.2) behandeld. Het recente beleid, wat van belang is voor deze studie komt in paragraaf 2.3 (waterbeheer) en 2.4 (ruimtelijke ordening) nader aan bod. Tenslotte wordt, als opstap naar de volgende hoofdstukken, alvast kort ingegaan op de mogelijke rol van de (computer)modellen die gebruikt worden in en ontwikkeld worden voor het waterbeheer en de ruimtelijke ordening.

2.1 Geschiedenis Waterbeheer

Nederland heeft als delta van Europa een innige relatie met het water. Het is een haat-liefde verhouding die al duizenden jaren de bevolking in haar greep houdt. De unieke handelspositie die Nederland op heeft kunnen bouwen dankzij het water is samen gegaan met een constante strijd tegen datzelfde water. In deze paragraaf wordt kort ingegaan op de vroege historie van het waterbeheer (§ 2.1.1) in Nederland en uitgebreider op het waterbeheer van de laatste decennia (met name in de vorm van de Nota's Waterhuishouding: § 2.1.2).

2.1.1 Historie Waterbeheer

Het huidige gezicht van Nederland is het resultaat van ontwikkelingen uit de laatste 10 tot 12 eeuwen. Naast de natuurlijke processen als erosie en sedimentatie heeft de mens ingegrepen in de natuurlijke situatie van duinenrijen, veengebieden en rivierenland door het graven van greppels, sloten en kanalen en het aanleggen van dijken en dammen, het afgraven van veen, het droogleggen van plassen en meren en het afsluiten van zeearmen. Deze ingrepen vormen de basis voor het waterbeheer van ons land. Voor deze periode pasten de mensen zich aan de natuurlijke omgeving aan. Men ging op hoger gelegen gebieden wonen en bij de ondiepe gedeeltes van een rivier ontstonden nederzettingen. De ontwikkeling van het Nederlandse waterbeheer in de afgelopen 1200 jaar kan onderverdeeld worden in drie kenmerkend verschillende gebieden: Laag Nederland, het Rivierengebied, Hoog Nederland. Een beschrijving van het waterbeheer in deze gebieden staat in Bijlage 2.1. Uit deze beschrijving komt naar voren dat, waar de mens zich eerst aanpaste aan het water, de laatste 2 eeuwen de mens het water haar wil op heeft gelegd.

Vanaf 1968 wordt het te voeren waterbeleid vastgelegd in de Nota Waterhuishouding. De volgende paragraaf behandelt dit beleidsplan.

2.1.2 De Nota's Waterhuishouding

Uit de Nederlandse watergeschiedenis (Bijlage 2.1) blijkt dat het vanwege verschillende factoren nodig is om de betrokkenen in het waterbeheer op één lijn te krijgen. Alleen zo kunnen ongewenste situaties voorkomen worden. In Nederland is het beleid op dit gebied opgenomen in de Nota Waterhuishouding. In 1968 verscheen de eerste en inmiddels is de vierde versie van kracht. De nota heeft een ontwikkeling doorgemaakt van puur kwantitatief beheer tot "Integraal Waterbeheer" met een breed (maatschappelijk) karakter. In Bijlage 2.2 zijn de hoofdlijnen van de vier Nota's Waterhuishouding uitgebreid opgenomen.

Hier wordt nu een kort beeld geschetst van de eerste drie Nota's door de belangrijkste onderwerpen van elk van de nota's aan te geven. De Vierde Nota Waterhuishouding wordt in paragraaf 2.3 Recent Waterbeleid: Vierde Nota Waterhuishouding uitgebreid behandeld.

1^e Nota Waterhuishouding (1968)

Eerste maal dat een samenhangende, landelijk visie op waterbeleid gevormd wordt. Voornamelijk gericht op waterkwantiteit (de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO, 1970) regelde de waterkwaliteit).

2^e Nota Waterhuishouding (1985)

Minder op waterkwantiteit, maar meer op grondwaterproblematiek en prioriteitstelling. Door de hogere onttrekking van grondwater waren er namelijk tekorten aan zoet (grond)water ontstaan.

3^e Nota Waterhuishouding (1989)

Intergaal beleid voor waterkwaliteit, -kwantiteit en grond- en oppervlaktewater. Betere afstemming waterbeleid en Ruimtelijk Ordening. Tevens voor het eerst afstemming tussen het beheer van watersystemen en de gebruiksfunctie.

2.2 Geschiedenis Ruimtelijke Ordening

Nederland kent een lange traditie als het gaat om de ruimtelijke ordening. Zeker in vergelijking tot veel van de landen om ons heen. Dat is dan ook aan de inrichting van Nederland af te lezen. Want ondanks de enorme naoorlogse groei van de bevolking, de economie en de mobiliteit zijn er in Nederland plekken die nog steeds goeddeels onbebouwd zijn (zelfs in de drukke Randstad) en wordt er ruimte vrijgelaten voor natuur, ook al staat de kwantiteit én kwaliteit daarvan onder druk. Door middel van stadsvernieuwing en -revalidatie wordt getracht de grote steden leefbaar en vitaal te houden. Dit koste echter veel moeite, geld en tijd.

Uitgangspunten die in het naoorlogse RO-beleid centraal hebben gestaan, zijn: zuinig omgaan met de ruimte, behouden en versterken van grote open gebieden en handhaven van het contrast tussen stad en land. Dat de huidige inrichting niet uit zichzelf ontstaan is, blijkt uit de geschiedenis van de RO, welke in de volgende paragrafen, deels aan de hand van een overzicht van de reeds verschenen Nota's Ruimtelijke Ordening, gegeven is.

De hierboven genoemde uitgangspunten spelen nog steeds een belangrijke rol bij het huidige beleid (Vierde Nota Ruimtelijke Ordening en de extra aanvulling (VINO en VINEX)) en het toekomstige beleid (de Vijfde Nota). Door de groei van de bevolking en de economie wordt de druk op de ruimte namelijk steeds groter en een goede ordening is nodig om te zorgen dat alle kanten van de Nederlandse samenleving een rechtvaardig aandeel van de ruimte krijgen.

2.2.1 Historie Ruimtelijke Ordening

In 1941 werd de voorloper van de Rijksplanologische Dienst (RPD), de Rijksdienst voor het Nationale Plan, opgericht. Hiermee ontstond een planningsorgaan voor de Ruimtelijke Ordening. In de eerste jaren na de oorlog was de dienst vooral bezorgd om de dreigende overbevolking in het westen van het land. Door de industrialisatie, de verdergaande trek naar het westen en een toenemende suburbanisatie zouden de landelijke gebieden in het westen verloren gaan. Ook vanwege de gebleken kwetsbaarheid van het gebied (de recente hongerwinter, het permanente overstromingsgevaar en de hoge funderingskosten) zou een verdere bevolkingstoename ongewenst zijn.

Echter pas in 1960 werd de noodzaak van een nationaal ruimtelijk beleid door de overheid ingezien. Dit resulteerde in de (eerste) Nota inzake de Ruimtelijke Ordening, welke voornamelijk de problematiek in het Westen van Nederland besprak.

2.2.2 Nota's Ruimtelijke Ordening

Evenals bij de bespreking van de Nota's Waterhuishouding, zijn in dit hoofdrapport slechts de hoofdlijnen van de Nota's Ruimtelijke Ordening opgenomen. In Bijlage 2.3 staan uitgebreidere beschrijvingen.

Eerste Nota Inzake de Ruimtelijke Ordening (1960)

Spreading van mensen en banen vanuit het westen. De ontwikkeling van overloopkernen en nieuwe steden (Zuiderzeepolders) en de Wet Ruimtelijke Ordening.

Tweede Nota Ruimtelijke Ordening (1966)

Doorvoering van het spreidingsbeleid, ondanks de gevaren van de naderende suburbanisatie. Prognoses voor 20 miljoen inwoners inclusief een veranderend consumptie- en ruimtegebruikspatroon. Introductie van nieuwe verstedelijkingsprincipes als "gebundelde deconcentratie", "stadsgewesten" en "milieudifferentiatie".

Derde Nota Ruimtelijke Ordening (1972)

Accentenverschuiving van uitgangspunten en invoering Inrichtingsprincipe: Groeikernenbeleid voor het stoppen van de suburbanisatie, invoeren Planologische Kernbeslissing ter bevordering van de inspraak en spreading rijksdiensten en regionaal welzijnsbeleid (Selectieve Investeringsregeling).

Vierde Nota Ruimtelijke Ordening (1990)

Grote omslag van het ruimtelijk beleid door negatieve gevolgen groeikernenbeleid (sterke toename woon-werkverkeer en volbouwen open ruimte buiten Randstad). In plaats hiervan ontwikkeling stedelijke knooppunten, stedenringen en ecologische hoofdstructuur. Naast behandeling van het stedelijk gebied is er voor het eerst ook aandacht voor milieu en water (Nederland-Waterland). In aanvulling op de Vierde Nota is de Vierde Nota Extra gemaakt. Hierin staat een versterking van het ingezette stedelijk beleid (Compacte stad, ABC-lokatiebeleid, restrictief beleid ten aanzien van open ruimte, VINEX-lokaties).

2.3 Recent Waterbeleid: Vierde Nota Waterhuishouding

In de Vierde Nota Waterhuishouding (NW4) staat het voorgenomen beleid op het gebied van het waterbeheer voor de periode 1998-2006. Het kent als streefbeeld "een veilig en goed bewoonbaar land met gezonde en duurzame watersystemen". Het werken aan veiligheid is een van de oudste taken van het Nederlandse waterbeheer. De zogenaamde watersysteembenadering kent daarentegen een kortere geschiedenis.

2.3.1 Algemeen en hoofdlijnen

De NW4 gaat verder in op de ingeslagen weg van NW3. Dit betekent onder meer voortzetting van het Integraal Waterbeheer (zie ook Bijlage 2.3). In het kader hiervan pleit NW4 voor "een verdere samenwerking tussen het beleid voor water, RO en milieu, gericht op de verschillende belangen zoals natuur en drinkwatervoorziening, transport, recreatie en visserij, daarbij ruimte scheppend voor gebiedsgericht maatwerk: een combinatie van een geïntegreerde generieke aanpak voor de landelijke gemeenschappelijke doelen en een specifieke regionale uitwerking, rekening houdend met de lokale omstandigheden en mogelijkheden".

Water is in al zijn facetten (transportas, productiemiddel, grondstof en intrinsieke waarde) belangrijk voor de Nederlandse economie. Daarnaast is de geschatte vervangingswaarde van investeringen die door waterkeringen worden beschermd ruim 4000 miljard gulden. Blijvende aandacht en zorg voor het waterhuishoudkundige systeem is een harde randvoorwaarde voor de ontwikkeling en instandhouding van Nederland. Zo zijn er ontwikkelingen gaande die een hernieuwde aanpak van waterbeheer vereist. Hierbij moet gedacht worden aan de groeiende economie, een groeiende bevolking, de wens te bouwen in en aan het water, de aanleg van nieuwe infrastructuur, de diffuse verontreiniging en vervuilde waterbodems en de verandering van het klimaat. Hierop kan gereageerd worden door naast

economische en sociaal-maatschappelijke ook ecologische en hydrologische ordeningsprincipes te laten dienen als grondslag voor ruimtelijke keuzes. Niet alles kan overal tegelijk (zie ook de paragraaf over de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening).

Intermezzo: Ontwikkelingen op watergebied.

De besluitvorming voor de Nederlandse waterhuishouding wordt bepaald door de prioriteiten van dat moment. In het verleden waren dat met name landbouw, scheepvaart en veiligheid. Meer recentelijk zijn milieu, landschap en natuur belangrijke impulsen voor het beleid. Ook de veiligheid van het steeds intenser bebouwde achterliggende land vraagt om een andere aanpak van waterbeheer. Alhoewel er nog veel onzekerheden bestaan, wordt ervan uitgegaan dat de klimaatverandering, veroorzaakt door het broeikaseffect, ingetreden is. De precieze gevolgen hiervan voor de waterbeheersing zijn nog onduidelijk, maar een stijging van de zeespiegel en wijzigingen in de afvoer van de grote rivieren wordt de komende decennia verwacht. Daarnaast is de Nederlandse bodem in beweging als gevolg van geologische processen en menselijk ingrijpen. Op de korte en middellange termijn zullen deze wijzigingen weinig gevolgen hebben voor de ruimtelijke inrichting van Nederland, op de lange termijn is het echter noodzakelijk dat men hierop anticipeert.

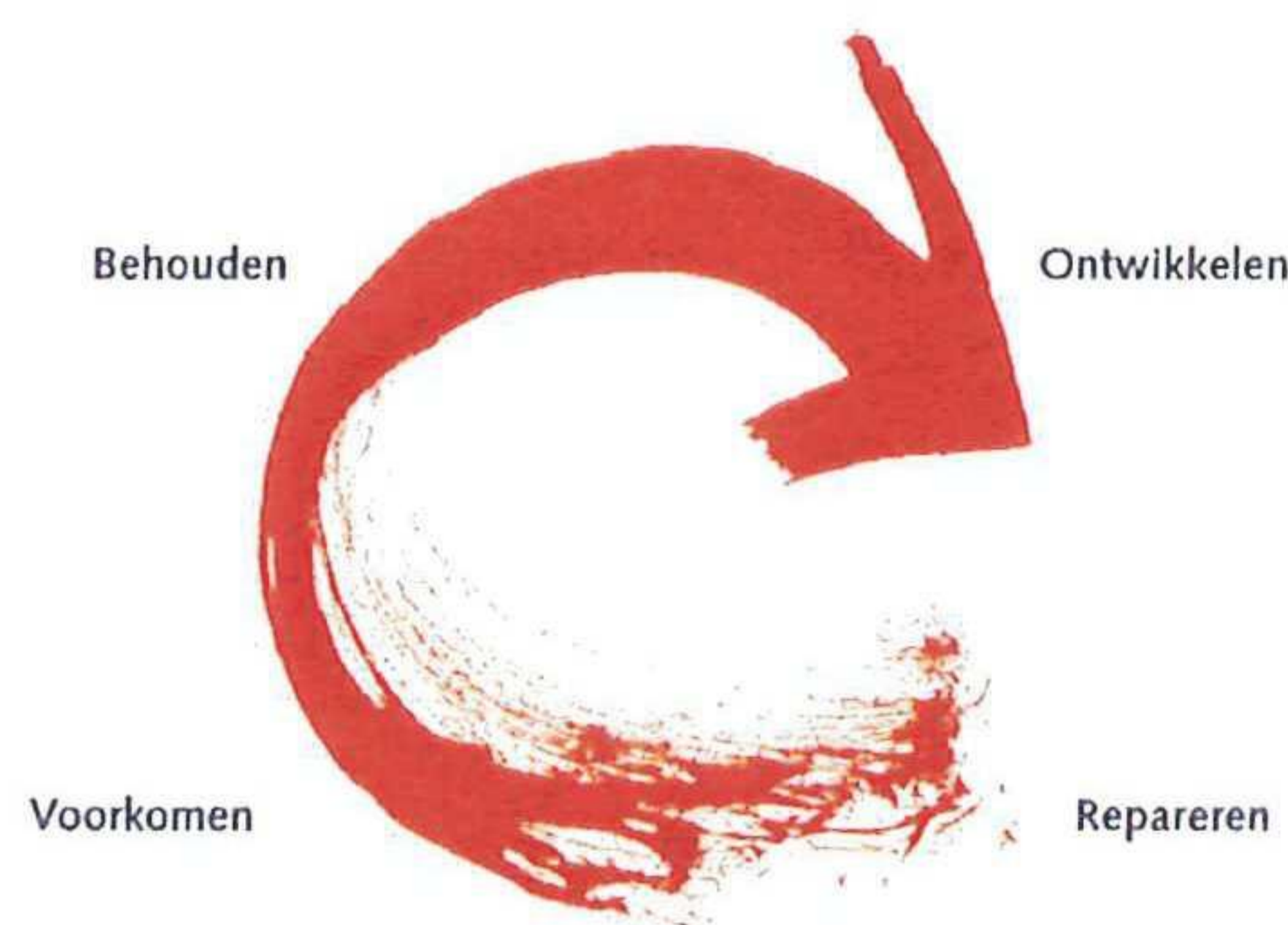
Het lange termijnbeleid zou zich enerzijds moeten richten op een natuurlijke wijze van omgaan met watersystemen, alleen zo worden de waarden en kwaliteiten behouden en kunnen de kosten voor het waterbeheer laag gehouden worden. Anderzijds is het belangrijk dat het waterbeleid de watersysteem- en stroomgebiedbenadering (zowel nationaal als internationaal) benadrukt. De samenhang tussen water, RO en milieu wordt in zo'n gebiedsgerichte aanpak bewerkstelligd.

Hoofdpijnen beleid

De Hoofddoelstelling van de NW4 luidt:

“Het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het instandhouden en versterken van gezonde en veerkrachtige watersystemen, waarmee een duurzaam gebruik blijft gegarandeerd.”

De NW4 benadrukt bovendien dat een succesvol (lange termijn) waterbeheer alleen mogelijk is als de betrokken departementen en actoren goed samenwerken: samenhang van beleid is nodig. Bovendien moet het toekomstig waterbeleid veranderen van het aanpakken van knelpunten naar het stimuleren van positieve ontwikkelingen. De manier waarop wordt gesymboliseerd door onderstaande figuur:



Figuur 1 : Proces tot flexibiliteit en veerkracht

De richting van de pijl geeft de gewenste ontwikkeling van het beleid weer. In plaats van almaar te repareren van dat wat slecht is of wat mis is gegaan, verdient het de voorkeur schade zoveel mogelijk te voorkomen, het goede te behouden en zo mogelijk ruimte te scheppen voor het ontwikkelen van nieuwe kansen.

Het aansluiten bij natuurlijk processen door het herstellen van de veerkracht van watersystemen is een belangrijke leidraad voor het toekomstig waterbeheer. Concreet kan hieraan als volgt inhoud worden gegeven:

- Maak gebieden meer zelfvoorzienend door waterconservering te stimuleren en waterbuffering te bevorderen. Hierdoor kan wateroverlast worden voorkomen en het oppervlak natte natuur vergroot worden en kunnen bestaande en toekomstige problemen opgelost worden binnen het stroomgebied.
- Vergroot het zelfregulerend vermogen van watersystemen door in beken, rivieren, esturia en kusten de van origine aanwezige dynamische processen toe te laten. Hiermee wordt verdere insnoering gestopt, kunnen de herstelmaatregelen voortgezet worden en wordt een bijdrage geleverd aan de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) van Nederland.

Overige punten:

- Duurzaam veiligheidsbeleid: om extreme omstandigheden op te vangen is er ruimte nodig. Ruimte in de vorm van belemmeringsvrije uiterwaarden en gebieden om water tijdelijk/permanent op te vangen. Met deze extra ruimteclaims moet op alle bestuursniveaus rekening gehouden worden.
- Verontreiniging van (grond)water en waterbodems tegengaan. Ondanks de behaalde successen blijft dit een belangrijk aandachtspunt en dan met name de diffuse verontreiniging en de verontreinigingserfenis.

Systemen en Thema's

Deze hoofdlijnen staan ook centraal in de bespreking van de zes deelsystemen en de vier thema's die de NW4 behandelt. De opdeling in watersystemen en thema's geven het NW4 een matrixstructuur, waarin de thema's verticaal staan en de systemen horizontaal (zie onderstaand schema).

		Thema			
		Veiligheid	Verdroging	Emissies	Waterbodems
Systeem	Stedelijk Waterbeheer	X	X	X	X
	Regionale wateren	X	X	X	X
	Grote rivieren	X		X	X
	Natte Hart	X		X	X
	Zuidelijke Delta	X		X	X
	Kust en Zee	X		X	X

Aan de hand van tabellen worden de thema's behandeld. Er wordt gekeken naar het af te leggen traject, de door de NW4 voorgeschreven (belangrijkste) actiepunten en de consequenties voor de RO. Met het traject wordt bedoeld op de figuur uit vorige paragraaf (1:Repareren - 2:Voorkomen - 3:Behouden - 4:Ontwikkelen); de nummers hebben betrekking op stap 1 tot en met 4. Voor elk systeem zal een zelfde trits in de tabel worden opgenomen. Voor het stedelijk waterbeheer is dit bijvoorbeeld: 1:Afkoppelen verharde oppervlak – 2:Voorkomen van waterverspilling – 3:Water in de stad houden – 4:Stadslandschap als waterlandschap.

Vervolgens wordt onder de tabel een kort overzicht gegeven van de verschillende maatregelen die NW4 schetst om het beoogde beleid uit te voeren. De meeste van deze maatregelen hebben als doel het systeem veerkrachtiger en duurzamer te maken.

N.B.: Een gelijksoortige aanpak is voor de systemen uitgevoerd. Echter aangezien een uiteenzetting van de thema's voor dit onderzoek voldoende informatie geeft om een deel van de onderzoeksvragen te behandelen, is de uitwerking van de systemen in bijlage 2.4 opgenomen.

2.3.2 Hoofdthema's

De 4 hoofdthema's van de Vierde Nota Waterhuishouding zijn: veiligheid, verdroging, emissies en waterbodems. Aangezien de laatste twee minder invloed hebben op de ruimte, zullen deze korter ter sprake komen dan de eerste twee.

Thema Veiligheid

Traject	Actiepunten	Consequenties RO
1. Huidige dijkversterkingen afronden 2. Beperken overstromingsrisico 3. Zuinig zijn op landschap en cultuurhistorie 4. Ontwikkelen van eigentijdse veiligheidsbenadering	<ul style="list-style-type: none"> • Voltooiing Deltaplan Grote rivieren. • Waterkeringsbeheerders toetsen de veiligheid van hun primaire waterkeringen. Provincies en waterschappen ontwikkelen normen voor de veiligheid van de niet-primaire. • Besluit over overstap naar een veiligheidsbenadering o.b.v overstromingsrisico van dijkkringgebieden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruimte voor andere veiligheidsbenadering (waterconservering en verruiming doorstroomprofiel bij de rivieren en zandsuppleties i.p.v. harde constructies langs rivier en kust) • Preventief: Niet meer bouwen in winterbed en op eerste duinenrij. • Ruimte reserveren voor toekomstige ontwikkelingen.

Maatregelen:

- *Dijken of wijken*: De vicieuze cirkel die de laatste jaren gevormd is rondom het (Nederlandse) waterbeleid heeft geleid tot versterking van de dijklichamen en een verhoging van het overstromingsrisico voor het (steeds intensiever gebruikte) achterliggende land. Als er nu een overstroming mocht plaats vinden dan zijn de gevolgen nog groter door de toegenomen (relatieve) waterstanden. Na de overstromingen van de Rijn en de Maas in de jaren negentig heeft de regering het Deltaplan Grote Rivieren opgezet wat ervoor moet zorgen dat primaire waterkeringen in 2000 op de vereiste sterkte zijn en dat er voor de toekomst over gegaan wordt op een duurzame bescherming (wat neerkomt op meer ruimte voor het water). Concrete maatregelen hierbij zijn:
 - Rivierengebied: Maatregelen in rivierbed als verwijdering natuurlijke obstakels en verdiepen en (zo mogelijk) verbreden van het winterbed.
 - IJsselmeergebied: Verontdieping vooroevers in combinatie met recreatie en natuurontwikkeling (wordt waar mogelijke toegepast).
 - Kustgebied: Ruimte voor natuurlijke processen. Kustzonebenadering i.p.v. kustlijnbenadering (minder harde constructies betekent minder inspanningen om de kust op zijn plaats te houden).

Thema Verdroging

Traject	Actiepunten	Consequenties RO
1. Beperken grondwateronttrekkingen 2. Voorkomen van snelle afvoer 3. Zuinig zijn op natte natuur 4. Water vasthouden	<ul style="list-style-type: none"> • Stimuleren door Rijk van het combineren van natuurherstelprojecten met mogelijkheden voor een vergrote waterconservering rivieren. • Vaststellen gewenste grondwaterstand door provincies in 2002. • Provincies werken in waterhuishoudingsplannen het streven naar vermindering van grondwaterwinning uit (o.a. door reallocatie). • Brede inspanning op verschillende niveaus om te voorkomen dat areaal verdroogd gebied toeneemt. • Provincies brengen eens per twee jaar rapport uit over de voortgang en uitvoering. 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschermen natte natuurgebieden. • Integrale gebiedsbenadering. • Betere functieafstemming om verdrogingsproblematiek aan te pakken.

Maatregelen:

- *Algemene doelstelling*: Afname areaal verdroogd gebied t.o.v. 1985 met 25% in het jaar 2000 en 40% in 2010.
- *Samenwerking en draagvlak*: Coördinatie van de belangen van de vele betrokken actoren (van waterschappen en gemeenten tot agrariërs en industrieën) is belangrijk om conflicterende belangen samen te laten gaan. De coördinerende rol wordt door de provincies op zich genomen, de uitvoerende rol door de waterschappen (d.m.v. maatregelen in het beheersplan en/of de ruimtelijke planners adviseren). Provincies en gemeenten houden in hun ruimtelijk beleid rekening met het

herstel van de verdroogde gebieden (bij de vaststelling van functies en bestemmingen voor zowel landelijk als stedelijk gebied).

- *Vergroting van de waterconservering*: Aangepast waterbeheer biedt perspectief om op de lange termijn de verdrogingsverschijnselen te verminderen. Hierbij valt te denken aan het anders omgaan met droogleggingsnormen (m.n. op de hoge gronden), verbreding en verontdieping van sloten of het toelaten van variaties in boezempeilen in wateraanvoergebieden. Waterconservering kan zodoende bijdragen aan het "herstel van veerkracht" in regionale watersystemen en is goed te combineren met bescherming tegen hoogwater.
- *Drinkwatervoorziening*: Om in de waterbehoefte te kunnen voorzien is een omschakeling naar oppervlaktewatervoorziening nodig. Maatregelen zijn nodig om de grondwaterwinning op kwalitatief en kwantitatief op peil te houden:
 - Verplaatsing van waterwinning van infiltratie en kwelgebieden waarbij de locatie afhangt van de daar aanwezige natuurwaarden.
 - Reallocatie van grondwaterwinningen.
 - Scherpere criteria voor grondwatergebruik (hoog-/laagwaardig gebruik, vervangbaarheid en efficiëntie)
 - Bescherming en herstel van infiltratiegebieden door uitbreiding van de natuurfunctie en aanpassing van de landbouw.

Thema Emissies

Ondanks de vooruitgangen die geboekt zijn op het gebied van puntlozingen en waterkwaliteit en de kwaliteit van het recent gevormde sediment, zijn de watersystemen (nog lang) niet schoon genoeg. Om verder te komen moet de nadruk worden gelegd op de bestrijding van de diffuse bronnen; in het bijzonder voor de landbouw, bouwmaterialen, scheepvaart en atmosferische depositie. De maatregelen richten zich nu voornamelijk op het beperken, wijzigen en verbieden van gangbare toepassingen van milieubelastende producten en materialen. Op de lange termijn wordt het accent gelegd op goede product- en grondstofkeuze, schone technologie en het sluiten van kringlopen.

Thema Waterbodems

Ook hier zijn al grote verbeteringen in vergelijking met de situatie van enkele jaren terug. Toch is op veel plaatsen de verontreiniging nog aanzienlijk. Noodzakelijk baggerwerk levert daarom nog veel extra kosten met zich mee. Primair ligt de oplossing in de aanpak van de vervuilingbronnen. Daarnaast zijn verspreiden van verontreinigd slib (indien verantwoord voor het ontvangende systeem), verwerken (scheiden, reinigen en toepassen) tegen redelijke kosten en storten als een vooralsnog onontkoombare, maar milieu- en kosteneffectieve sluitpost, ook mogelijk.

Extra Thema: Wateroverlast

Naar aanleiding van de grote wateroverlast in 1998, die plaats vond vlak na voordat de NW4 verscheen, is een oplegnotitie verschenen bij NW4 over dit onderwerp. Dit resulteerde in het instellen van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw (WB21).

2.4 Recent RO-beleid: Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening

De Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (VIJNO) behandelt de ruimtelijke inrichting van Nederland over de komende 30-50 jaar. Uit de nota kan aangegeven worden welke wateraspecten in de VIJNO een rol spelen. Grote invloed op de plaats van water in de VIJNO is het rapport van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw. Hierin bespreekt de commissie het waterbeheer van de 21^e eeuw met de daarmee samenhangende kosten en maatregelen.

2.4.1 Water in de VIJNO

De in de Vierde Nota Waterhuishouding genoemde maatregelen om tot een duurzaam en veerkrachtig waterbeheer te komen, spelen voor een groot gedeelte eveneens een rol in de VIJNO. Met name de invloed op de ruimte van de klimaatsverandering en de bodemdaling wordt hierin erkend. Onder het motto:

“...ruimte voor veiligheid is een bepalende randvoorwaarde voor onze veiligheid...” is vooral het thema veiligheid als ruimtelijke factor van belang. Water legt in toenemende mate nieuwe claims op de ruimte en bepaalt meer en meer de inrichting van ons land: water als sturende en ordenende factor.

In concreto zullen de ruimteclaims vanuit water in de VIJNO volgen uit (in hoofdpunten):

- Meer ruimte voor (veerkrachtige) watersystemen.
- Vergroting van de waterberging in de lage gebieden.
- Vertraging van de waterafvoer in hoge gebieden.
- Water vormt een randvoorwaarde voor andere functies.
- Een heroriëntatie voor landelijk gebruik (i.c. andere verdeling van het beschikbare water).
- Water als aantrekkelijk element in het landschaps- en stadsontwerp.

Het is duidelijk dat deze maatregelen voor het grootste gedeelte afgeleid zijn van de Vierde Nota Waterhuishouding. In hoeverre de claims ook uitgeoefend mogen worden hangt af van de hardheid van de claims en die van andere claims.

2.4.2 Ruimteclaims Vijfde Nota RO

Naast de vraag naar ruimte vanuit het waterbeheer is er de komende 50 jaar ook behoefte aan ruimte voor andere functies. De groeiende bevolking en toenemende welvaart leggen een steeds grotere druk op de ruimte van Nederland in de vorm van wonen (nieuwbouwlocaties), werken (uitbreiding van het areaal bedrijfslocaties) en transport (de aanleg van nieuwe spoor- en autowegen alsmede (lucht)havens, terminals en transferia). Daarnaast zijn er ook functies, als natuur en recreatie, die goed te combineren zijn met water en wordt verwacht dat de invloed van de landbouw op de indeling van Nederland afneemt.

Voor de ruimteclaims worden in de VIJNO de volgende vijf interventiestrategieën gevolgd. Achter elke strategie staat een korte beschrijving en tussen haakjes aangegeven aan welke maatregel in het kader van het waterbeheer gedacht kan worden):

1. Prioriteren: na afweging bepalen welke ruimtebehoeften in elk geval geacommodeerd moeten worden (Harde ruimteclaim voor veiligheid kust en rivieren).
2. Exporteren: er wordt bepaald welke onderdelen van de ruimtebehoefte naar een andere landsdeel of buiten Nederland verplaatst kunnen worden (ruimteclaim ontgrondingen).
3. Reduceren: herzien van beleidsmatige aannamen, waardoor behoefte kan worden verminderd (waterberging).
4. Combineren: Waar meerdere behoeften op hetzelfde gebied betrekking hebben, zal getracht worden deze zo goed mogelijk te combineren. Benutten van mogelijkheden tot multifunctioneel ruimtegebruik (combinatie: waterretentie/natuur/wonen).
5. Intensiveren: Door intensief ruimtegebruik kan de ruimtebehoefte van een functie worden verkleind c.q. geoptimaliseerd, terwijl deze toch volledig geacommodeerd kan worden (voorbeelden: heroverwegen landbouwkundig watergebruik, beter gebruik maken van transport over water).

Soorten en indicatie ruimtebehoefte

In de VIJNO wordt de ruimtebehoefte van de watersystemen, zoals beschreven in de NW4, ingedeeld naar twee soorten: functieverandering (onderscheid naar Rijkswateren en Regionale Wateren) en functiebehoud met beperkte aanpassingen (bijvoorbeeld extensieve landbouw).

Naam	Relatie tot ruimtelijke ordening	Voorbeelden
Functieverandering (water bepaalt)	bestaande functies veranderen in waterbergings- of retentiefuncties of in een functie die berging, retentie of veiligheid mogelijk maakt.	<ul style="list-style-type: none"> • uiterwaarden van landbouw naar berging en natuur • vergroting boezems of open wateroppervlak • openbare ruimte in de stad voor piekberging
Functiebehoud met interventie (water ordent)	Investerings in de inrichting te behoeve van berging of retentie of schadevergoedingsregelingen	<ul style="list-style-type: none"> • extensieve landbouw met berging of retentie • natuurgebieden met berging of retentie

Er kan dus verwacht worden dat de VIJNO inhoudelijk in grote lijnen overeenkomt met de Vierde Nota Waterhuishouding. Op grond van de twee soorten ruimtebehoefte heeft de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw een analyse gemaakt voor de ruimtebehoefte voor water. Voor de projecten langs de grote rivieren bestaan redelijk nauwkeurige oppervlakteramingen, voor anderen (zoals de kustzone en het natte hart) bestaan globale ramingen. Om een idee te geven over orde van grootte van de extra ruimteclaims staat hieronder de maximaal benodigde oppervlakte voor waterberging en retentie.

NL in 1996	Veiligheid	Extra open water in regionale watersystemen	"Ruimtelijke Maatregelen"
765.269	90.000	25.000	375.000

Tabel 1: Ruimtebehoefte water 2000-2050. Getallen in hectaren.

Op dit moment nemen wonen, werken en infrastructuur samen 11 procent van de ruimte in Nederland in beslag. Dit aandeel neemt de komende 30 jaar toe tot ruim 13 procent in lage, en bijna 16 procent in hoge scenario's. De extra ruimtebehoefte voor deze functies komt daarmee op ongeveer 100.000 tot bijna 200.00 hectare. Als geluids-, veiligheids- en hinderzones en ander indirect ruimtebeslag meegerekend worden, gaat het om veel meer.

Voor water is bijna een half miljoen hectare nodig, voor natuur en recreatie samen nog eens een half miljoen. De landbouw kan waarschijnlijk met 170.000 tot 475.000 hectare minder toe. Voor alle landsdelen geldt hier een flinke uitdaging om de kwantitatieve vraag naar ruimte te combineren met kwaliteitswinst.

2.5 Strijd om ruimte

Water en ruimtelijke ordening voeren al jaren een gevecht om de schaarse ruimte die in Nederland beschikbaar is. Dit gevecht zal, zoals uit het recente beleid blijkt, onder invloed van autonome water- en RO-ontwikkelingen de komende jaren enkel maar toenemen. Om het hoofd te kunnen bieden aan de complexe problemen die hiermee gepaard gaan is er de afgelopen jaren steeds meer gebruik gemaakt van computermodellen. Zij kunnen de beleidsmaker helpen in de voorbereiding op nieuw te ontwikkelen beleid. Het waterbeheer kent, in verhouding tot de ruimtelijke ordening, al een lange traditie van ontwikkelen en gebruiken van modellen. Het volgende hoofdstuk gaat hier verder op in.

3 Modellen

De afgelopen decennia zijn computermodellen bij het waterbeheer onmisbaar geworden. Zij bieden de mogelijkheid om complexe wiskundige bewerkingen snel en efficiënt uit te voeren. Aan de andere kant neemt de belangstelling voor het modelleren van ruimtegebruik toe. De processen die hierbij spelen zijn, zo mogelijk, nog omvangrijker dan bij de watermodellen. De technologische vooruitgang die computers het afgelopen decennium gemaakt hebben maakt het echter mogelijk om een te beginnen met het simuleren van het ruimtegebruik.

Dit hoofdstuk behandelt enerzijds de relatie watermodelleninstrumentarium – ruimtelijke modellen en de opkomst van ruimtelijke modellen en anderzijds de wensen en visies om tot een integratie van beide te komen.

3.1 Watermodellen en de relatie met ruimtelijke modellen

Plaats van een Leefomgevingsverkenner in het modelinstrumentarium voor water

De leefomgeving staat al jaren op de politieke agenda. Of het nu gaat over milieu, natuur, ruimtelijke ordening of water, praktisch ieder jaar wordt er wel stevig over gediscussieerd. Daarbij is er een toenemende tendens de genoemde onderwerpen (nog) meer dan in het verleden in samenhang met elkaar te bekijken. Bij sommige provincies heeft dit al geleid tot zogenaamde leefomgevingsplannen: overkoepelende plannen waarin het beleid voor de ruimtelijke ordening, water, natuur en milieu in samenhang wordt beschreven.

Het voorgaande leidt ertoe dat ook op onderzoeksniveau (nog) meer dan in het verleden aandacht moet worden besteed aan integratie. Het beleidsmatige spoor moet immers op het juiste moment van de juiste, in dit geval geïntegreerde, informatie worden voorzien. Mede op basis van deze informatie kan een verantwoorde afweging worden gemaakt, opdat uiteindelijk een zo optimaal mogelijk beleidspakket ontstaat.

Om de gewenste informatie te kunnen leveren, zouden modellen een nuttig hulpmiddel kunnen zijn. Met dergelijke instrumenten kunnen bijvoorbeeld de effecten van mogelijke beleidsmaatregelen op de leefomgeving verkend worden. Er is kortom behoefte aan een leefomgevingsverkenner (LOV). Dat klinkt echter makkelijker dan het is, want het verkennen van de leefomgeving is buitengewoon complex. De kunst bij een LOV is dan ook een zo compleet mogelijk beeld te schetsen zonder te verdwalen in het doolhof van details. Hoe dat zou kunnen, wordt onderstaand uiteengezet.

Lange-termijnvisie op een leefomgevingsverkenner

Een leefomgevingsverkenner is een beslissingsondersteunend systeem. Voor dergelijke systemen geldt dat voordat gebouwd gaat worden goed nagedacht moet worden over het type vragen dat beantwoord moet worden, en wat de plaats is van het instrument binnen het totale besluitvormingstraject. Feitelijk is dit de afbakening van wat de LOV wel en niet moet kunnen. Gezien de randvoorwaarde van beheersbare complexiteit, wordt hierover het volgende voorgesteld:

1. Een Leefomgevingsverkenner geeft op het hoogste aggregatieniveau informatie voor vier velden: water, natuur, milieu en ruimtelijke ordening.
2. Voor het genereren van deze informatie wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van informatie uit andere bronnen. Vaak zullen dit weer andere instrumenten zijn, maar het kan ook om expert-judgement gaan.
3. Om het voorgaande punt te realiseren zal gebruik worden gemaakt van de structuur van het Standaard Raamwerk Water. Hierin kunnen naar wens modules (bijvoorbeeld databases, modellen of andere tools) gehangen, of juist weer weggelaten worden als ze overbodig zijn voor bepaalde toepassingen. Figuur 2 geeft de structuur aan van het Standaard Raamwerk.
4. De hoofdfunctionaliteit van de LOV is integreren, aggregeren en waarderen. Alleen op punten waar geen gebruik kan worden gemaakt van andere bronnen, worden binnen de LOV nieuwe modules gebouwd. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het schetsen van het toekomstig ruimtegebruik in Nederland.
5. Gezien de complexiteit van de materie wordt de LOV ontwikkeld voor gebruik door een team van specialisten en niet voor bestuurders.
6. Gezien de zeer specifieke eisen die worden gesteld aan instrumenten die worden ingezet in open planprocessen, zal de LOV, ter beperking van de complexiteit, niet worden ontwikkeld om direct als

instrument ingezet te worden in dergelijke processen. Wel kan de informatie uit de LOV hiervoor worden gebruikt.

Akties en prioriteiten voor de korte termijn

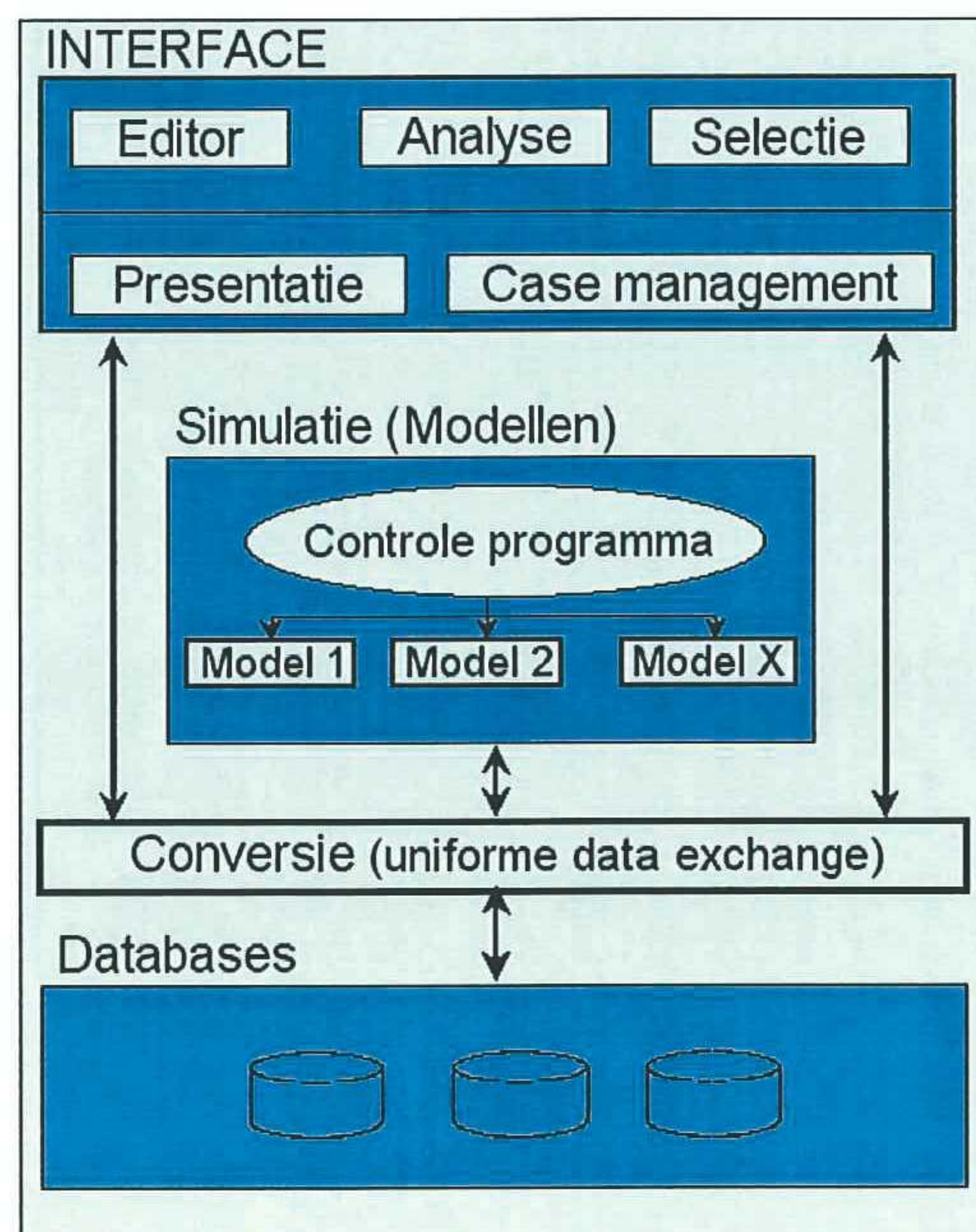
Uit de voorgaande lange-termijnvisie volgen een aantal acties voor de korte termijn. De belangrijkste zijn:

1. Concretiseren van de informatiebehoefte, en daarmee aangeven over welke indicatoren de LOV uitspraken moet kunnen doen.
2. Uitwerken welke onderliggende informatiebronnen nodig zijn om op het hoogste aggregatieniveau de voorliggende vragen te kunnen beantwoorden. Feitelijk gaat het hier om het schetsen van een algemene architectuur voor de LOV, waarbij als uitgangspunt de architectuur van het Standaard Raamwerk Water kan worden gebruikt (zie figuur 2).
3. Onderzoeken welke onderdelen van de architectuur op dit moment wel en niet beschikbaar zijn, met name op het gebied van water.
4. Opstellen van een plan om de ontbrekende modules te vullen. Op voorhand kunnen al een aantal ontbrekende modules worden geïdentificeerd, bijvoorbeeld:
 - de integratiemethodiek,
 - de aggregatiemethodiek,
 - het bouwen/verbeteren van de module voor het schetsen van het toekomstig ruimtegebruik in Nederland.

Het zal duidelijk zijn dat de prioriteiten voor de diverse acties voor de verschillende partijen die meewerken aan de LOV, anders kunnen liggen. Voor RIZA bijvoorbeeld ligt de belangstelling primair op het gebied van water. Daarbinnen is de belangrijkste ontbrekende schakel op dit moment de module voor het schetsen van het toekomstig ruimtegebruik in Nederland. Hier ligt wat RIZA betreft dan ook de hoogste prioriteit. Voorliggende studie heeft zich daar dan ook primair op gericht.

Het Standaard Raamwerk Water.

Zoals gezegd zou als basis voor de LOV het Standaard Raamwerk water kunnen dienen. Dit is een architectuur, waarbinnen eenvoudig modellen, databases en algemene tools (bijvoorbeeld editors of presentatieprogramma's), makkelijk kunnen worden geïntegreerd. In figuur 3 is deze architectuur weergegeven.



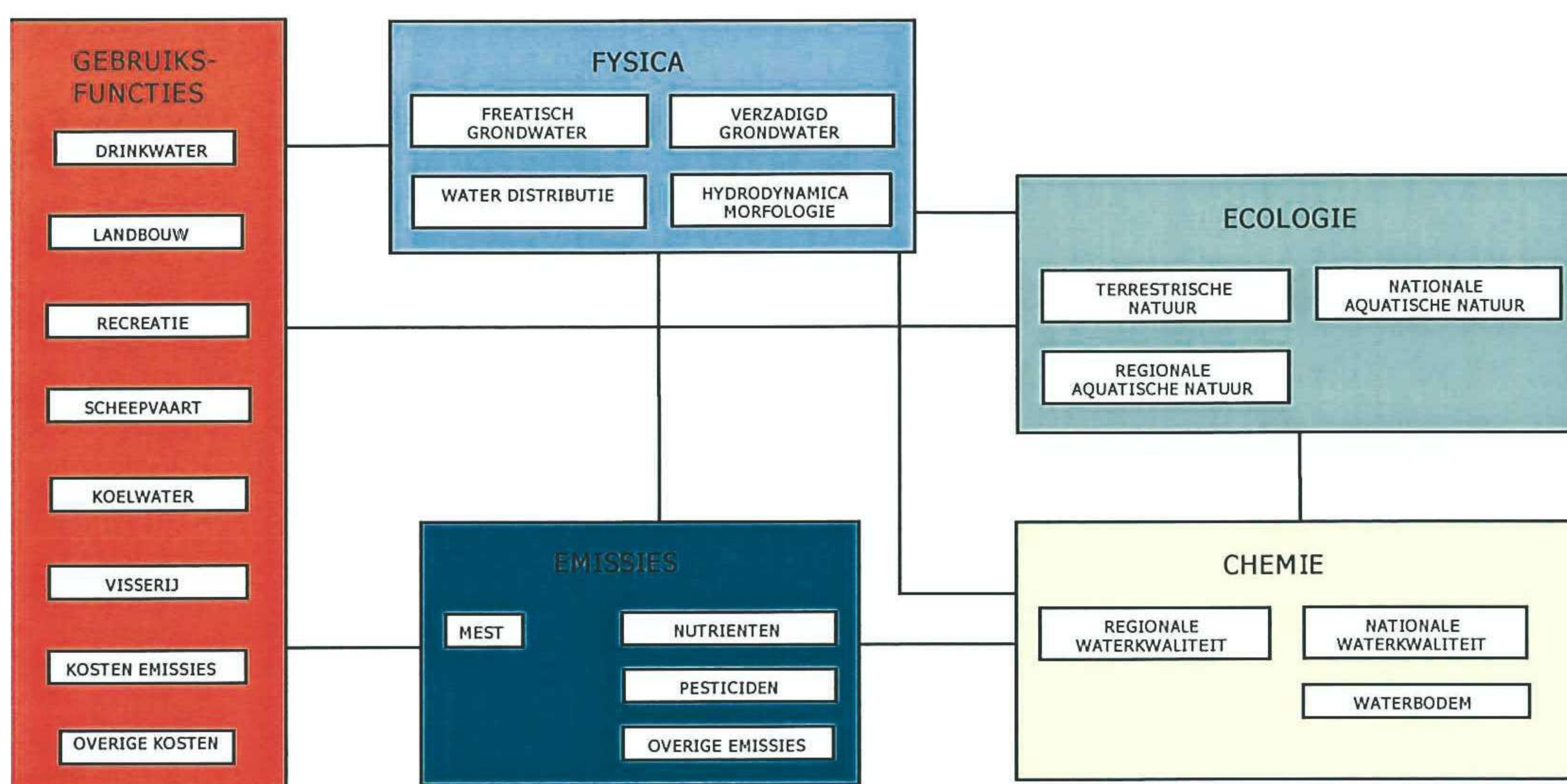
Figuur 2: Standaard Raamwerk Water

Voor het gebruik van het Standaard raamwerk voor analyses rond het onderwerp ruimte en water, moet het raamwerk gevuld worden met specifieke modules. De belangrijkste vragen die met betrekking tot het thema ruimte en water beantwoord moeten worden, zijn:

1. Hoe ontwikkelt zich autonoom het ruimtegebruik, en wat is daarvan het effect op de watersystemen?
2. Valt daarin vanuit het water te sturen, liefst zodanig dat negatieve effecten op de watersystemen worden voorkomen en positieve effecten worden versterkt.

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, zullen er in de data laag veel bestanden met ruimtelijk georiënteerde informatie nodig zijn. Een van de bestanden bevat het toekomstig ruimtegebruik. Dit kan worden voorspeld met behulp van een Leefomgevingsverkenner. Andersom kan voor het beantwoorden van vraag 2 een vanuit water gewenst grondgebruik worden geformuleerd, wat kan worden ingevoerd als randvoorwaarde voor een Leefomgevingsverkenner. Met de verkenner kan vervolgens worden geanalyseerd welke ingrepen nodig zijn, om het vanuit water gewenste beeld te realiseren.

De vanuit water benodigde modellen in de simulatielaag zijn weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Modellen in de simulatielaag

Een voorbeeld van een berekening zou kunnen zijn dat met de LOV het toekomstig grondgebruik wordt berekend, waarna met het grondwatermodel de verandering in infiltratie en verdamping worden bepaald, en met de emissiemodellen de hoeveelheid vervuiling die samenhangt met de omvang van vervuilende functies als industrie en landbouw. Vervolgens kunnen de effecten op de waterkwaliteit en ecologie worden bepaald.

3.2 Ruimtelijke modellen

In paragraaf (2.4) is aangegeven dat de ruimte in Nederland de komende jaren schaars wordt en een goede afstemming en afweging nodig is om een verantwoorde en duurzame ontwikkeling te kunnen bewerkstelligen.

In tegenstelling tot enkele andere landen in en buiten Europa, heeft de overheid in Nederland de afgelopen decennia een grote invloed gehad op de ruimtelijke inrichting. Verwacht wordt dat deze invloed, vanwege de hoge investeringen van grote projecten en de afname van financiële middelen van het Rijk, in de komende jaren minder groot zal worden. Desalniettemin blijft de Overheid de grote speler achter grote ingrepen in de inrichting: als financier, verlener van toestemming of inrichter. Aan haar is de taak om Nederland volgens de "juiste" of "gewenste" manier in te richten.

Om de beleidsmaker hierbij te helpen, wordt de laatste jaren steeds meer gebruik gemaakt van ruimtelijke computermodellen. Deze modellen proberen de ruimtelijke dynamiek na te bootsen en met behulp van verschillende technieken een beeld van het toekomstig landgebruik te schetsen. Zowel in binnen- als buitenland is de ontwikkeling van deze modellen volop in gang.

Voor de Nederlandse situatie is het interessant om te bekijken in hoeverre een set van ingrepen en plannen (het beleid dus) de gewenste effecten heeft op de ruimtelijke processen die zich afspelen.

In het vervolg van dit rapport zal aan de hand van een ruimtelijk model, LeefOmgevingsVerkenner genaamd, getracht worden om de wisselwerking tussen water en ruimtelijke ordening te beschrijven en uit te werken. Getracht wordt om het model de verschillende ruimteclaims in te laten vullen en vervolgens de afwegingen, die bij het tot stand komen van het uiteindelijke kaartbeeld een rol hebben gespeeld, te analyseren. Hierbij wordt tevens de modeltechnische werking van de LeefOmgevingsVerkenner bestudeerd.

Het gebruik van modellen in het waterbeheer kent een langere (Nederlandse) geschiedenis. In de loop der jaren zijn er honderden modellen ontwikkeld om bijvoorbeeld grondwaterstromingen te bestuderen, rivierafvoeren te simuleren, verspreiding van vervuiling te analyseren en de morfologie van rivierbodems te bepalen.

4 De LeefOmgevingsVerkenner

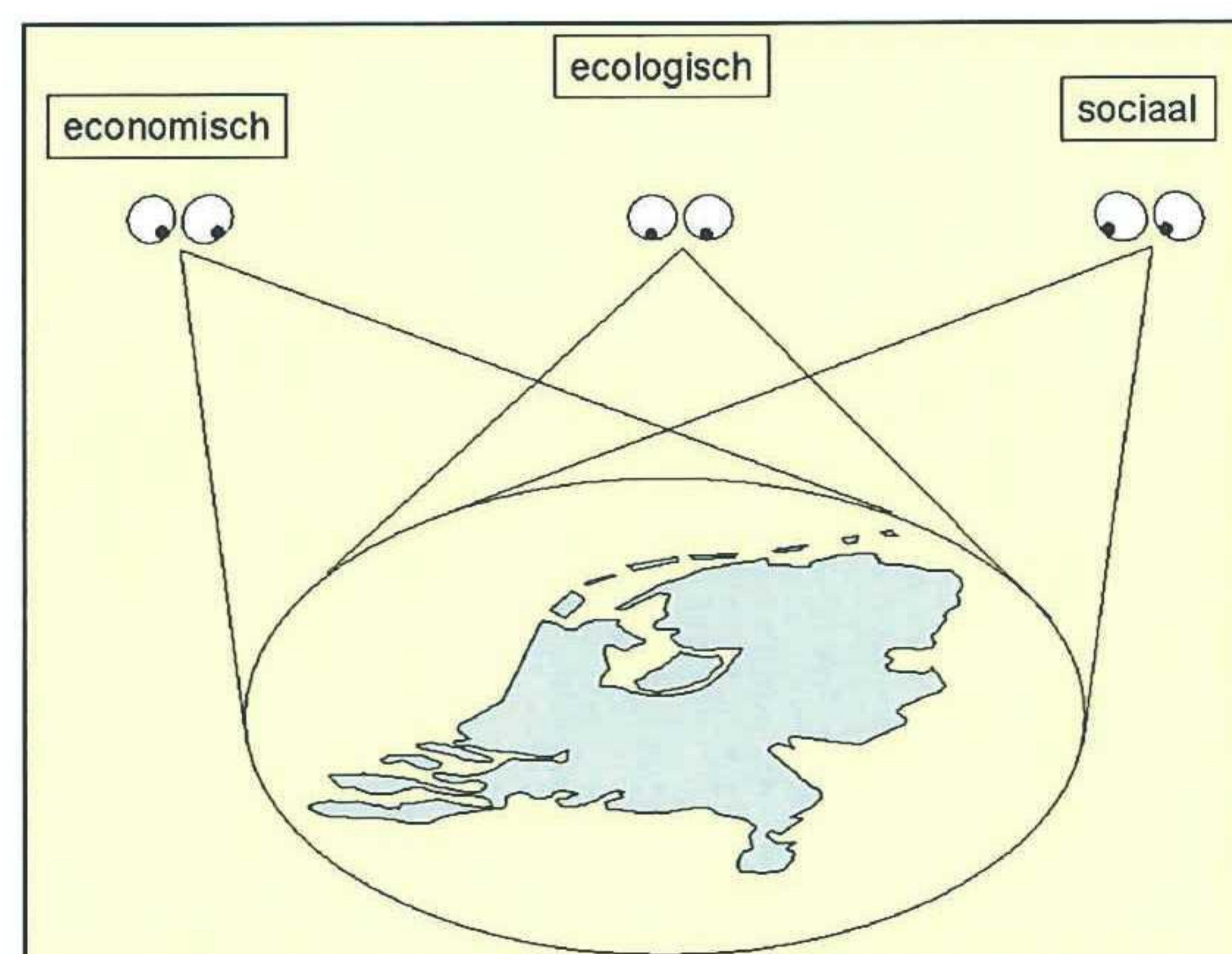
Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt dat ruimtelijke modellen steeds vaker gebruikt worden bij onderzoeken naar (complexe) ruimtelijk interacties. Modellen bieden de beleidsmaker ook een snelle manier om beoogd beleid te toetsen en de resultaten ervan te evalueren.

In 1998 is het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) begonnen met het ontwikkelen van de LeefOmgevingsVerkenner (LOV), een ruimtelijk en dynamisch model dat onder invloed van dynamische processen, natuurlijke geschiktheid en beleid een kaartbeeld van Nederland kan schetsen voor de komende 30-50 jaar. Dit hoofdstuk behandelt de LeefOmgevingsVerkenner. De achtergronden, gebruikte technieken, de door het model gebruikte informatie en de aanpassingsmogelijkheden van het model komen achtereenvolgens aan de orde.

Intermezzo: Leefomgevingsbalans (LOB)

In het rapport "Leefomgevingsbalans: voorzet voor vorm en inhoud" (april 1998) is door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) getracht een balans op te maken van de kwaliteit van de fysieke omgeving in Nederland. De kwaliteit wordt beschouwd vanuit 3 verschillende perspectieven, die elk hun eigen waardering van de leefomgeving kennen: Sociaal-psychologisch (waardering van de bewoners op de omgeving), economisch en ecologisch. De laatste twee hebben betrekking op de leefbaarheid op de langere termijn (duurzaamheid).

De Leefomgevingsbalans (LOB) geeft een overzicht van het heden en verleden. De behoefte aan een instrument om meer over de toekomst te weten te komen en om bijvoorbeeld het te voeren beleid af te kunnen stemmen op ongunstige ontwikkelingen is echter groot. In het kader hiervan is het RIVM in 1998 gestart met de ontwikkeling van een 'decision room tool', dat in opdracht van het RIVM door het Research Institute for Knowledge Systems (RIKS) wordt gemaakt; de LeefOmgevingsVerkenner (LOV).



Figuur 4: De drie leefomgevingsperspectieven

4.1 LeefOmgevingsVerkenner: Algemeen

De LeefOmgevingsVerkenner is een ruimtelijk, dynamisch model, waarin activiteiten in, en ruimtegebruik door sociale, economische en natuurfuncties op een integrale wijze worden weergegeven. Het primaire **doel** is het verkennen van de doorwerking van verschillende beleidsopties op de kwaliteit van de fysieke leefomgeving. De LOV combineert de effecten van autonome en beleidsontwikkelingen in de maatschappij tot een geïntegreerd beeld conform het hierboven omschreven leefomgevingsconcept en evalueert ze op basis van sociale, economische en ecologisch criteria.

Vastgesteld en potentieel toekomstig beleid vanuit verschillende departementen (VROM, VenW, VWS en overige) wordt daarbij vertaald tot een ruimtelijk dynamisch beeld van de toekomst van Nederland t.a.v. bedrijvigheid, werkgelegenheid, bereikbaarheid, natuur, versnippering, etc.

Het model is opgezet als een raamwerk, waarin tal van aanvullende en specifieke modules ondergebracht kunnen worden. Voor de verdere invulling en ontwikkeling van het raamwerk is het noodzakelijk om tot een samenwerking te komen met de andere (specialistische) instituten in dit veld. Instituten die op dit moment meewerken aan de LOV zijn o.a. het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en uiteraard het RIVM, de ontwikkelaar van het model.

Mogelijke toepassingen

De LeefOmgevingsVerkenner is zoals gezegd een ruimtelijk, dynamisch model waarin sociale, economische en natuurlijke processen integraal worden weergegeven. Het geeft de ruimtelijke dynamiek weer van verschillende ruimtegebruikers die actief zijn op verschillende geografische niveaus. Het gedrag van de gebruikers wordt beïnvloed door de directe omgeving (nabijgelegen ruimtegebruik en fysieke omstandigheden) en overheidsingrepen. Hierdoor leent de Leefomgevingsverkenner zich voor de volgende toepassingen:

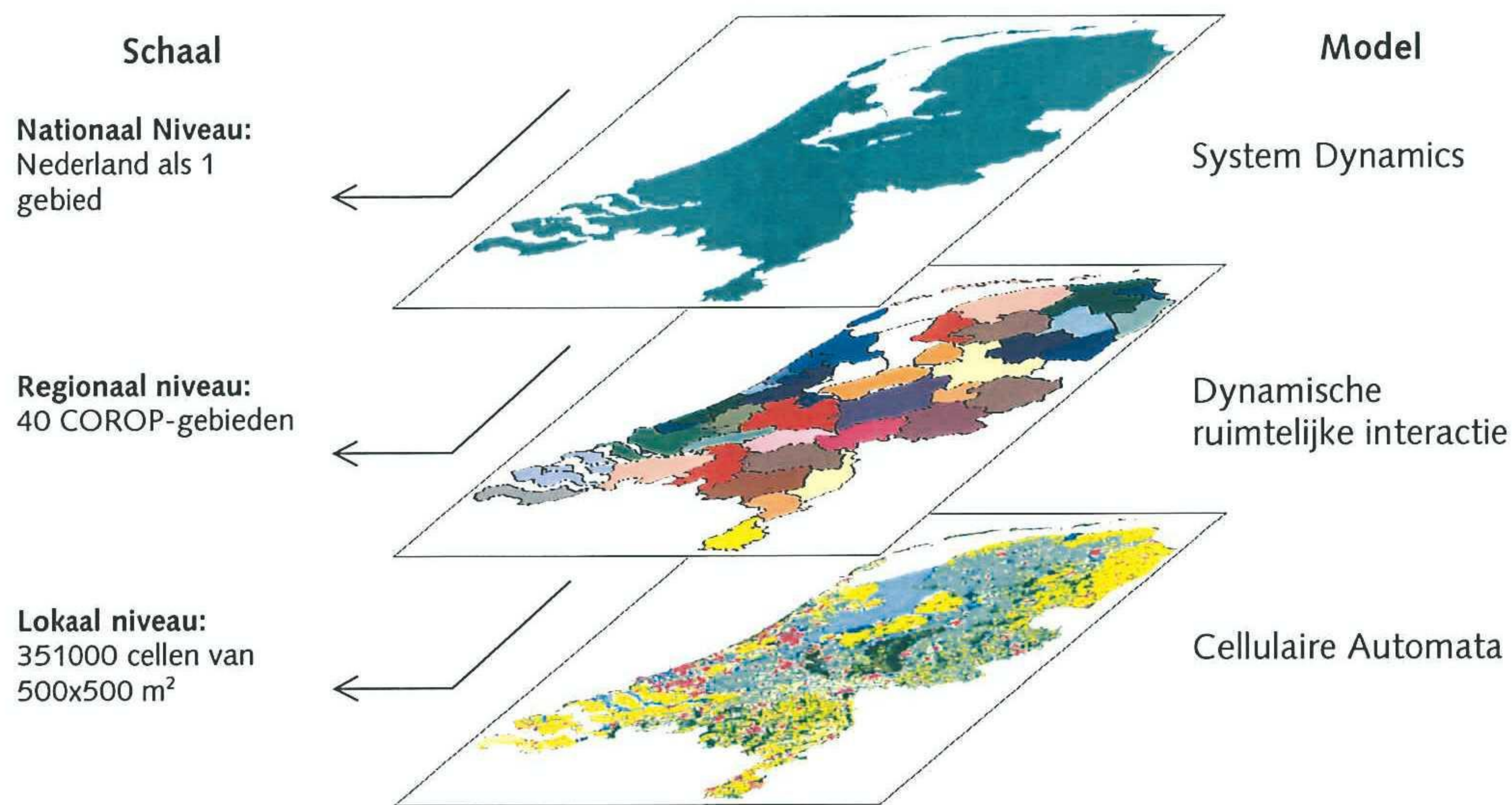
- Het beter begrijpen en beheren van de dynamiek die ontstaat uit het samenspel van verschillende typen van activiteiten in de Nederlandse ruimte.
- Het verkennen van potentiële duurzame ontwikkelingstrajecten. De Leefomgevingsverkenner biedt de mogelijkheid om verschillende combinaties van (infrastructurele) projecten in samenhang te verkennen ter ondersteuning van de discussies m.b.t. de ontwikkeling van de ruimtelijk-economische-ecologische structuur.
- Ondersteuning van interdepartementale afstemming van beleid t.a.v. de fysieke leefomgeving. Binnen de departementen wordt namelijk beleid ontwikkeld dat men niet los van elkaar kan beoordelen. Zo leiden bijvoorbeeld nieuwe woningbouwlocaties tot nieuwe wegen en kunnen beide potentiële verbindingzones van de EHS doorsnijden.
- Optimalisatie van ruimtelijke configuraties. De verkenner biedt de mogelijkheid om gegeven een aantal ontwerpcriteria zoals bijvoorbeeld het behoud van open ruimte en maximalisering van de bereikbaarheid, opties voor een ruimtelijke ontwikkeling van Nederland naar de toekomst te verkennen.

3 Schaalniveaus

De Leefomgevingsverkenner werkt op 3 schaalniveaus (figuur 5):

- Nationaal (Systems Dynamics; Nederland als geheel)
- Regionaal (Dynamische Ruimtelijke Interactie; 40 COROP¹-gebieden)
- Lokaal (Cellulaire Automata; Raster 500m)

Het nationale en regionale niveau vormen samen het LOV-macromodel en op het regionale niveau speelt het LOV-micromodel. Deze opdeling wordt ook gebruikt in de rest van het hoofdstuk om de werking van de LOV uit te leggen.



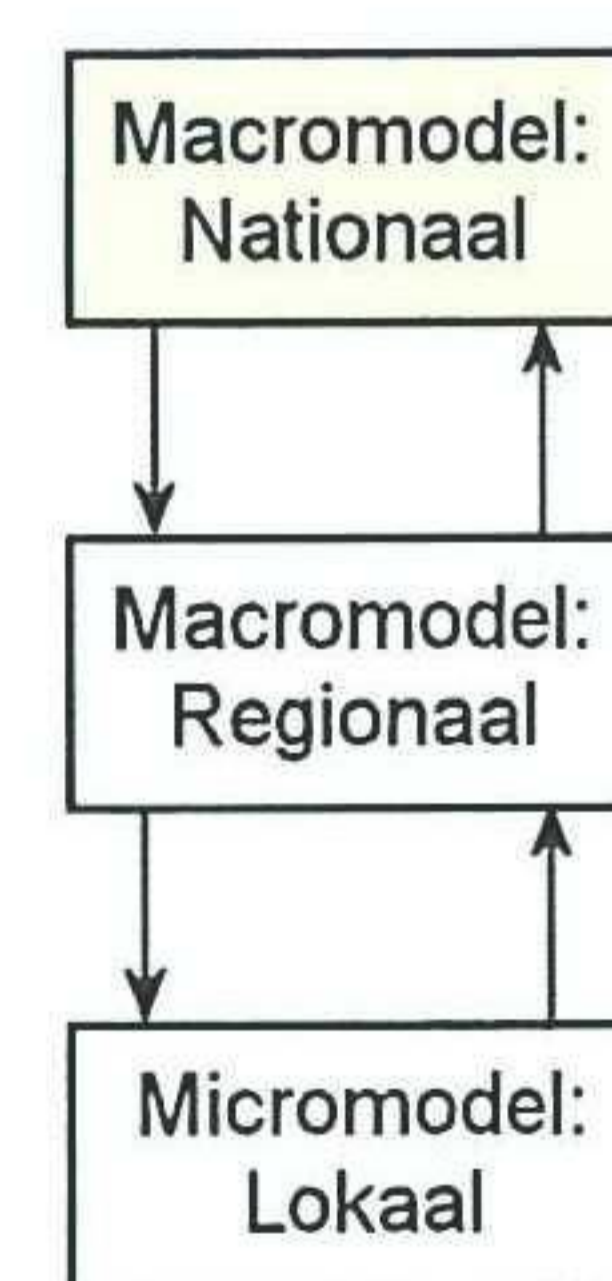
Figuur 5: De drie schaalniveaus van de LOV en de toegepaste modeltechniek

4.2 Het LOV Macromodel

Het macromodel van de LOV werkt op twee verschillende niveaus: Nationaal en Regionaal. Zij werken beiden met verschillende modeltechnieken en zijn geïntegreerd tot één model. Paragrafen 4.2.1 en 4.2.2 gaan in op zowel de technische als op de procesmatige kanten van de niveaus.

4.2.1 Nationaal

De ontwikkelingen op het nationale en regionale niveau worden bepaald door het Macro-model van de LOV. Op het nationale niveau gebeurt dit door middel van een System Dynamics-model. Dit model verwerkt de invoer van nationale groeicijfers betreffende de economische en demografische ontwikkeling tot onder andere de totale vraag naar ruimte voor de verschillende functies als wonen, werken en recreëren. De groeicijfers zijn gebaseerd op de 3 CPB en CBS scenario's Divided Europe (DE), European Coordination (EC) en Global Competition (GC) (CPB, 1996; CBS/CPB, 1997). De economische ontwikkeling in de landbouwsectoren is aangevuld met informatie van het Landbouw Economisch Instituut (LEI). Het model kent een systeemdiagram zoals afgebeeld is in figuur 6.

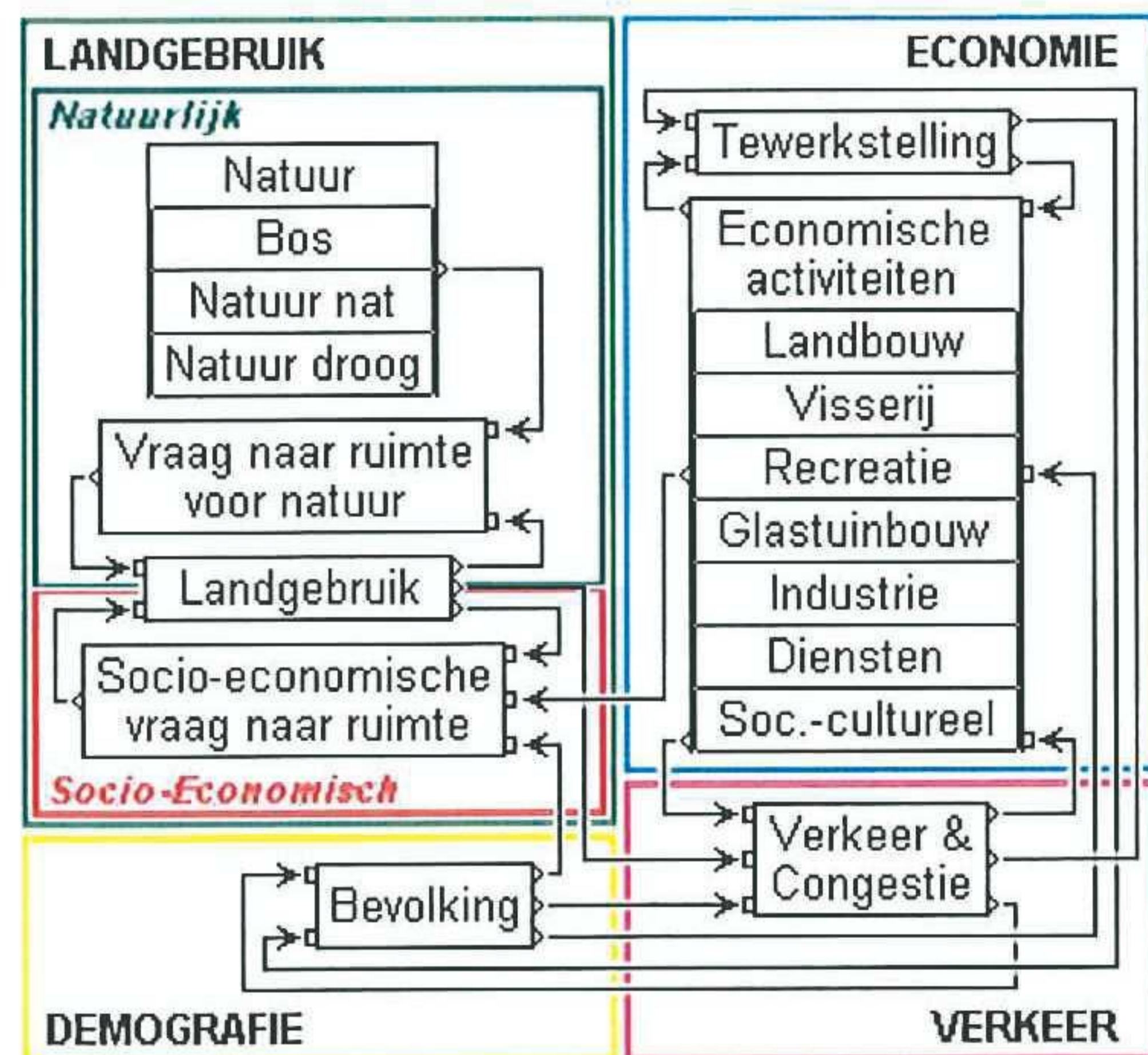


De 19 economische sectoren die het Centraal Planbureau (CPB) in zijn scenario's onderscheidt, worden in het model gegroepeerd in 6 hoofdgroepen (landbouw, glastuinbouw, industrie, handel, diensten en

¹ COROP-gebieden:

De COROP-indeling is omstreeks 1970 ontworpen door de Coördinatie Commissie Regionaal Onderzoeksprogramma, waaraan de indeling haar naam dankt. Bij de opzet van de indeling stond het nodale indelingsprincipe voorop. Dat wil zeggen dat elke regio een centrale kern bezit. Daarnaast moet ook aan een aantal andere eisen worden voldaan. Zo dienen de provinciegrenzen te worden gerespecteerd. De COROP-indeling is een regionaal niveau tussen gemeenten en provincies in. Elk COROP-gebied is een samenvoeging van gemeenten. Nederland is ingedeeld in 40 COROP-gebieden. De COROP-indeling is sinds 1970 onveranderd gebleven.

recreatie). De nationale groeicijfers, afkomstig van het Centraal Bureau Statistiek (CBS), worden in het model als een randvoorwaarde opgelegd aan het regionale COROP-niveau.



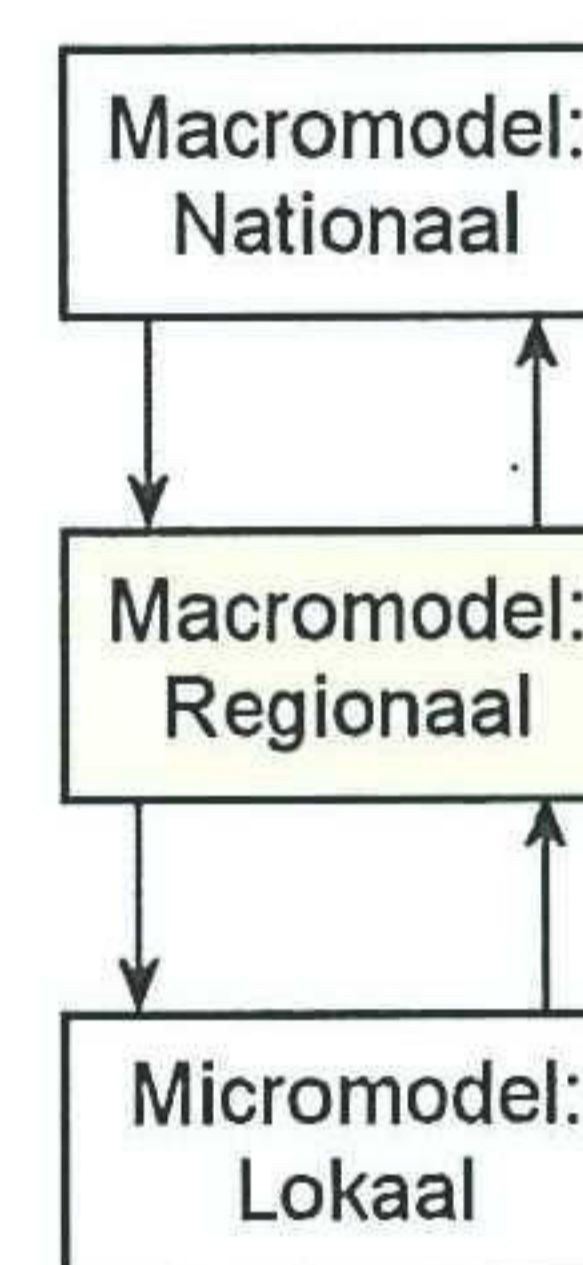
Figuur 6: Systeendiagram Macromodel

4.2.2 Regionaal

Op het regionale niveau maakt de LOV gebruik van een op ruimtelijke interactie gebaseerde methode om de lokalisatie van de verschillende sectoren/actoren op COROP-niveau te modelleren. Op deze wijze verzorgt het de plaatsing van nieuwe activiteiten als resultaat van de groei op het nationale niveau alsook de verplaatsing van de activiteiten en mensen. Het dynamisch interactie model draagt de naam GEONAMICA[®]. De details van het macro-model worden in bijlagen 4.1 tot en met 4.4 beschreven. Hier wordt enkel kort de werking toegelicht.

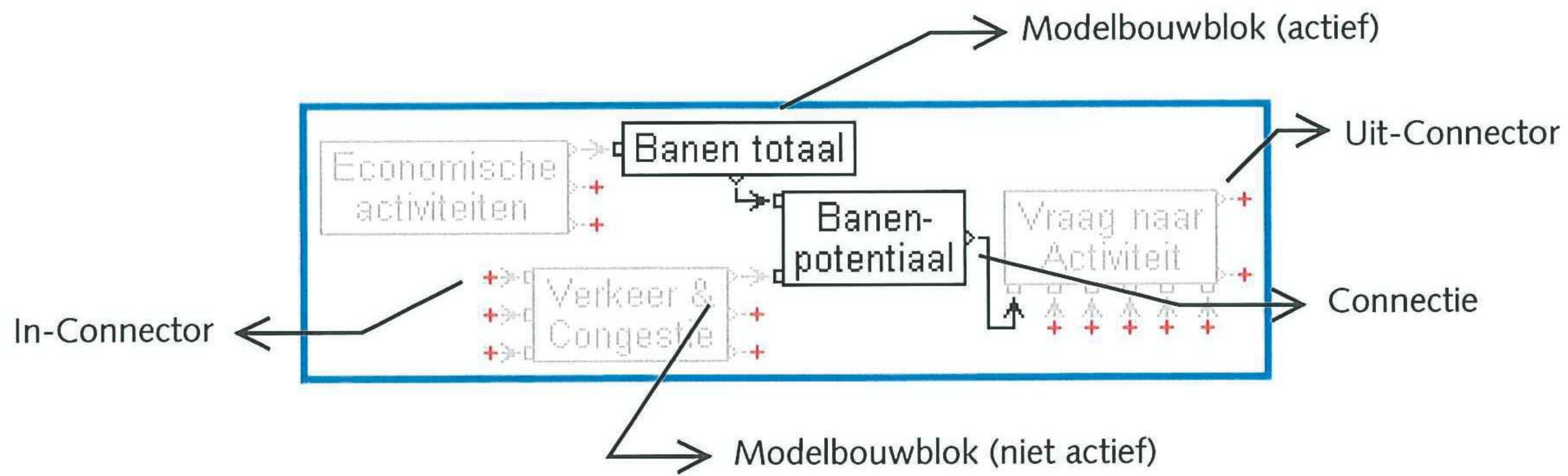
GEONAMICA[®]

Het macro-model van de LOV is ontwikkeld met behulp van de simulatieomgeving GEONAMICA[®]. Het ondersteunt de ontwikkeling en het draaien van integrale dynamische modellen met een uitgesproken geografisch karakter. Typisch bestaan deze modellen uit economische, demografische en natuurlijke processen verbonden in een netwerk van wederzijdse en wederkerige invloed. Daarbij worden de processen weergegeven op hun eigen ruimtelijke en temporele schaal. Voor het opzetten van modellen maakt GEONAMICA gebruik van een object-georiënteerde simulatietaal. De simulatie-objecten zijn de zogenaamde ModelBouwBlokken (MBB). MBB zijn min of meer complete modellen. Ze variëren van eenvoudige wiskundige operatoren, bedoeld voor het uitvoeren van een vermenigvuldiging of een optelling, tot vrij complexe en complete modellen bestaande uit gekoppelde wiskundige vergelijkingen die een aantal ingewikkelde berekeningen uitvoeren.



Naast de ModelBouwBlokken maakt GEONAMICA's simulatietaal gebruik van een aantal andere primitieven (zie figuur 7):

- *Bibliotheken* waar de MBB zijn opgeslagen en kunnen worden opgehaald;
- *In-Connectoren* waardoor MBB's hun informatie binnenhalen;
- *UitConnectoren* waardoor MBB hun informatie uitzenden voor gebruik in andere MBB;
- *Connecties* waardoor de MBB verbonden zijn;
- *Dialogen* waardoor de MBB's communiceren met de gebruiker; en een
- *Documentatiepagina* waarop zich de technische specificaties van het MBB bevinden



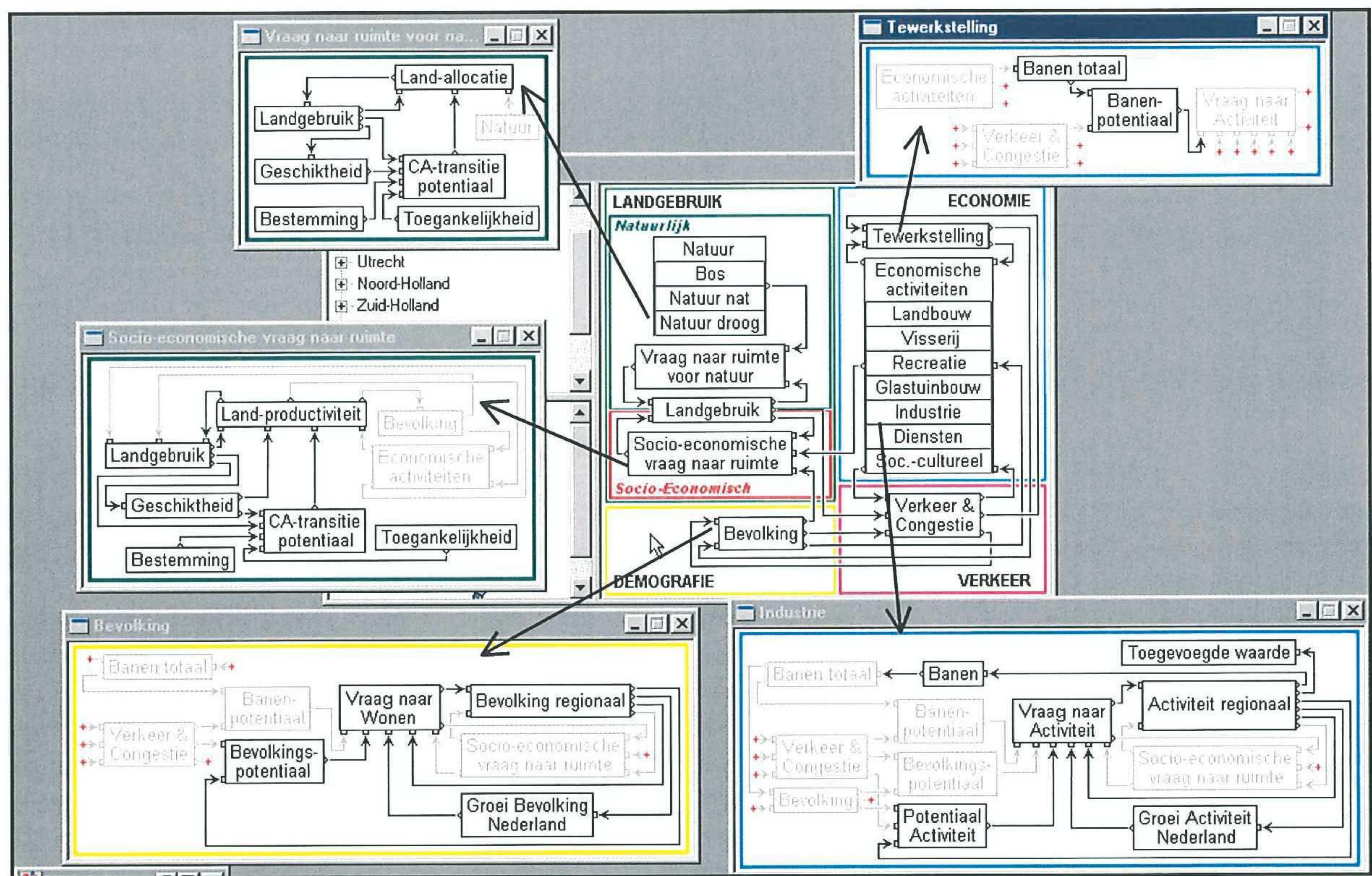
Figuur 7: Onderdelen van een ModelBouwBlok in GEONAMICA

Processen Regionaal niveau.

Het (ver)plaatsen van bestaande activiteiten gebeurt op verschillende manieren. Enerzijds bepalen de eigenschappen van de COROP (gemiddelde geschiktheid, bestemming, omgeving, etc) de totale geschiktheid van een COROP. Anderzijds wordt de ligging van de COROP ten opzichte van de andere COROP's meegenomen. Voor sommige activiteiten, zoals wonen, wordt hiervoor een standaard relatief potentiaalberekening uitgevoerd, deze bepaalt aan de hand van de afstand en het 'gewicht' (= hoeveelheid van een bepaalde activiteit) het verplaatsingspatroon. Voor andere, zoals diensten, wordt een relatief winstcriterium gebruikt. Verplaatsing van dit soort activiteiten is namelijk meer afhankelijk van economische overwegingen. Het winstcriterium werkt als volgt: het betreft in de berekening de vraag naar activiteit, de plaats waar de klanten van de dienst zich bevinden en de hoeveelheid activiteit in elke sector en elke COROP. De vraag naar een activiteit is afhankelijk van de hoeveelheid inkomsten die gegenereerd kunnen worden door de bevolking en activiteiten in het COROP-gebied en de naburige COROP-gebieden. De inkomsten worden vervolgens afgewogen tegen de kosten die gepaard gaan met het exploiteren van de activiteit in het COROP-gebied. Het COROP-gebied krijgt uiteindelijk een deel van de groei toegewezen dat in verhouding staat tot de relatieve winst die gerealiseerd kan worden.

Momenteel worden er op het regionale niveau 4 submodules onderscheiden:

1. Een regionaal **economische** module die voor de vijf economische sectoren de productie en werkgelegenheid beschrijft;
2. een regionaal **demografische** module die de vraag naar wonen aanstuurt;
3. een **allocatiemodule** die de regionale ruimteclaims vertaalt naar het lokale niveau. Daarvoor worden twee principes gehanteerd: ofwel wordt de vraag naar ruimte beleidsmatig en hard opgelegd en wordt land prioritair toegekend, dit geldt met name voor de 3 typen natuur (bos, natte en droge natuur) Ofwel geldt een principe van vraag en aanbod om de verdichting van het ruimtegebruik te regelen en de ruimte toe te wijzen. Dit geldt met name voor het wonen en de verschillende economische sectoren;
4. een **verkeersmodule** die de uitwisseling van goederen en personen regelt tussen COROP-gebieden. Deze stromen komen op gang als gevolg van verschillen in de relatieve, integrale aantrekkelijkheid van elke regio voor de specifieke activiteit. Deze module is in ontwikkeling en heeft het doel het berekenen op het lokale vlak de "afstroming" van verkeer naar het hoofdwegennet en een kaartbeeld te genereren met de mate van congestie op en rond het hoofdwegennet.

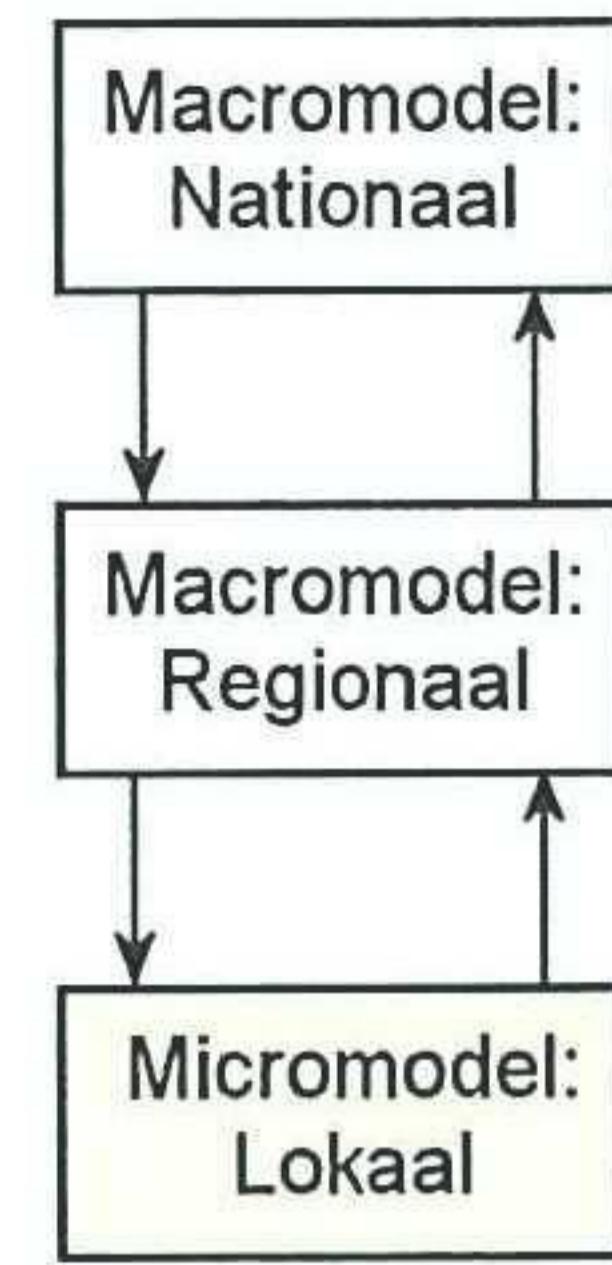


Figuur 8: Modulaire opzet van het regionaal, system dynamisch model met de 4 submodules:

Deze modules zijn als subsysteem in het macromodel ingevoegd en verzorgen de interactie tussen het nationale en het regionale niveau (zie figuur 8). Zij zijn in bijlage 4.4 verder toegelicht.

4.3 Het LOV micromodel

Op het lokale, cellulaire niveau verzorgt het LOV micromodel de ruimtelijke dynamiek. Op dit laagste schaalniveau is Nederland weergegeven als een grid van 500 bij 500 meter en verzorgt een Constrained Cellular Automata model (CA-model) de dynamische allocatie van de regionale ruimteclaims. Op dit niveau worden de volgende functies onderscheiden.



De Landgebruiksfuncties

De toestandsvariabelen van het CA-model zijn het landgebruik van elke cel van het grid. Theoretisch is het mogelijk om 32 verschillende toestanden te simuleren waarbij er een onderscheid wordt gemaakt in zogenaamde "Functions" en Features".

De Functions onderscheiden zich door een eigen dynamiek, dit in tegenstelling tot de Features, die geen eigen dynamisch gedrag hebben maar slechts bijdragen aan een nadere definitie van ruimtelijke omgeving en zodoende de dynamiek van de Functions beïnvloeden. In het CA-model wordt voorlopig gewerkt met 12 dynamische landgebruiksvormen (veeteelt, grasland, akkerbouw, wonen dicht bevolkt, wonen dun bevolkt, industrie, handel, diensten, bos, natte natuur en droge natuur) en 4 niet-dynamische (zee en buitenland, zoet water, luchthavens, recreatief landgebruik). In onderstaande tabel staat een overzicht van de 16 mogelijke landgebruiken, met daarin **vet** aangegeven de functies die in het macro-model berekend worden en *cursief* de features, die geen eigen dynamiek hebben.

Landbouw functies	Woon functies	Economische functies	Natuur functies	Overige features
Overig agrarisch	Dun bevolkt	Industrie- en haventerreinen	Bos	Zoet water
Grasland	Dicht bevolkt	Handel	Droge natuur	Recreatie
Akkerbouw		Diensten	Natte natuur	Luchthavens
Glastuinbouw				Buitenland en zout water

Tabel 2: Functies en Features van de LOV

Voor de LOV-landgebruiksfuncties kan een onderverdeling naar bebouwd gebied, landbouw en natuur gemaakt worden. Deze is als volgt:

- Bebouwd gebied:
 - Dynamische functies: **Glastuinbouw, Bedrijfsterrein, Diensten, Sociaal cultureel, Wonen Dun en Wonen Dicht.**
 - Niet-dynamische functie: *Luchthavens* (locatie wordt exogeen bepaald)
- Landbouw: **Overig agrarisch, Grasland en Akkerbouw** (dynamisch)
- Natuur: **Bos, Natte natuur en Droge natuur** (dynamisch)

N.B.: overige landgebruiken (de *features* Zoet water, Zout water, Recreatie en Buitenland. Zijn allen niet-dynamisch en veranderen niet van functie onder invloed van de hieronder beschreven transitiepotentiaal.

4.3.1 De transitiepotentiaal

De kans dat een cel omslaat van functie wordt bepaald door de zogenaamde transitiepotentiaal. De formule waarmee de transitiepotentiaal berekend wordt, luidt als volgt:

$$P = FP \times (ws \times S + wz \times Z) \times A + R$$

met:

P		Transitie potentiaal
FP	(1)	Functionele potentiaal (omgeving)
S	(2)	Geschiktheid
Z	(3)	Beleid, 0 als het niet mag, 1 als het mag, een fractie tussen 0 en 1 als het in de toekomst mag lineair afhankelijk van hoe lang het nog duurt tot het mag.
ws	(4)	Gewicht geschiktheid
wz		Gewicht beleid, $ws + wz = 1$
A	(5)	Toegankelijkheid
R	(6)	Random (-factor)

De onderdelen van deze formule worden in de volgende alinea's toegelicht. De nummers (tussen haakjes) achter de factoren van de formule geven de volgorde weer waarin ze toegelicht worden.

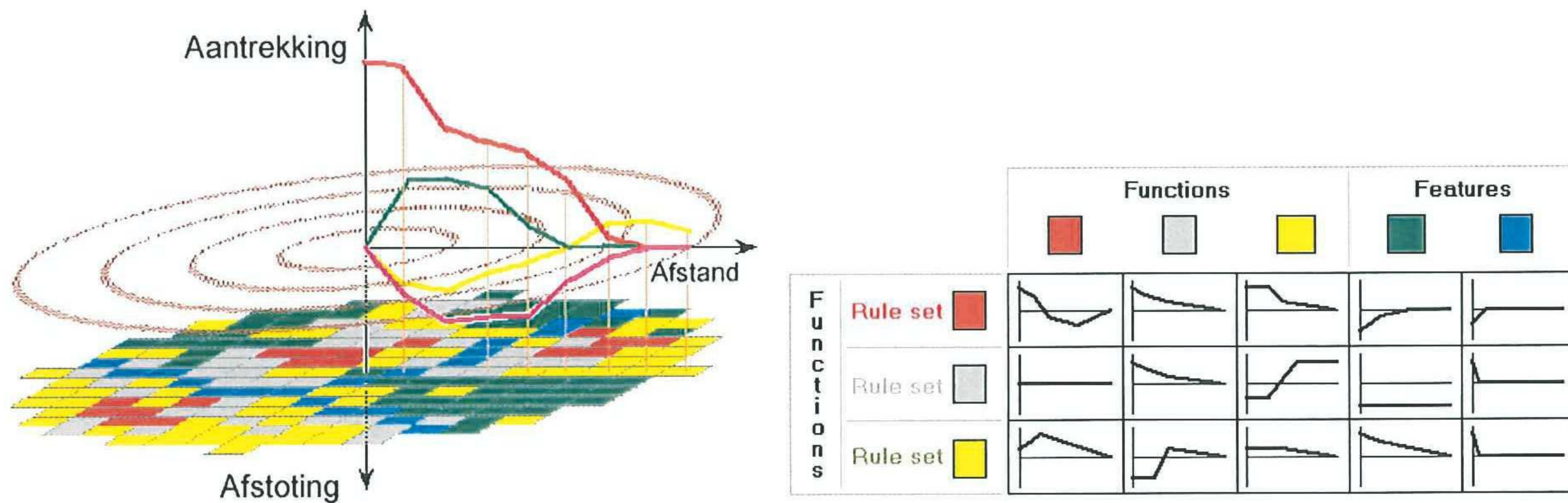
(1) FP: Functionele Potentiaal

De functionele potentiaal (FP) beschrijft de invloed van de omgeving, het landgebruik van de nabijgelegen cellen, op de transitiepotentiaal. Deze functionele potentiaal wordt in het model berekend met de Cellulaire Automata. Voor iedere functie zijn transitierregels gedefinieerd met de andere functies die de wisselwerking tussen de landgebruiksvormen beschrijven. De werking van deze regels en de afstand waarover ze werken worden hieronder besproken.

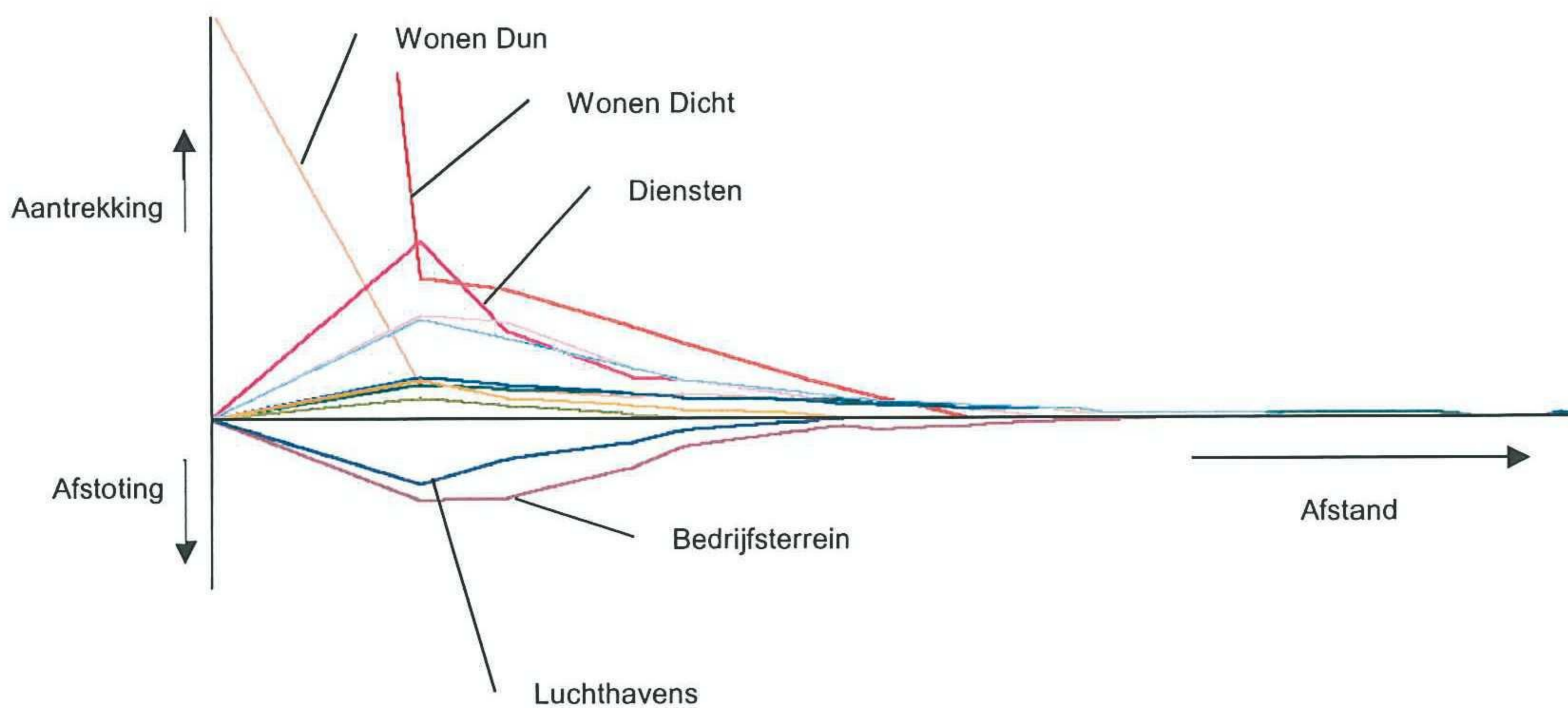
De CA-transitierregels

Cellen in een Cellulair Automata-model hebben een invloed op elkaar en zichzelf. Als gevolg van deze invloed kunnen ze omslaan naar een nieuwe toestand. Dit gebeurt als resultaat van het toepassen van de transitierregels (de rekenregels) op de CA-omgeving. Het resultaat van deze berekening wordt de functionele potentiaal genoemd. In het LOV-model vertegenwoordigen de transitierregels in een algemene zin de vestigingsvoorkeuren en ruimtelijke interactiemechanismen, zoals aantrekkings- en afstotingskrachten, agglomeratievoordelen, competitie voor ruimte en schaalvoordelen. Zij worden in het model weergegeven onder de vorm van afstandsfuncties (zie figuur 9).

In theorie bestaat het model uit een interactieregel voor elk paar landgebruiksfuncties dat gemodelleerd wordt. In de praktijk zijn een groot aantal van deze interactieparen redundant en kan het model volstaan met gemiddeld een twee- tot drietal interactieparen per gemodelleerd landgebruik. Door de invloed van de directe omgeving op deze manier te formuleren wordt getracht het niet-lineaire dynamische gedrag van het systeem, als gevolg van de veranderingen die zich per tijdstap binnen de CA-omgeving voordoen, van de verschillende ruimtelijke actoren te benaderen. Zo kan men bijvoorbeeld in een set regels de invloed van overige landgebruiksfuncties op de functie wonen dicht beschrijven. Figuur 10 geeft een overzicht van deze transitierregels, met daarbij aangeven enkele van de grootste invloeden. Dit is slechts een gedeelte van de in totaal 144 opgenomen relaties, die procesmatig de kern van de ruimtelijke dynamiek in het model vormen.



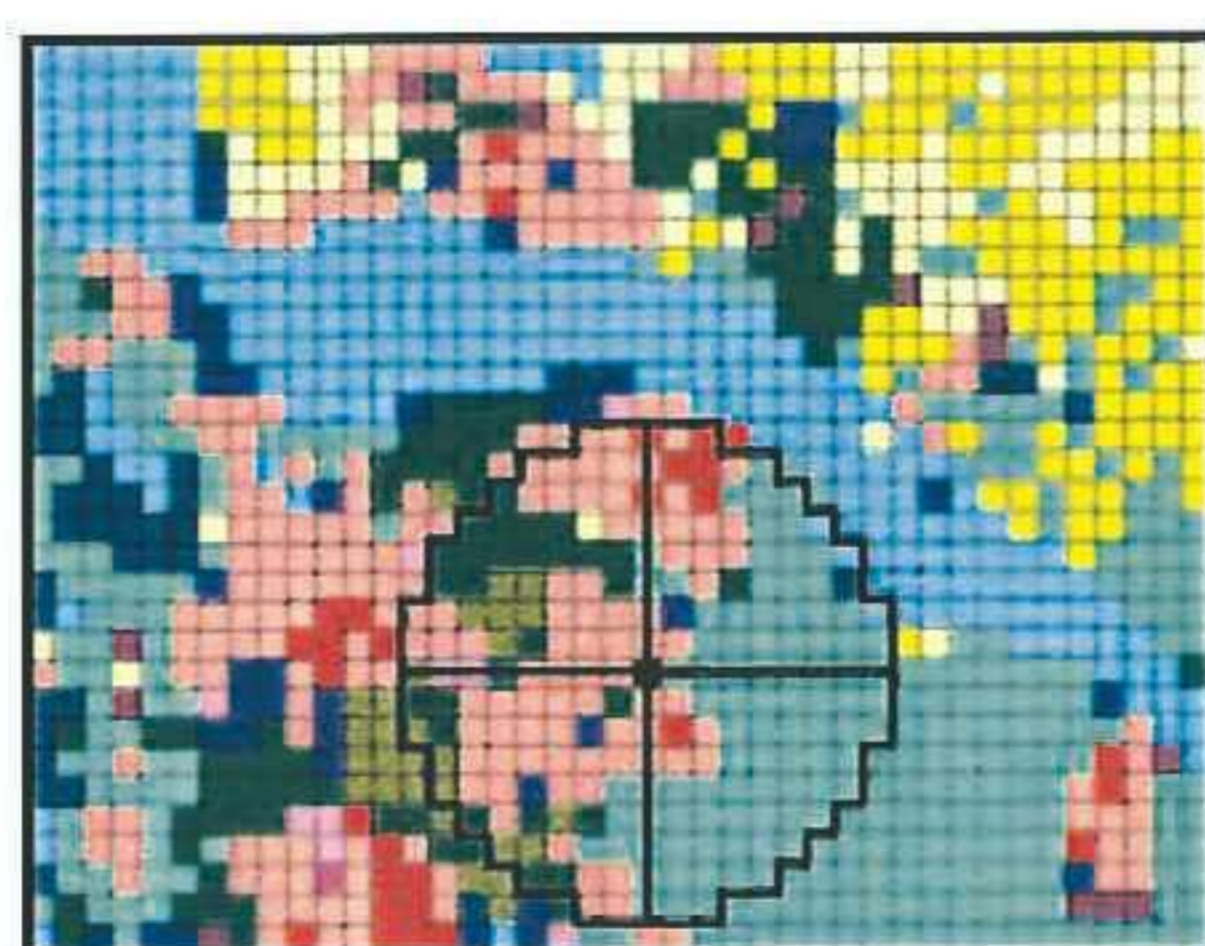
Figuur 9: Set fictieve transitierregels inclusief CA-omgeving



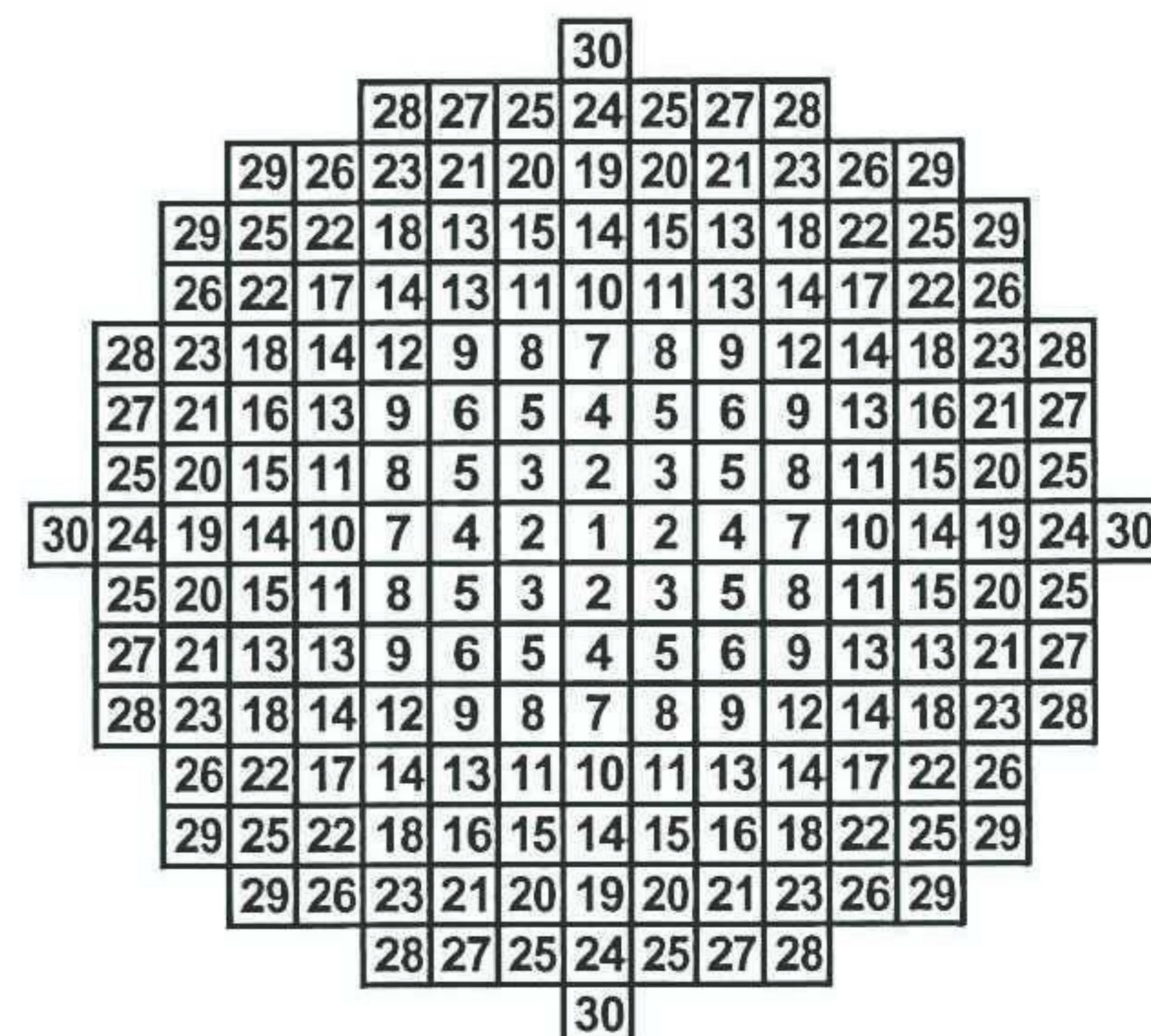
Figuur 10: Transitierregels, belangrijkste invloeden van functies op Wonen Dicht.

De CA-omgeving

Omdat een cel een grotere invloed op zijn omgeving heeft dan slechts op de aanliggende cellen, werkt de LOV met een cirkelvormige CA-omgeving met een straal van 8 cellen (4 km). Deze omgeving omvat in totaal 196 cellen, die gelegen zijn op 1 van de totaal 30 concentrische cirkels (figuur 11 en 12). Elk van deze cirkels bevat een aantal cellen dat varieert tussen 1 (voor de eerste cirkel met slechts de centrale cel) en 12 cellen. In deze CA-omgeving wordt voor de berekening van de transitierregels ruimtelijk isotropie verondersteld. Dit wil zeggen dat het niet uit maakt waar op een cirkel een cel gelegen is. Bovendien is er ruimtelijke stationairiteit in het model omdat men overal in het grid dezelfde CA-omgeving hanteert om transitierregels naar een nieuwe toestand te bepalen (zie ook de figuren hieronder).



Figuur 12: Invloedsgebied cel (straal=4 km, oppervlakte=196 cellen)



Figuur 11: Alle velden in de CA-omgeving liggen op 1 van de 30 concentrische cirkels. Elke cirkel van de omgeving bestaat uit 1 en maximaal 12 cellen.

Evolutie CA-model

Een initiële configuratie op een raster van cellen, een definitie van een CA-omgeving en een set van transitierregels zijn de primaire voorwaarden om een Cellulair Automata te laten evolueren in de tijd, in bepaalde gevallen zelfs voor eeuwig. Het theoretische onderzoek naar CA richt zich in belangrijke mate naar het onderzoek van de patronen die op deze wijze gegenereerd worden.

Naast de transitierregels bestaan er ook localisatiekenmerken die niet dynamisch van aard zijn. Ze worden als een vast gegeven in de vorm van kaarten in het model gebracht. De LOV gebruikt ze als beleids- en geschiktheidskaarten.

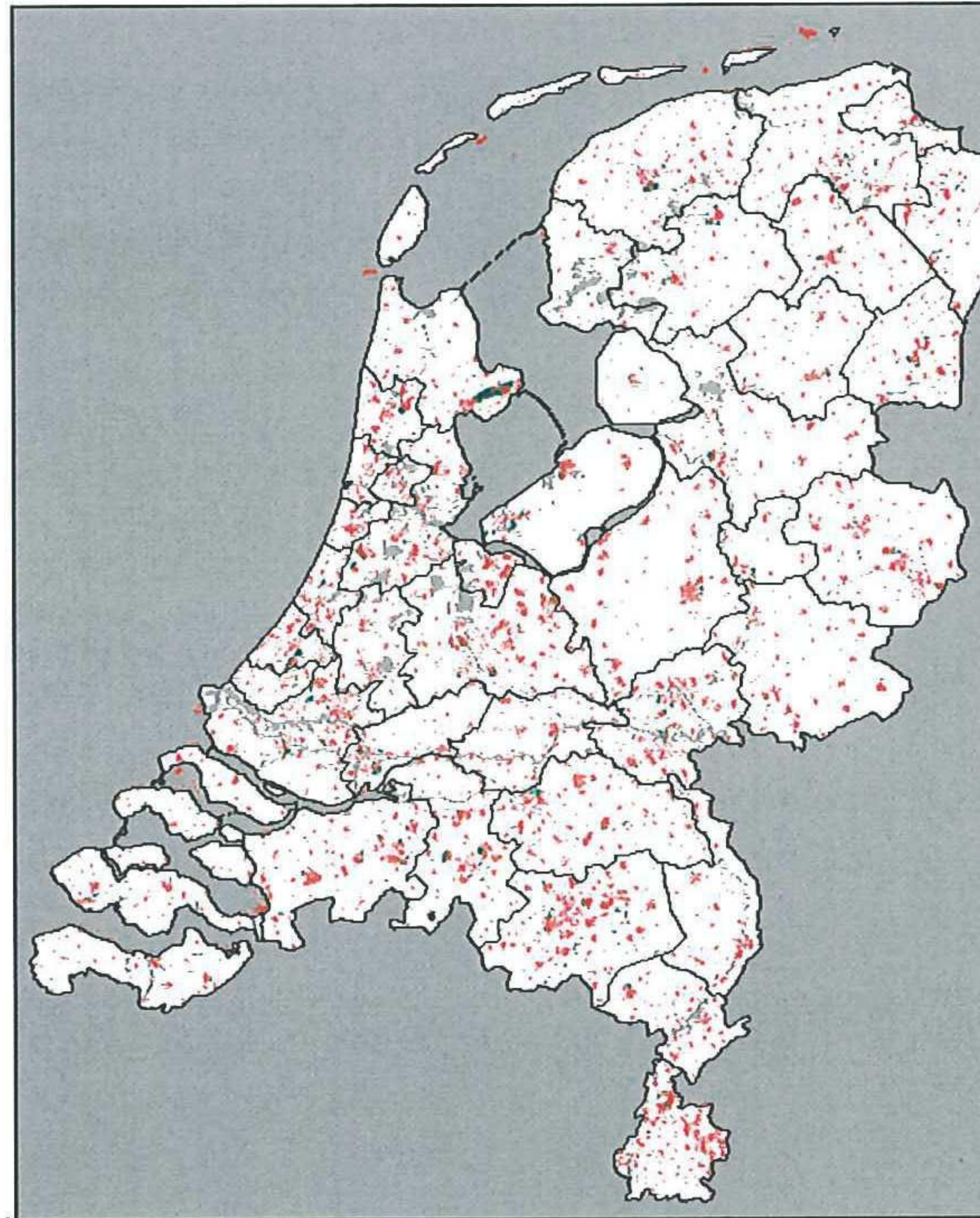
(2) S: Geschiktheid

De geschiktheidskaart, een statische kaart die de fysische geschiktheid van het gebied voor een bepaalde functie weergeeft, geeft aan waar een functie vanuit zijn eigen keuze het best zou kunnen zitten. In figuur 13 is de geschiktheidskaart voor de functie Wonen Dun. Meer over de achtergronden van deze kaart is te vinden in paragraaf 4.5, waar de gebruikte geschiktheidskaarten worden behandeld.



Figuur 13: Geschiktheidskaart "Wonen dun", met een hogere geschiktheid op huidige woonlocaties, in de nabijheid van op- en afritten en NS-stations en negatieve geschiktheid rondom Schiphol en gebieden met hoge cumulatieve geluidsbelasting. Hoe "roder" de kleur, des te groter de geschiktheid.

(3) Z: Beleid. De bestemmingskaart geeft de bestemming van het gebied weer voor 3 instelbare planningsperiodes, bijvoorbeeld van 1989 tot 2005, van 2005 tot 2010 en na 2010. Onderdeel van de bestemmingskaarten zijn de ruimtelijke uitwerkingen van voorgenomen (ruimtelijk) beleid vanuit de verschillende departementen (restrictief beleid alsook plannen voor uitbreidingslocaties). Figuur 14 geeft de beleidskaart weer voor de functie Wonen Dun. Het achterliggend beleid van deze kaart is te vinden in § 4.5, waar onder andere de gebruikte beleidskaarten worden behandeld



Figuur 14: Beleidskaart "Wonen dun", met daarop de vestigingsgebieden voor de beleidsperiodes: Nu-2009 (rood) en vanaf 2009 (groen)

(4) A: Toegankelijkheid

De toegankelijkheid wordt bepaald aan de hand van de toegankelijkheidskaart, een statische kaart die de toegankelijkheid over het gebied tot het wegennet (zie ook paragraaf 4.5) weergeeft. De factor A is voor elk grondgebruik apart ingesteld en verschillend. De toegankelijkheid voor de agrarische functies is immers van minder belang dan voor bedrijfsterreinen en diensten. Daarentegen is de geschiktheid voor de meeste "natuur"-landgebruiken, vanwege de versnippering, in slecht bereikbare gebieden hoger. De toegankelijkheid wordt berekend als functie van de afstand van de cel tot het dichtstbijzijnde punt op het wegennet. Evenals bij de overige geschiktheden, varieert de waarde tussen 0 en 1. Voor functies met een positieve invloed vanuit een goede bereikbaarheid geldt:

$$A_j = a_j / (D+a_j)$$

en voor een slechte bereikbaarheid:

$$A_j = D / (D+a_j) \text{ Met:}$$

A_j = de toegankelijkheid voor de cel van landgebruik j

D = de Euclidische afstand van de cel tot aan de dichtstbijzijnde cel over het netwerk.

a_j = coëfficiënt die het belang van de bereikbaarheid voor gebruik j tot aan de cel weergeeft.

(5) wz/ws: Wegingsfactoren

De wegingsfactoren van het beleid en de geschiktheid zijn samen gelijk aan één. Standaard wordt het beleid zwaar meegewogen. De verdeling van de weightfactor suitability (ws; geschiktheidsfactor) en de weightfactor zoning (wz; beleidsfactor) kent een verhouding van 1:4 (ws = 0.2 en wz = 0.8). Deze verhouding kan eventueel gewijzigd worden.

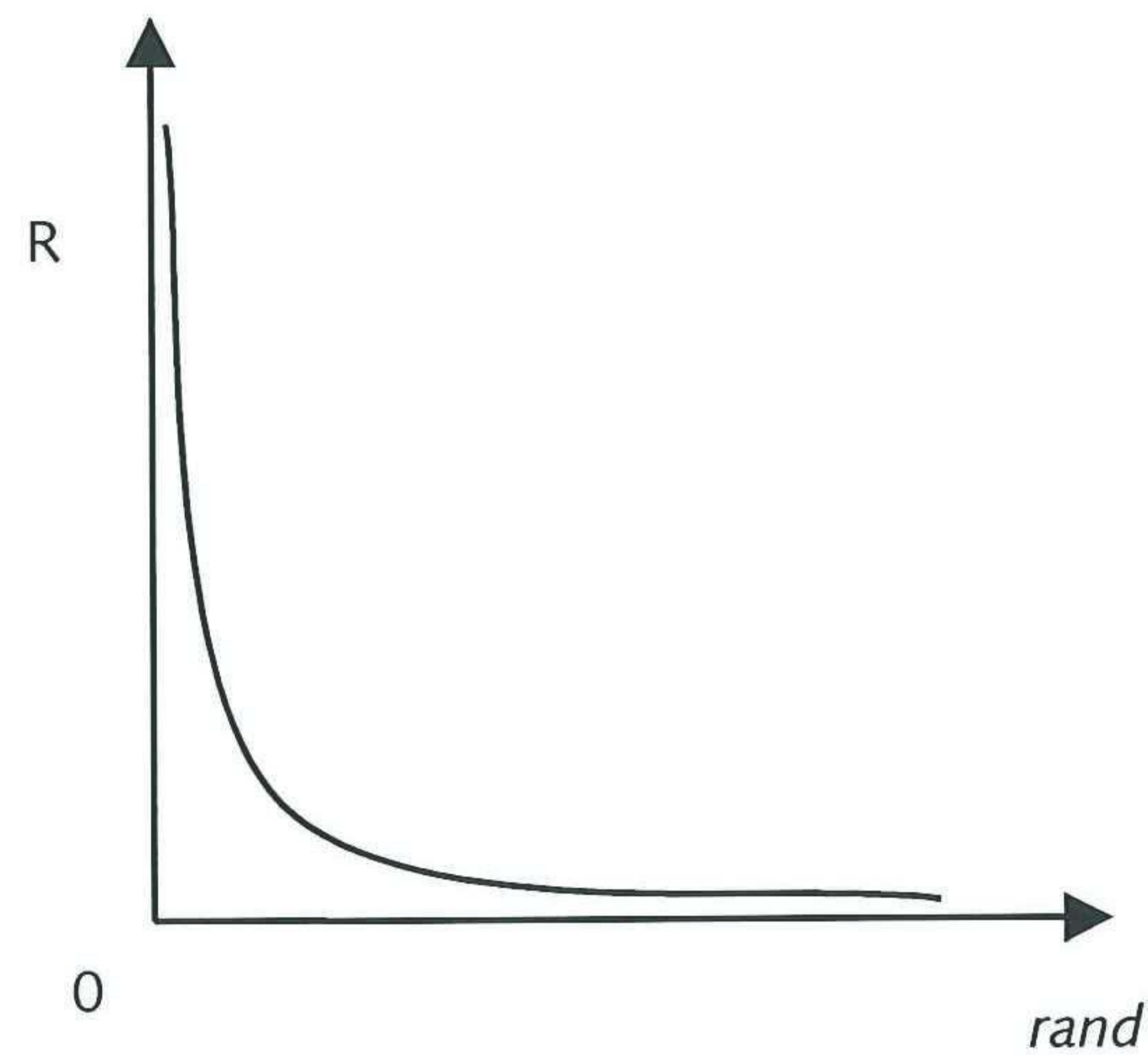
(6) F: Random-factor

De laatste term in de formule geeft een stochastische term in de berekening van de transitiepotentialen een random-effect in de lokalisatie van activiteiten (de term "R" in de transitiepotentiaalformule). R kent de volgende formule:

$$R = 1 + (-\ln[rand])^a$$

met: $0 < rand < 1$ als uniforme random functie
a = Stochastische ruisfactor [-]

De randomfunctie van de LOV kent een onderstaand verloop (figuur 15). Hieruit blijkt dat de meeste waarden van de randomfactor rondom het nulpunt liggen en in een groot aantal van de gevallen de factor geen tot nauwelijks invloed heeft op de uitkomst van de Transitiepotentiaalformule.



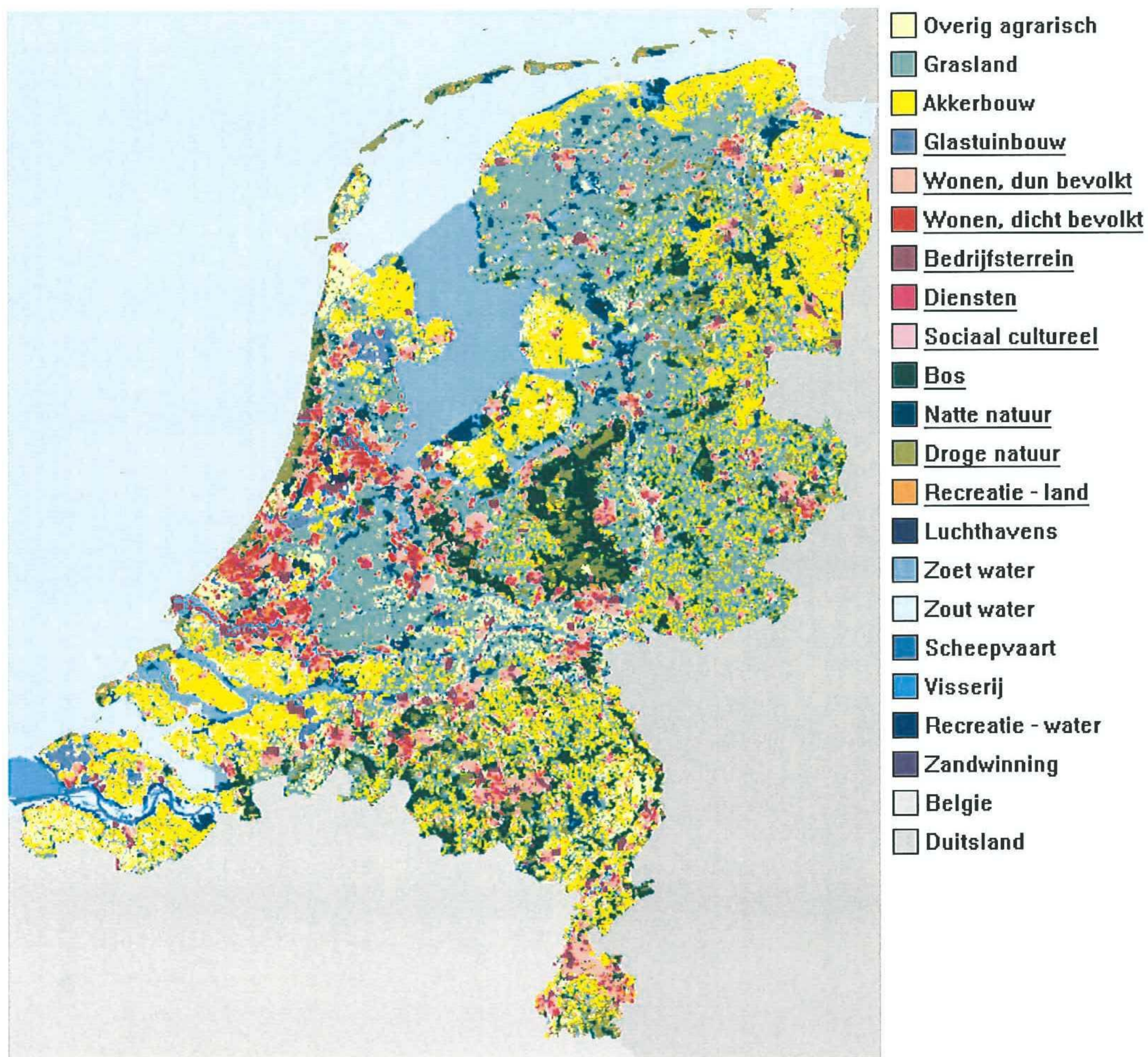
Figuur 15: Randomfunctie LOV

4.3.2 De (wissel-)werking van het Micro-model.

Na berekening van de transitiepotentiaal volgt de toekenning van landgebruik. Deze vindt plaats van hoge naar lage potentiaal. Als de beleidsmatig beschikbare ruimte, gedefinieerd in de beleidskaarten, op is of door andere factoren een lagere potentiaal krijgt, dan vindt er toekenning buiten de vrijgegeven gebieden, in de restrictieve gebieden, plaats.

Het micro-model berekent dus voor elke tijdstap, voor elke cel, en voor elke ruimtelijke functie de transitiepotentialen. Deze worden weergegeven op een kaart. Zij zijn een weergave van de druk die op de ruimte bestaat en zijn verder aanleiding tot de veranderingen in het gebruik van jaar tot jaar. Door iedere actieve cel om te zetten naar die functie waarvoor hij de hoogste transitiepotentiaal heeft totdat aan de regionale vraag voldaan is, kan men de nieuwe landgebruikskaart berekenen.

Gedurende en aan het einde van de simulatie produceert de LeefOmgevingsVerkenner een kaart waarop het landgebruik van Nederland in het simulatiejaar afgebeeld wordt. Een voorbeeld hiervan is figuur 16, die het landgebruik van Nederland in 2030 weergeeft (LOV, versie 2.1b).



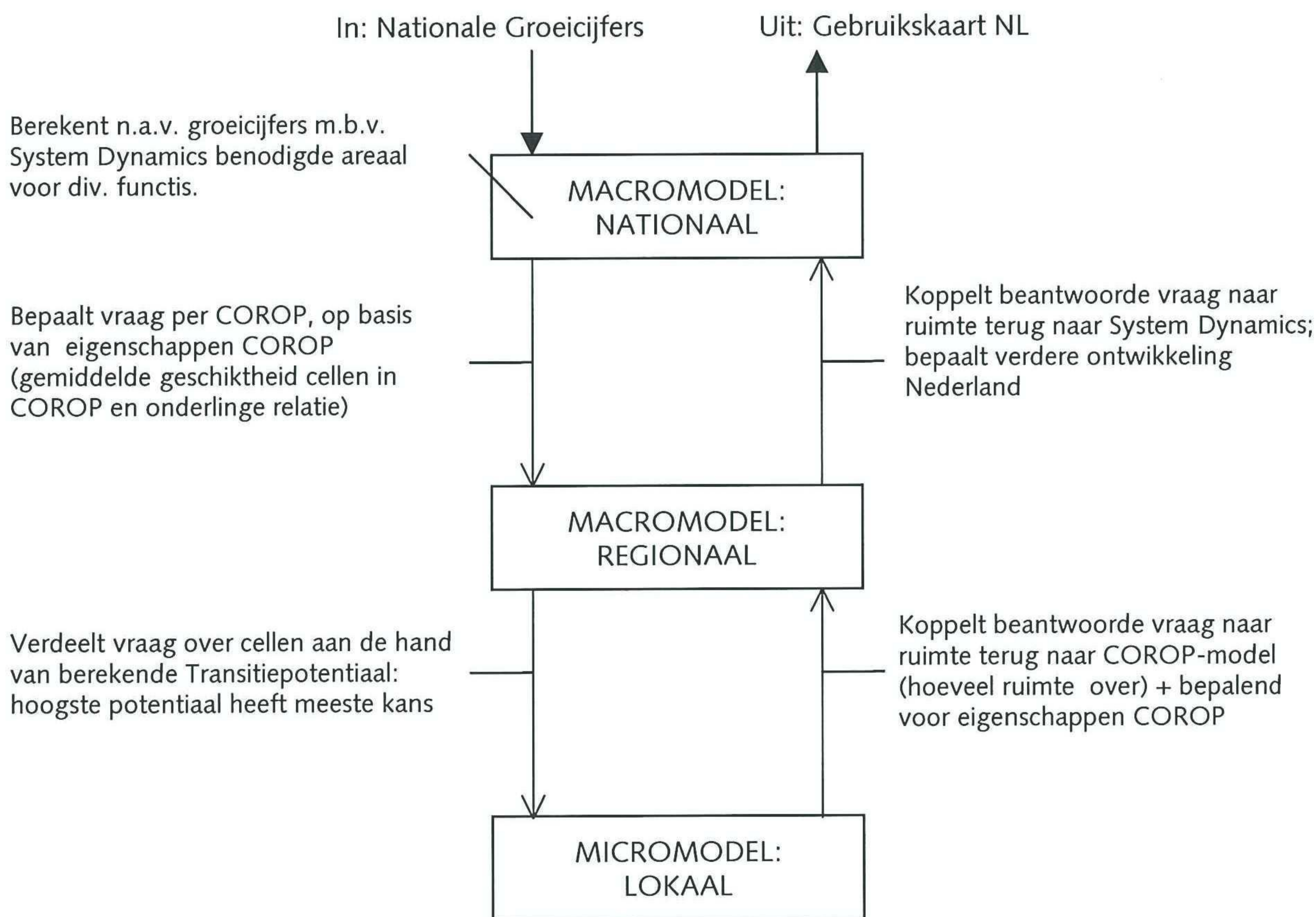
Figuur 16: Landgebruik Nederland in 2030 volgens LOV versie 2.1

4.4 Integratie van het nationale en regionale model en het micro-model.

Sommige interacties zijn zo lokaal dat ze gevat kunnen worden in de micro-dynamische interactieregels van de CA. Andere doen zich voor buiten het bereik van de CA-omgeving, bijvoorbeeld regionale en landelijke interacties, en moeten dus op een gepaste manier worden weergegeven. In de LeefOmgevingsVerkenner wordt een meer macro-dynamisch model gebruikt om de processen die zich over een grotere afstand afspelen, de regionale dynamiek, te incorporeren.

Het macro-dynamische model zal de globale groei van het systeem doorrekenen als gevolg van de interne macro-dynamiek en zijn uitwisseling met de buitenwereld, en deze vervolgens als een randvoorwaarde opleggen aan het cellulaire model. Het CA-model zal op basis van zijn micro-dynamiek de groei toekennen aan specifieke cellen en informatie over de algemene toestand van het micro-systeem terugkoppelen aan het macro-model en op die wijze de macro-dynamiek bijsturen.

Het COROP-model is de verbindende schakel tussen het (System Dynamics) Macro-systeem en het (Cellulaire Automata) Micro-systeem. Het COROP-model bepaalt voor elk van de 40 COROP-regio's de groei van het landgebruik in de 12 gebruiksklassen van het micro-model. Wanneer het COROP-model een tijdsstap heeft doorgerekend, legt het aan het micro-model op hoeveel cellen van ieder type landgebruik geplaatst moeten worden in elke COROP-regio. Elke COROP-regio wordt in feite weergegeven door een eigen CA-model. In de berekening zijn de COROP's echter niet geïsoleerd van elkaar; de CA-omgeving werkt over de COROP-grenzen en houdt in de berekening van de transitiepotentialen rekening met de toestand van cellen in de aangrenzende regio's. Op die wijze bestudeert de LOV de vorming van ruimtelijke patronen over administratieve grenzen heen, en kan men bijvoorbeeld de groei over grenzen heen van o.a. steden en industriële complexen in beeld brengen en analyseren. In figuur 17 staat een schematische beschrijving van de integratie tussen de diverse modelniveaus.



Figuur 17: System-dynamiek LOV

4.5 Basisgegevens LeefOmgevingsVerkenner 2.1b

De LOV is zodanig ontworpen dat er gedurende de ontwikkeling ervan telkens uitbreidingen, zogenaamde modules, aan toegevoegd kunnen worden. Op die manier kan de leefomgeving steeds beter beschreven worden en kan het model een zo compleet mogelijk toekomstbeeld schetsen. Aan de LOV kunnen op verschillende manieren aanpassingen gemaakt worden. Hoe dit op de verschillende schaalniveaus plaats vindt, staat beschreven in de volgende paragraaf (4.6).

In deze paragraaf worden de basisgegevens, die vanuit verschillende bronnen (RIKS, RIVM, RWS e.d.) in de LOV zijn opgenomen, behandeld.

De initiator van de LeefOmgevingsVerkenner, het RIVM, heeft aan de hand van verschillende mogelijke beleidssporen enkele scenario's voor de LOV ontwikkeld. Het meest waarschijnlijke scenario is het zogenaamde Vigerende scenario, wat in dit onderzoek bij het aanpassen en analyseren als "Standaard" scenario wordt aangehouden. Paragraaf 4.5.1 behandelt, uit beschikbare bronnen, de verwerkte informatie op macroniveau en paragraaf 4.5.2 doet dit (uitbreider) voor het microniveau.

4.5.1 Macroniveau

Voor het Vigerend scenario is het Hoge Druk scenario uitgewerkt. Het combineert een hoge economische groei met een hoge bevolkingstoename ten gevolge van immigratie. Uitgangspunt vormt het Global Competition (GC) scenario uit de lange termijn verkenning (CPB/CBS, 1997). Ten aanzien van de demografische groei is aangesloten bij het European Coordination (EC) scenario.

In dit scenario neemt de bevolkingstoename toe tot 18.4 miljoen inwoners in 2030.

De aanvangsperiode 1989-1995 is in de LOV gebaseerd op historische informatie, gemeten data afkomstig van het CBS en andere bronnen.

Op regionaal niveau spelen diverse ruimtelijke ontwikkelingen een rol, welke gebaseerd zijn op onderzoeken van het CBS, CPB en overige instanties. Voorbeelden hiervan zijn:

- Wonen: Verdere deconcentratie. Huishoudens worden kleiner en men is geneigd een woning buiten het stedelijk gebied op te zoeken.
- Werken: Technologische ontwikkeling. Als gevolg van de technologische vooruitgang zal er minder ruimte nodig zijn om een bepaald product te kunnen ontwikkelen. Ook zal het aandeel arbeidsplaatsen in de dienstensector steeds verder toenemen.
- Glastuinbouw: verspreiding. Om de Randstad meer lucht te geven is volgens een scenario van het ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (LNV) een verschuiving van de glastuinbouw uit het Westland naar andere locaties aan de LOV opgelegd.
- Natuur: meer en sterker. De toename van natuur in alle vormen (nat, droog, bos) volgens diverse beleidsnota's is aan het model toegevoegd. Op basis van geschiktheden moet plaatsing gebeuren.

4.5.2 Microniveau

Op het microniveau van de LOV wordt de Functionele Potentiaal bepaald volgens de in paragraaf 4.3.1 behandelde formule. De onderdelen van die formule bestaan uit transitierregels, geschiktheids- en beleidskaarten en de toegankelijkheid. De informatie die middels deze onderdelen aan het model wordt toegevoegd komt voor een groot gedeelte voort uit het de plannen die op macroniveau ook al een voorname rol spelen (CPB-scenario's, Nederland in Plannen, etc.)

Transitierregels

Op dit moment zijn transitierregels in het CA-model opgenomen die de relaties tussen landgebruiksfuncties moeten verwoorden. Hierbij moet gedacht worden aan negatieve invloed van de nabijheid van een luchthaven op wonen en de positieve invloed van diensten en sociaal-culturele voorzieningen op wonen. De regels zijn opgesteld aan de hand van een historische calibratie van het landgebruik over de periode 1989-1993. De calibratie heeft plaatsgevonden middels het afstemmen van de regels op de kaartpatronen van de CBS Bodemstatistiek '89-'93.

Geschiktheidskaarten

In een geschiktheidskaart wordt de geschiktheid van een cel voor een functie weergegeven. Deze geschiktheid beeldt de eigen keuze van de functie uit, dus waar de functie zich, uit zichzelf, het liefste zou vestigen. In het Vigerend (standaard) scenario is de voor de functies (onderstreept) de geschiktheid bepaald op basis van onderstaande informatie:

- Algemeen: Het huidige landgebruik in Nederland bepaalt voor alle functies in grote mate de geschiktheid; daar waar wonen, werken, landbouw en natuur al zitten is de geschiktheid hoog. Verder geldt er voor de volgende functies het volgende:
- Agrarisch: De relatieve geschiktheid wordt gekenmerkt door de ongeschiktheid van non-agrarisch gebruik. De geschiktheid van de glastuinbouw is gebaseerd op de studie "Kansen voor Kassen" (LEI, 1997), waarin de invloed van ondermeer arbeidskosten, grondprijzen, neerslag, zonlicht, windsnelheden en temperatuur op het rendement van verschillende teelten in de glastuinbouw is bepaald. Voor toepassing in de LOV is de gemiddelde geschiktheid over deze verschillende teelten bepaald.
- Wonen: Wordt negatief beïnvloed door geluid op basis van de cumulatieve geluidsbelasting (MKM > 50 dBa) en de 20 en 35 Ke zonerings rond Schiphol. De aanwezigheid van een NS-station heeft een positief effect op de geschiktheid voor beide (dun en dicht) functies wonen. De aanwezigheid van op- en afritten van autowegen werkt alleen door in de functie wonen dun bevolkt.
- Bedrijfsterreinen: Positieve invloed van de nabijheid van de 2 "mainports" Rotterdam en Schiphol. De geschiktheid neemt hier toe binnen een straal van 50 en 10 km. Daarnaast kent de aanwezigheid van op- en afritten een positieve bijdrage. Binnen de 35 Ke zone van Schiphol neemt de geschiktheid voor bedrijfsterreinen echter weer af.
- Diensten, kantoorlokaties: Relevant is de aanwezigheid van een mainport. Verder geldt dat de nabijheid van een NS-station en op- en afritten van autowegen ook, in geringere mate, bijdraagt.
- Sociaal-culturele voorzieningen: Aanwezigheid van een NS-station is hierbij van belang; de nabijheid van de op- en afritten minder.
- Bos: hoge, relatief drogere gronden zijn geschikter. Het lutumgehalte van de grond speelt hier ook een belangrijke rol. De gunstigste gehalten liggen tussen 2 en 15%, daarbuiten neemt de geschiktheid af.
- Natuur(ontwikkeling): Nattere omstandigheden als de ligging van een kwelzone of een gebied waar tenminste een aanvang is gemaakt met verdrogingsbestrijding zijn voor Natte Natuur aantrekkelijk. Voor droge natuur is het lutumgehalte van belang (hoe hoger, hoe beter). Overigens is voor beide natuurfuncties een eigen geschiktheidskaart (geschiktheid natte en droge natuur) ingevoegd.
- Recreatie: Positief is een huidige recreatieve of agrarische functie, negatief de invloed van geluid.

Beleidskaarten

De LOV kent per functie een beleidskaart op een 500m grid. In deze beleidskaarten kunnen voor 3 verschillende planperiodes aangegeven worden of er woningen, bedrijfsterreinen, bossen of natuur aangelegd mogen worden. Deze beleidskaarten in de LOV combineren het restrictieve beleid met de uitbreidingsplannen die er zijn voor de verschillende functies, en het huidige vestigingsgebied. De eerste planperiode geeft beleidsmatig het huidige vestigingsgebied van de verschillende functies aan. Basis voor deze planperiode vormt de initiële landgebruikkaart in de LOV. Zo worden de huidige bedrijfs-, kantoorterreinen, woon-, en recreatiegebieden functioneel in de LOV beleidsmatig opengesteld voor deze activiteiten. Het vestigingsgebied van Natuur is gebaseerd de CBS Bodemstatistiek die hergeclassificeerd is op basis van de indeling in het Referentiebeeld Natuur (RIVM).

Voor de tweede planperiode wordt gebruik gemaakt van "Nederland in Plannen" van de RPD (1999). De plannen voor Wonen en Werken uit deze kaart zijn, zonder onderscheid ten aanzien van de verschillende procedurele fasen, overgenomen in de beleidskaart van de LOV.

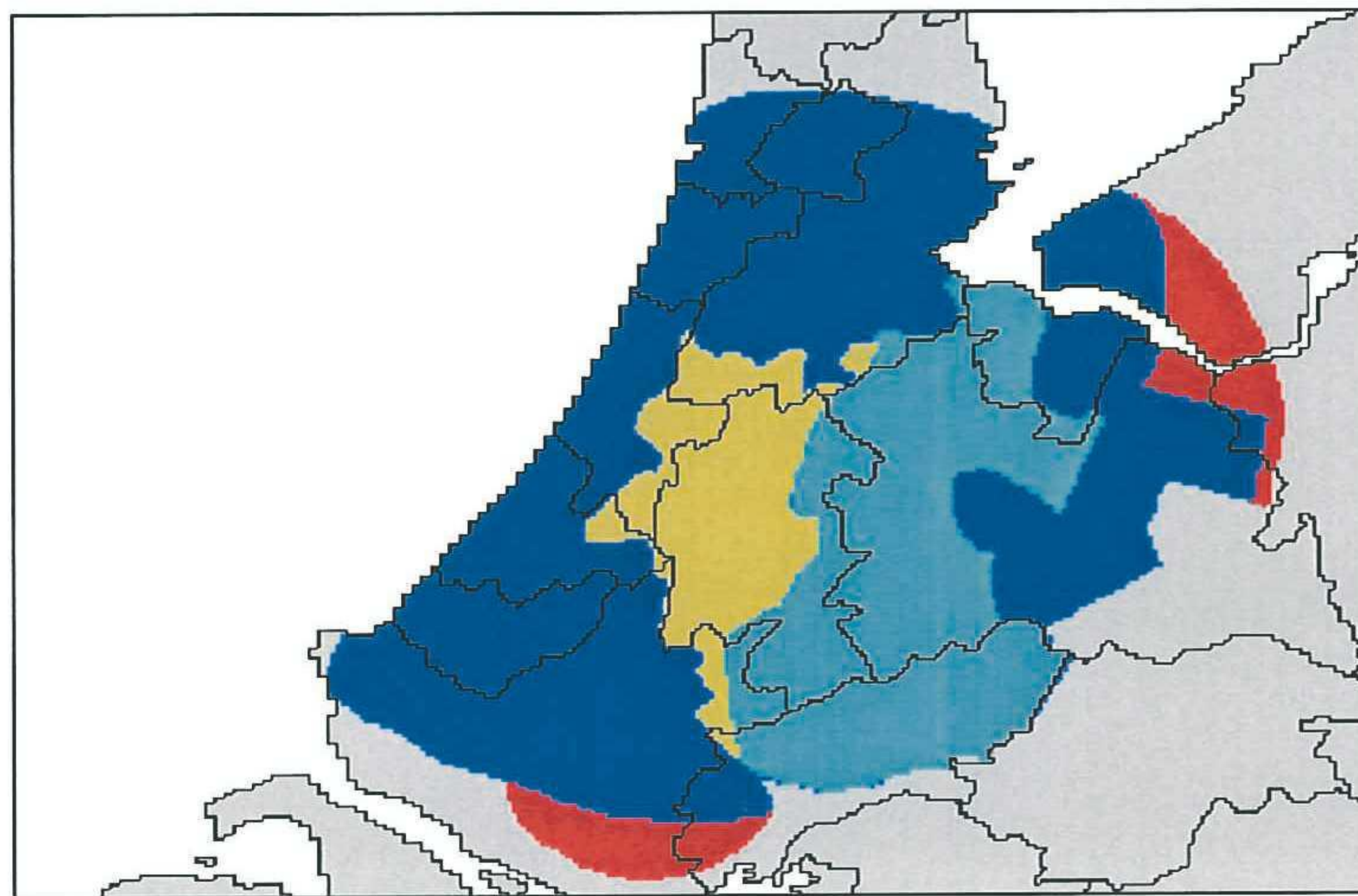
Voor natuur is de toekomstige ruimtelijke ontwikkeling beleidsmatig gedefinieerd op basis van het Referentiebeeld Natuur 2020.

Voor de periode na 2010 zijn met uitzondering van de ontwikkeling van de Ecologische Hoofdstructuur, nog geen plannen beschreven. De derde planperiode is gedefinieerd op basis van het restrictieve beleid waarvan is aangenomen dat dit na 2010 nog steeds geldt. Het restrictieve beleid wordt zodanig vertaald dat het aangeeft waar bepaalde activiteiten nog wel mogen.

Bestemmingen

Het volgende bestemmingsbeleid is in het Vigerend scenario actief:

- Glastuinbouw: Aanvullend op de concentratiegebieden uit Kansen voor Kassen (LEI, 1997) ontwikkelt de Glastuinbouw zich in de LOV op basis van het EHG scenario, de Economische Hoofdstructuur Glastuinbouw waarin een groot gedeelte van de Glastuinbouw wordt verplaatst. Deze ruimte zou door andere functies ingenomen kunnen worden.
- Bos: In de Open gebieden mogen er geen bossen komen.
- Landsdeel West: Ruimtelijk concept "Randstadring" van RPD (zie figuur 18). Hierbij wordt er een onderscheid gemaakt in de ring zelf met de 4 grote steden, de binnenflank, de buitenflank en het (kleinere) Groene Hart.



Figuur 18: Het ruimtelijk concept Randstadring, met in blauw de Randstadring, geel, de binnenflank, rood de 2 buitenflanken en de rest van het groene hart in groen.

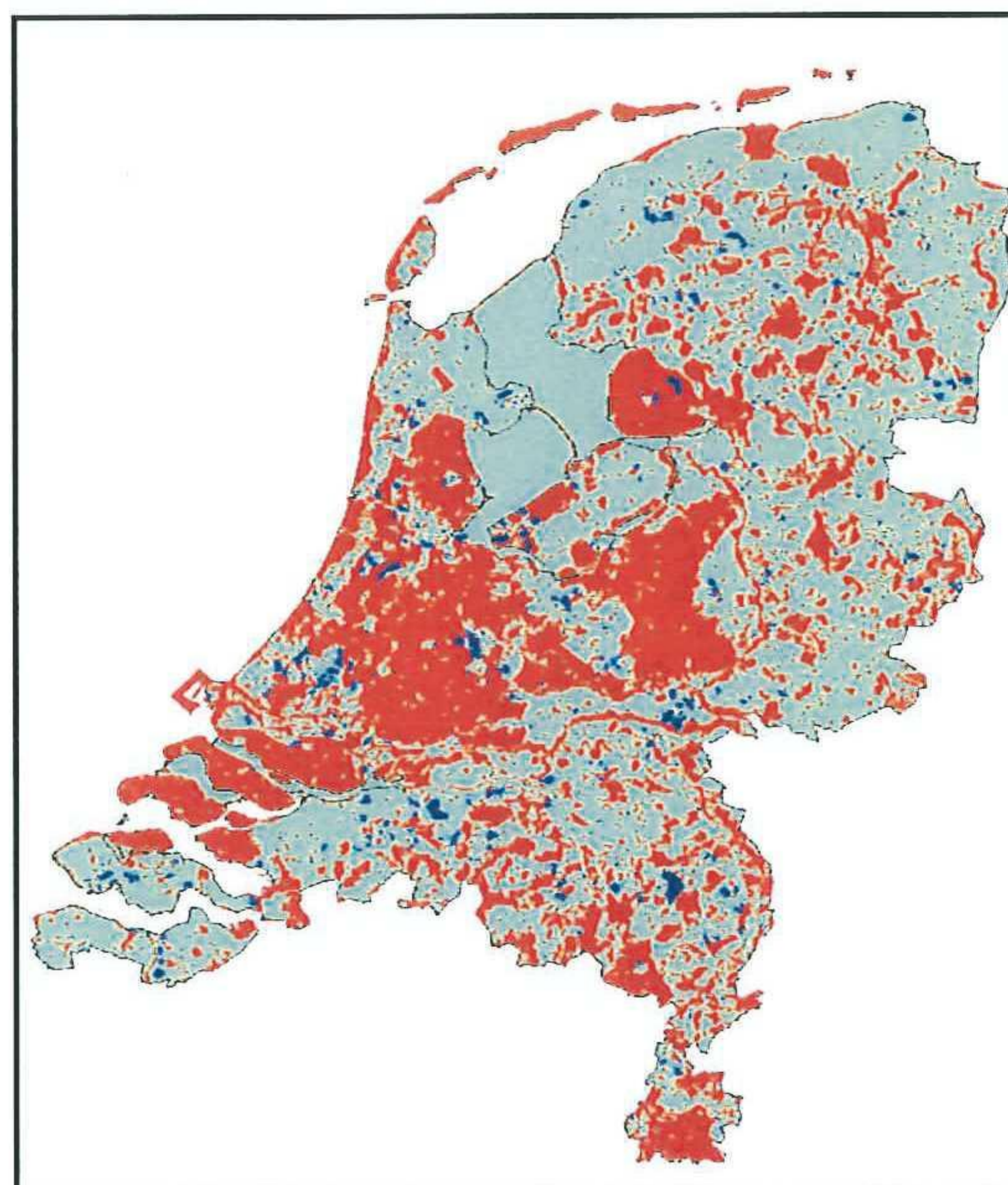
Restricties

Naast de hierboven beschreven uitbreidingsgebieden (bestemmingen) zijn in de beleidskaart(en) van de LOV ook restricties voor bepaalde functies opgenomen. Tabel 3 geeft de gebruikte restrictieve beleidskaarten weer.

Restrictief beleid	Provinciaal restrictief beleid	Randstad Ring / Groene Hart
UN World Heritage Sites	Zuid-Holland	Binnenflank Randstad Ring
Ecologische Hoofdstructuur	Zeeland	(Rest) Groene Hart
Vogel- en Habitat richtlijn gebieden	Limburg	
35 Ke zone 2015 (incl. 5 ^e baan)		
Glastuinbouwconcentratiegebieden		
Grondwaterbeschermingsgebieden		
Buffergebieden		
Rijksrestrictief beleid		

Tabel 3: Overzicht Restrictieve beleidskaarten Vigerend Scenario

De bestemmingen en restricties gesommeerd voor bebouwd gebied leveren het volgende kaartbeeld op (figuur 19):



Figuur 19: Beleidskaart voor bebouwd gebied voor het vigerend scenario
(Rood = restrictie, Blauw = uitbreiding vanaf t=1, Groen = uitbreiding vanaf t=2)

Toegankelijkheid

Het autowegennetwerk en vaarwegennetwerk zijn in de LOV ingebouwd. Het autowegennetwerk in de LOV is opgebouwd uit het hoofdwegennet, secundaire wegen en grote stedelijke wegen. Dit netwerk is de invoergrootheid bij het bepalen van de toegankelijkheid: hiermee wordt een inschatting gemaakt voor het gemak waarmee een cel in het gebied te bereiken is.

4.6 Aanpassingsmogelijkheden LOV

In de vorige paragraaf is aangegeven welke informatie er op dit moment aan de LeefOmgevingsVerkenner toegevoegd is. De LOV is echter zó opgebouwd dat er telkens nieuwe informatie en/of functionaliteiten aan toegevoegd kunnen worden. Deze paragraaf behandelt voor het macro- en micromodel op welke wijze dit in de LOV gedaan kan worden.

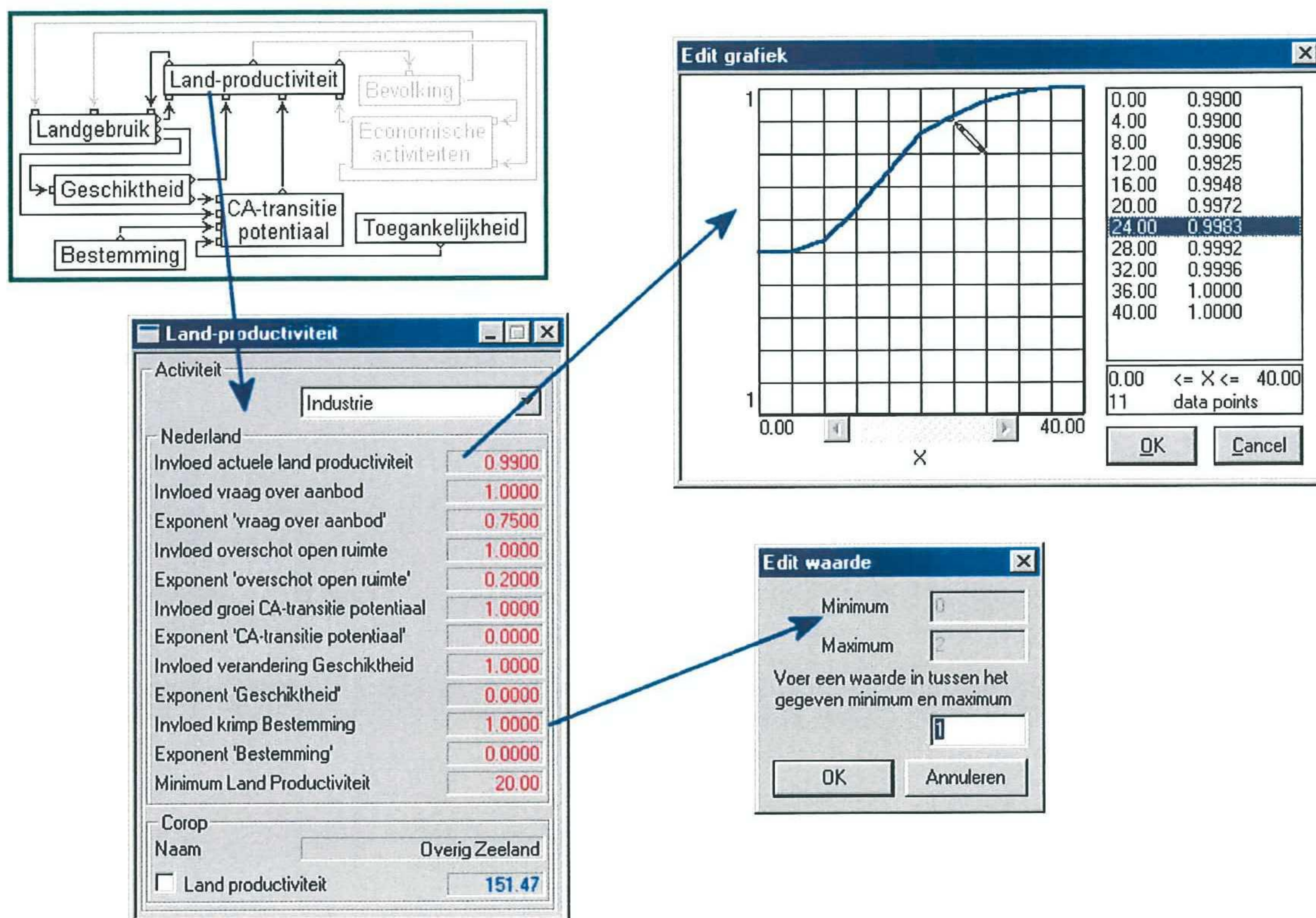
4.6.1 Macromodel

De manier waarop in de LOV aanpassingen te maken zijn, zijn in het kader van dit onderzoek beperkt: de formules die de verdeling en groei van functies op COROP niveau beschrijven zijn voor de (gewone) gebruiker niet te veranderen. Hiervoor is een grote kennis van het programmeren nodig.

Sommige invoerparameters zijn echter wel te veranderen:

- Invloedsfactoren: de invloed tussen het nationaal (Nederland) en regionaal (COROP's) niveau is aan te passen. Zo kan de invloed van geschiktheid en beleid bij het toedelen van de landelijke vraag naar wonen op de COROP's verhoogd worden.
- Vraag naar een functie: de vraag naar een bepaalde functie kan per COROP handmatig ingesteld worden. Dit is vooral praktisch bij het laten toenemen van landgebruiksfuncties die niet door het model berekend worden. Dit is het geval bij natuurfuncties, glastuinbouw, landbouw en recreatie. Bovendien kan er ook bij "berekende" functies een extra vraag aan een COROP opgelegd worden.

Om de aanpassingsmogelijkheden te illustreren is in figuur 20 voor het ModelBouwBlok Land Productiviteit aangegeven hoe aanpassingen op macroniveau gemaakt worden. N.B.: in Bijlage 4.2 staat de formule die de landproductiviteit in de LOV bepaald.



Figuur 20: Aanpassen Macro-model van landvraag door activiteit industrie.

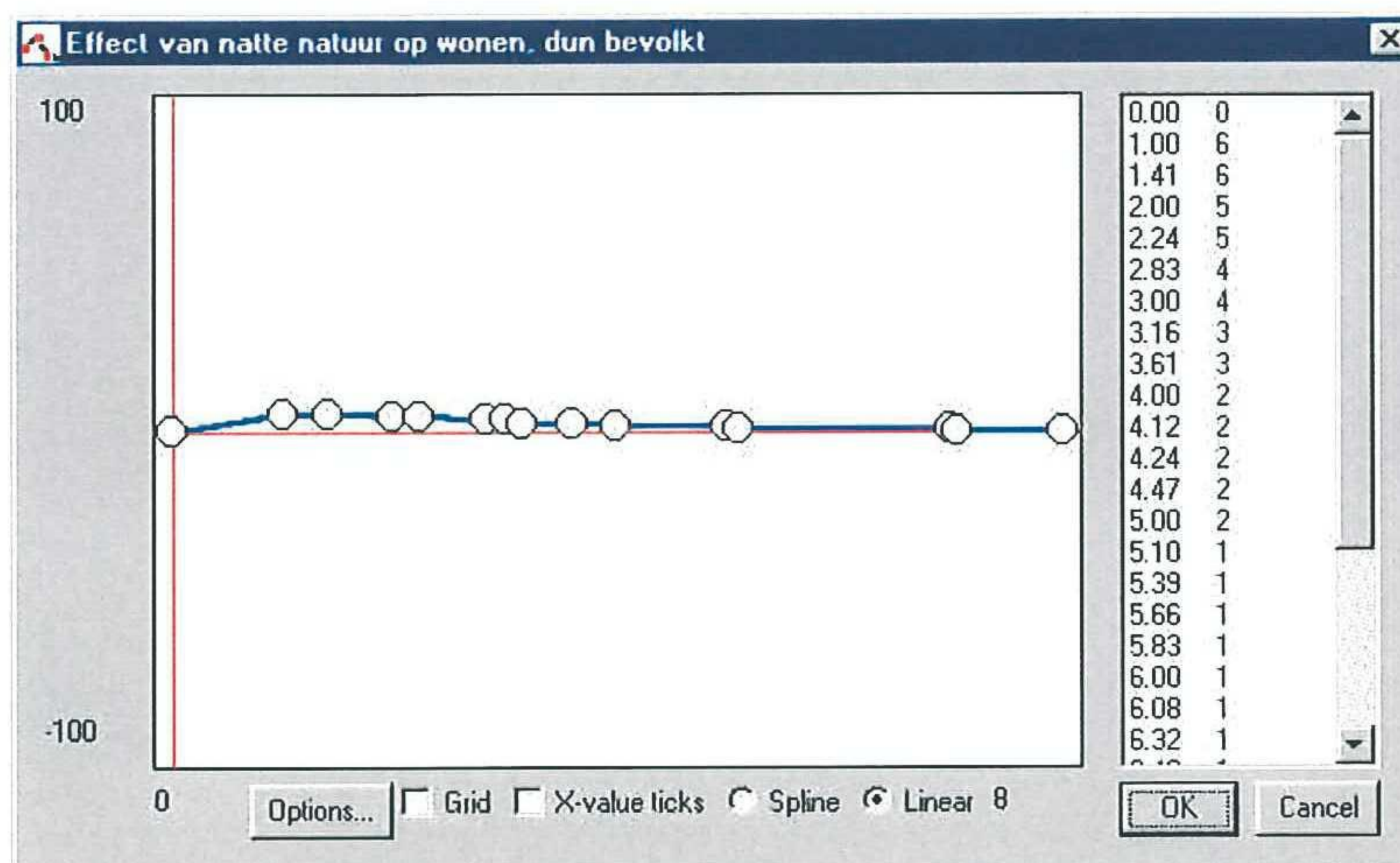
4.6.2 Micromodel

Het feit dat de LOV op Microniveau gebruik maakt van een potentiaalberekening, biedt de gebruiker meer mogelijkheden om (redelijk) eenvoudig nieuwe elementen aan het model toe te voegen. Dit kan op verschillende manieren. Zo kunnen er transitieregels veranderd of ingevoegd worden, bestaat er de mogelijkheid om nieuwe geschiktheids- en beleidskaarten in te voegen en kan de toegankelijkheid aangepast worden. Op welke wijze staat in de volgende alinea's.

Transitieregels

De transitieregels kunnen vrij eenvoudig veranderd worden. Belangrijk is echter wel dat de regels een grote invloed hebben op het model en derhalve grote voorzichtigheid en kennis van zaken gewenst is bij het veranderen ervan. Het is daarom ook aan te raden om nieuw beleid c.q. nieuwe ideeën middels de geschiktheidskaarten aan het model toe te voegen, omdat deze kaarten beter onderbouwd en bereid kunnen worden. Zodoende wordt er een beter inzicht verkregen en blijft het model overzichtelijk.

Het aanpassen van de transitieregels in de LOV werkt als volgt. Onder het menu regels kan een functie (zeg wonen, dun) gekozen worden. Vervolgens is het mogelijk om uit een lijst van landgebruiksvormen (zeg: Natte Natuur) een scherm te openen, waarop de invloed van dat Natte Natuur op Wonen Dun weergegeven staat. Op dit scherm staat een afstandsgrafiek met langs de verticale as de aantrekking en/of afstoting en op de horizontale afstand de afstand vanaf het hart van de cel (Wonen Dun) tot aan de rand van het invloedsgebied, waar de cellen Natte Natuur aanwezig zijn. Rechts van de grafiek staan de waarden waaruit de grafiek opgemaakt is. Hieruit is af te lezen de afstand (linker kolom) en de waarde van de aantrekking/afstoting op die afstand. In de standaard versie (2.1b) is het volgende (figuur 21) effect van Natte Natuur op Wonen Dun opgenomen:



Figuur 21: Effect van Natte Natuur op Wonen, dun bevolkt in LOV-versie 2.1b

Geschiktheidskaarten

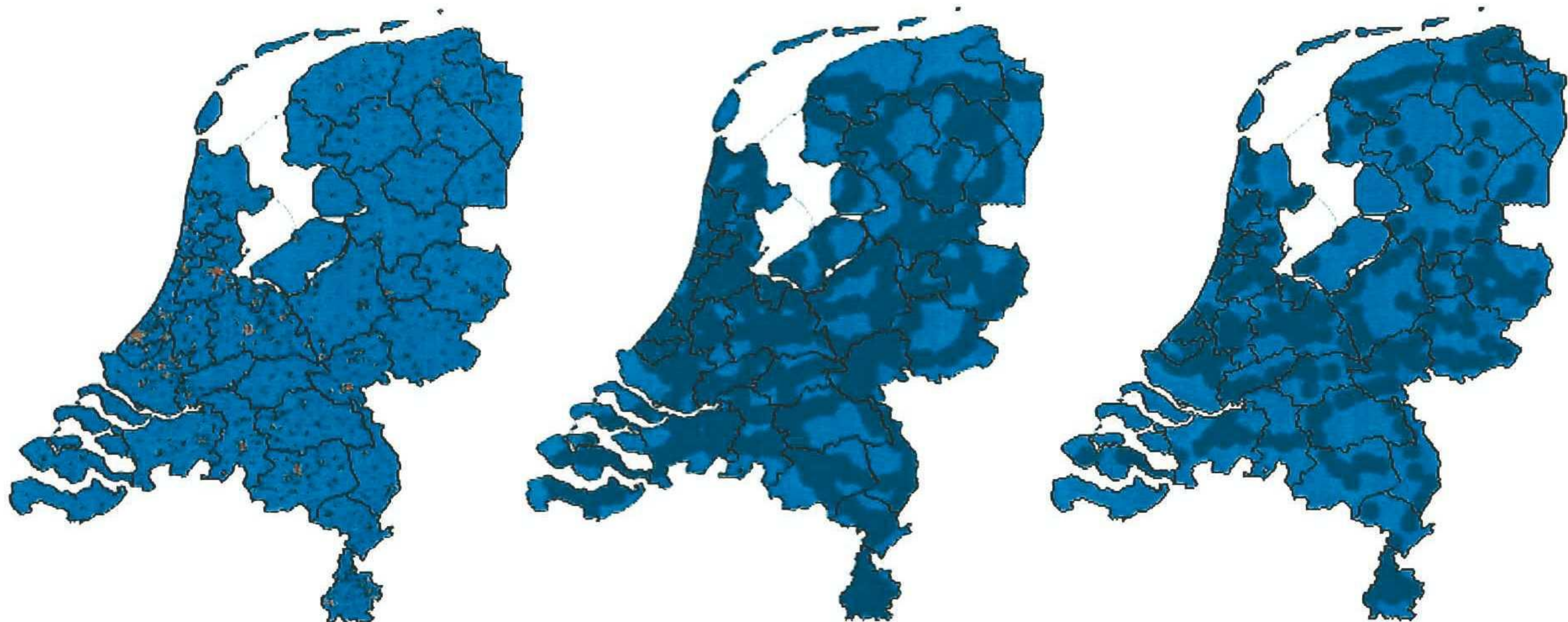
Nieuwe kaarten kunnen ingevoerd kunnen worden door middel van het zogenaamde "Overlay-tool", die bij de LOV gevoegd is. Hiermee is het mogelijk om een kaart over het huidige pakket kaarten geldend voor een functie heen te leggen. Aan de kaart kunnen gewichten toegekend worden, waardoor sommige elementen op de kaart zwaarder (of helemaal niet) mee wegen. Zo ontstaat er een nieuwe geschiktheidskaart voor bijvoorbeeld wonen of bos. De kaarten die ingevoegd worden bevatten voor de desbetreffende functie specifieke informatie en kunnen gemaakt worden/zijn m.b.v. een GIS-programma.

Type	Grid-file (Ascii of Idrisi Imagine)
Afmetingen	
- Aantal Kolommen	540
- Aantal Rijen	650
- Hoekpunten (linksboven, rechtsonder)	(10.000,300.000) , (280.000,625.000)
Celgrootte	500x500 m ²

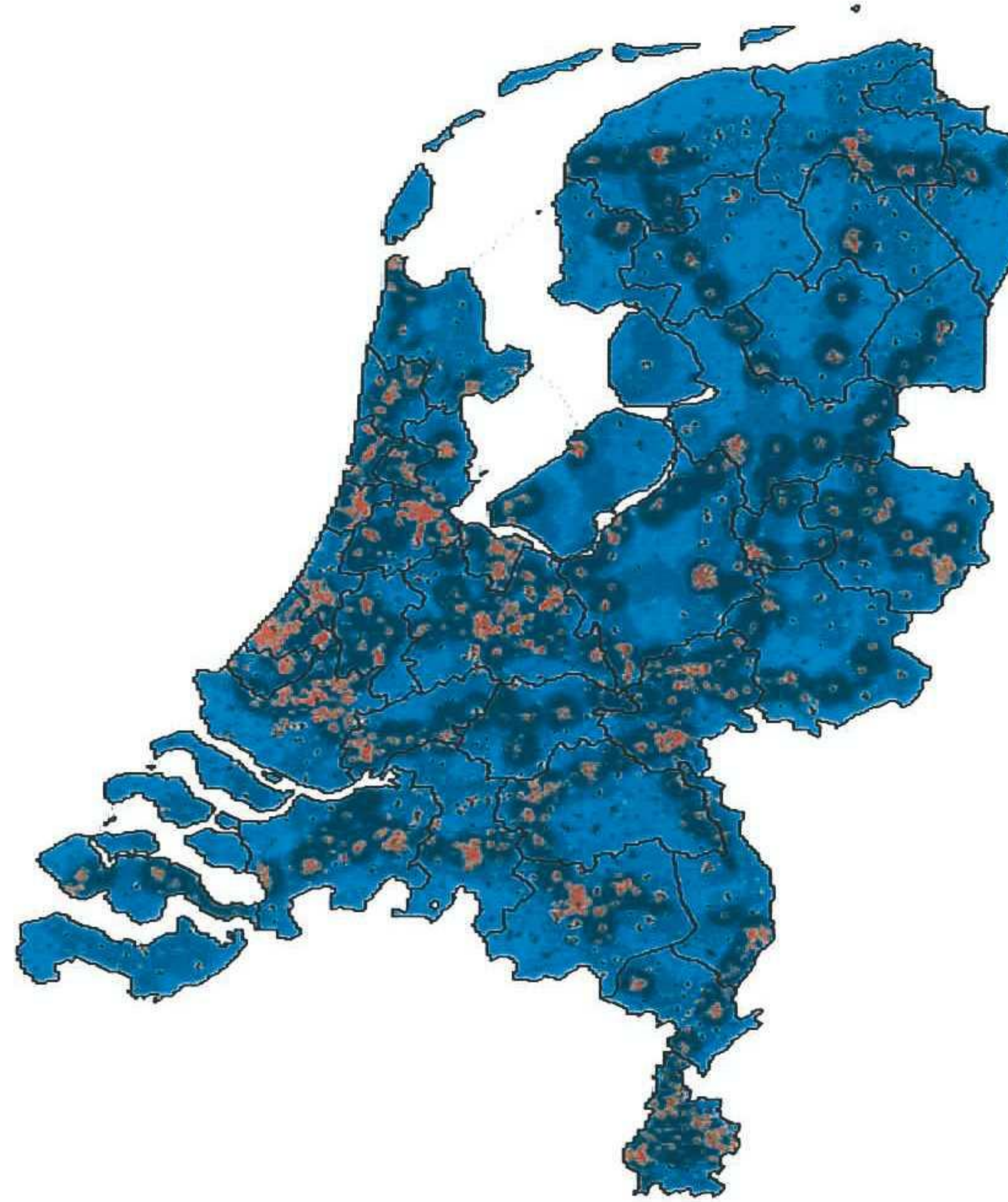
De kaarten die voor dit project gebruikt zijn, zijn aangemaakt in ArcInfo. Dit programma werkt onder het besturingssysteem LINUX en kent meer reken- en bewerkingsmogelijkheden dan het op Windows gestoelde ArcView. Om uiteindelijk de kaarten te kunnen importeren in de Overlay-tool, zijn de kaarten middels de ArcView-toepassing "Spatial Analyst" omgezet in het juiste formaat.

De werking en het gebruiken van de Overlay-tool staat beschreven in Bijlage 4.5.

Ter illustratie van het Overlay-principe is er voor de functie "Sociaal-cultureel" een overzicht gegeven van de drie overlay-kaarten en de uiteindelijke geschiktheidskaart, welke in de LOV gebruikt wordt bij de toekenning van sociaal-culturele gebieden. (N.B.: aan de afgebeelde kaarten zijn reeds de gewichten toegekend).



Figuur 22: De drie factorkaarten van de functie Sociaal-Cultureel: Huidige gebruik, Bufferzones op en -afritten en Bufferzones NS-stations



Figuur 23: Geschiktheidskaart Sociaal-Cultureel: Geschiktheden: Donkerrood = 1; donkerblauw = 0.5; groen = 0.1; lichtblauw = 0.

Beleidskaarten

De beleidskaart vormt een van de belangrijkste hulpmiddelen om verschillende ruimtelijke scenario's ten aanzien van het beleid op te geven.

Het invoeren van beleidskaarten gaat in grote lijnen hetzelfde in zijn werk als de geschiktheidskaarten. Er zijn echter twee grote verschillen:

1. In de beleidskaarten kan enkel aangegeven worden waar en wanneer een bepaalde functie mag plaatsvinden (wel of niet). Er zijn dus geen verschillen in gewichten.
2. Om een overlap te kunnen maken van Restricties en Bestemmingen is er respectievelijk een Negatieve en Positieve Overlay-tool beschikbaar. De restricties worden eerst in de Negatieve Overlay-tool opgenomen. Hierin wordt aangegeven waar een functie absoluut niet mag voorkomen. De overgebleven gebieden (waarvoor geen restricties gelden) worden vervolgens in de Positieve Overlay-tool ingelezen als uitbreidingsgebied voor $t=2$. Daarna zijn er met de Positieve Overlay-tool nog de uitbreidingsgebieden aan te geven. In de gebruikte versie van de LOV loopt periode 1 (vestigingsgebied) van het begin van de simulatie tot 2009, periode 2 (uitbreidingsgebied) tot 2019 en periode 3 (uitbreidingsgebied) van 2019 tot verder.

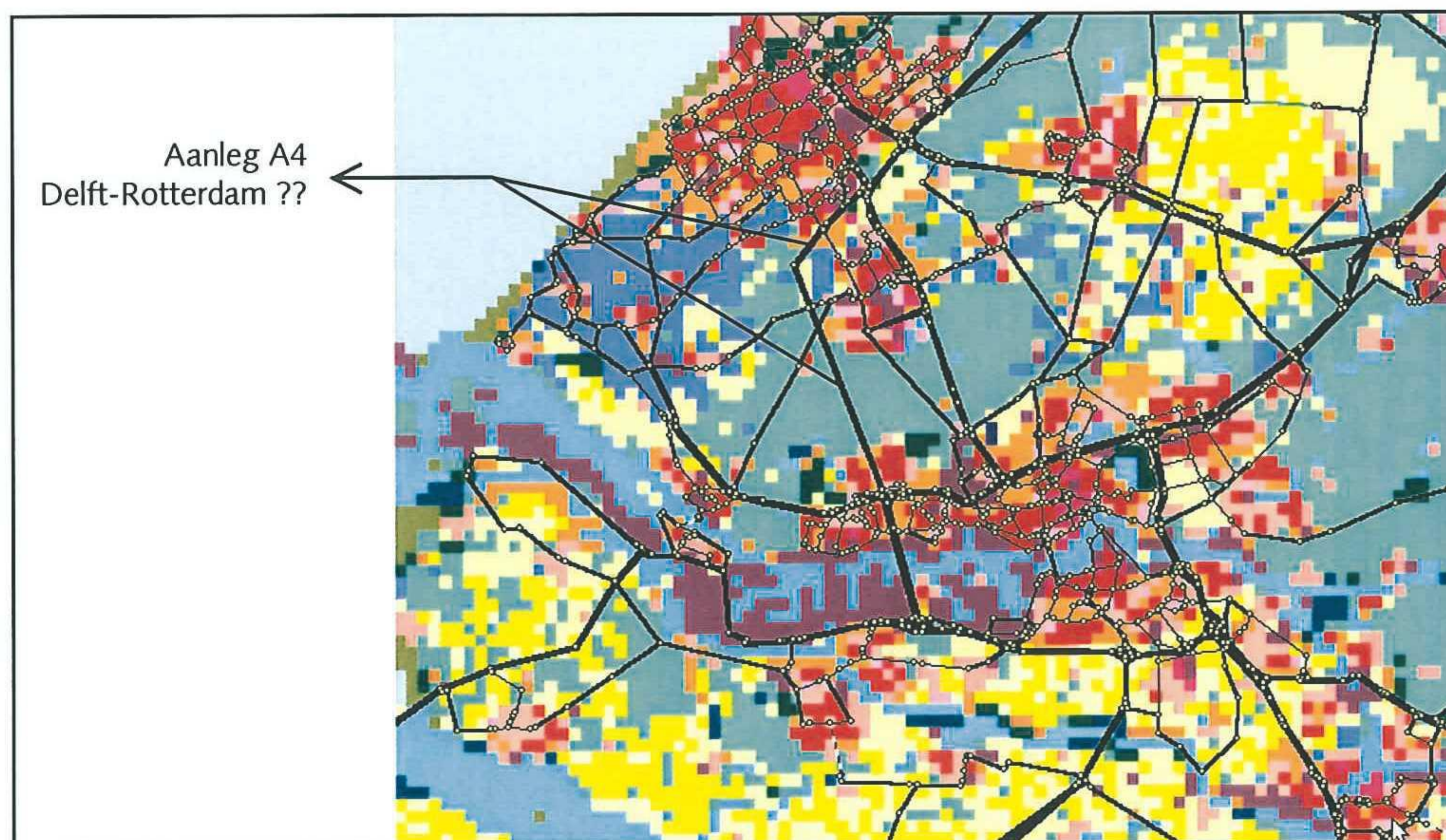


Figuur 24: Instellen van beleidsperioden

Toegankelijkheid

Met behulp van de netwerk-editor is het mogelijk om nieuwe verbindingen aan een netwerk toe te voegen. Zo kan bekeken worden wat de regionale effecten zijn op de aanleg van een nieuwe snelweg. Op dit moment wordt zo'n nieuwe verbinding enkel meegenomen in de berekening van de toegankelijkheid (parameter A in de functionele potentiaalformule).

Onderzoek loopt naar het invoegen van een transportmodule die de goederen- en personenstromen tussen COROP-gebieden uit kan rekenen. Deze stromen vinden dan plaats over het netwerk waarbij eventueel optredende congestie zorgt ervoor dat een gebied minder toegankelijk is en minder aantrekkelijk voor vestiging van bedrijven en wonen. Vervolgens zou door het invoegen van een nieuwe verbinding bekeken kunnen worden of een beoogde congestievermindering ook daadwerkelijk optreedt. Ter illustratie van deze toepassing is in figuur 25 de verlenging van de A4 ingetekend. Een project dat al jaren in opspraak is, vanwege zijn vermeende nut.



Figuur 25: De Netwerk-editor van de LOV

5 Water in de LeefOmgevingsVerkenner

In dit hoofdstuk wordt getracht de relatie Water-Ruimtelijke Ordening zodanig te beschrijven dat hij toegevoegd kan worden aan het model de LeefOmgevingsVerkenner. Voor de gebruikte versie (2.1b) van de LOV wordt eerst gekeken naar de rol die water op dit moment in de LOV speelt (§ 5.1). Vervolgens wordt in paragraaf 5.2 de informatiebehoefte vanuit het Waterbeheer bepaald. Onder informatiebehoefte wordt in het kader van dit onderzoek verstaan de behoefte die bij de beleidsmakers (waterbeheer) bestaat en waar de LOV, volgens hen, in zou kunnen voorzien. Om dit te bepalen is er aan de hand van het verleden, heden en toekomst (hoofdstuk 2) een beeld geschetst van de hoofdlijnen van het waterbeheer voor de komende 20 – 30 jaar. De consequenties van dit waterbeleid voor de Ruimtelijke Ordening, onder andere opgenomen in de 5^e Nota, komen hierbij ook aan bod. In paragraaf 5.3 wordt deze informatiebehoefte doorvertaald naar de LOV vanuit een beleidsmatig standpunt, gebruik makend van de thematiek zoals die in de Vierde Nota Waterhuishouding gebruikt wordt. In deze paragraaf is telkens de soort aanpassing aan de LeefOmgevingsVerkenner (beleidskaarten, geschiktheidskaarten en transitierregels) aangegeven. Het feitelijke inbouwen van de waterfunctionaliteiten in de LOV (§ 5.3) is gedaan volgens de diverse methoden die ter sprake gekomen zijn in paragraaf 4.6 en zijn eveneens onderverdeeld naar geschiktheid, beleid, transitierregels.

De nieuwe functionaliteiten van de LOV die in dit rapport onderzocht zijn, hebben betrekking op de relatie Water en Bebouwd gebied. Deze keuze is gemaakt op grond van diverse redenen, welke genoemd zijn hoofdstuk 1 "Inleiding". In paragraaf 5.4 wordt desalniettemin nog even ingegaan op de nieuwe functionaliteiten met betrekking tot Landbouw- en Natuurfuncties.

5.1 Water in LeefOmgevingsVerkenner Versie 2.1b

In versie 2.1b Van de LeefOmgevingsVerkenner speelt water een beperkte rol. Grote oppervlaktewaterpartijen als de zeeën en rivieren zijn opgenomen als landgebruikfuncties zoet water en zout water, maar hebben nauwelijks tot geen invloed op de actieve functies en spelen dus geen rol bij het vormen van het toekomstbeeld. Qua invoer en bewerkingen is water enkel terug te vinden in geschiktheidskaarten, beleidskaarten en transitierregels. En zelfs daarin heeft water als fysieke factor meestal een ondergeschikte plek. Het is meer indirect aanwezig in de vorm van combinaties met andere gebruiks- en waterfuncties, welke niet dynamisch in het model opgenomen zijn. Een overzicht:

Algemeen

- Basiskaart Nederland: In de basiskaart van Nederland, die door de LOV gebruikt wordt als uitgangspunt van de simulatie, staan alle directe gebruiksvormen van het water: zout en zoet water (grote rivieren, Noordzee, IJsselmeer en kleinere wateren), visserij, scheepvaart, natte natuurgebieden en waterrecreatie. Echter de meeste functies (met uitzondering van de natte natuurgebieden) zijn niet-dynamisch. Zij kunnen niet van functie veranderen en spelen ook geen rol in bij het bepalen van de transitiepotentiaal (de kans bepaald of functieverandering) van andere cellen, niet in de vorm van kaarten, noch door middel van de transitierregels.
- Waternetwerk: het systeem van waterwegen en knooppunten is opgenomen in de LOV. Er worden echter (vooralsnog) geen berekeningen of andere handelingen mee uitgevoerd.

Geschiktheidskaarten

Per kaart kunnen de waarden (lees: gegevens) uit de kaartlegenda, middels het aanpassen van de factor gewicht/scores, de geschiktheid van een cel voor een bepaalde functie aangeven. Dit kan op twee niveaus gebeuren: voor de gehele kaart (door de "Overlay"-schuif open te zetten) én voor elke waarde op die kaart afzonderlijk (door de afzonderlijke schuifjes open te zetten). De "Overlay"-schuif is echter altijd overheersend; als deze uit staat, is de kaart niet werkzaam. Achtereenvolgens bevat versie 2.1b de volgende geschiktheidskaarten:

- Geschiktheid natte natuur: De geschiktheid voor Natte Natuur is afhankelijk van diverse factoren, waaronder de grondwaterstand.
- Kwelgebieden: Een kaart van de huidige kwelgebieden (zowel zoete als brakke kwel, bestaand of ingepland in de Ecologische Hoofdstructuur) is opgenomen. De kwelsituatie beïnvloedt het ontstaan van natte natuur positief.
- Actiekaart verdrogingsbestrijding: Varieert van gerealiseerd tot nog niets ondernomen, waarbij gebieden waar aan verdrogingsbestrijding gewerkt wordt (of is) een betere geschiktheid hebben voor natte natuur.

Beleidskaarten

In tegenstelling tot de geschiktheidskaarten, wordt er met de beleidskaart niet de mate van geschiktheid ingevoerd, maar de (beleids-)periode voor wanneer een cel een bestemming voor de desbetreffende functie krijgt. Met andere woorden: cellen worden aangemerkt als vestigingsgebied door middel van de beleidskaarten. Omdat op dit moment alleen de functie Natte Natuur een aan water gerelateerde dynamische functie is, hebben de beleidskaarten die betrekking hebben op water alleen invloed op de vestiging van natte natuur. Dit zijn achtereenvolgens:

- De Nieuwe Kaart van Nederland: Met daarop afgebeeld algemeen water, stedelijk (algemeen) water, Natuurgebied water en Natte Natuur.
- Basis Grondgebruik: Hierin zijn opgenomen de bestemmingen zoet en zout water, natte natuurgebieden en waterrecreatie (idem als de uitgangskaart van de LOV)
- Balanskaart 2010 (voorlopig). Schetst een toekomstbeeld van Nederland, met daarop aangegeven de toekomstige groengebieden (en ook natte natuur).
- Bescherming Drinkwatergebieden: Restrictie met betrekking tot het bebouwen van deze locaties.

Transitierregels

Er zijn enkele transitierregels ingevoegd die de relatie tussen cellen "Zoet en Zout Water" met andere (dynamische) functies beschrijven. De nabijheid van water speelt een rol bij het bepalen van de functionele potentiaal ten behoeve van bijvoorbeeld Zoet water en Wonen (zowel Dicht als Dun). Hiermee wordt de positieve invloed van wonen aan het water voor de functie wonen in het model meegenomen. Daartegenover staat de negatieve invloed van de directe nabijheid van Zoet Water op

bedrijfsterrein uit het oogpunt van vervuiling. Verderop is er echter weer een lichte positieve invloed van water op bedrijfsterreinen vanwege het verhogen van de ruimtelijke kwaliteit. Een voorbeeld van de regels voor het effect van Natte Natuur op Wonen Dun is opgenomen in paragraaf 4.5.2.

Toegankelijkheid

Een andere indirecte functionaliteit van water in de LOV is de verstoring van (natte) natuurgebieden. Voor deze functies geldt dat een grotere afstand tot het wegennetwerk (slechte bereikbaarheid) een positieve invloed heeft op de ontwikkeling van de functie.

5.2 Informatiebehoefte van beleid

In deze paragraaf wordt gekeken naar de beleidsvragen, die in het waterbeheer de komende decennia spelen, en waarbij de LOV een ondersteunende rol kan c.q. zou kunnen spelen. Omdat de LOV op een relatief grote schaal werkt met relatief grove bewerkingsmethodes, is hij, zoals in hoofdstuk 3 vermeld is, geschikt voor het geven van strategische, oppervlakkige en beleidsondersteunende informatie. Hierdoor is de informatiebehoefte van het beleid naar de LOV meer afgestemd op grootschalige ontwikkelingen en vraagstukken. Meer op detail gerichte processen als duurzaam stedelijk waterbeheer en de inrichting van stroomgebieden kunnen derhalve niet direct meegenomen worden. Het voorgenomen waterbeleid dat hierbij besproken wordt, heeft vanwege een selectie al een sterke relatie met de Ruimtelijke Ordening.

5.2.1 Toekomstig Waterbeleid in hoofdlijnen

Het beleid ten aanzien van het toekomstig waterbeheer is opgenomen in de Vierde Nota Waterhuishouding (NW4). Een samenvatting hiervan staat in hoofdstuk 2.

De Nota bevat 4 kernthema's, die voor de diverse systemen zijn uitgewerkt. Zie onderstaande tabel:

		Thema			
		Veiligheid	Verdroging	Emissies	Waterbodems
Systeem	Stedelijk Waterbeheer	X	X	X	X
	Regionale wateren	X	X	X	X
	Grote rivieren	X		X	X
	Natte Hart	X		X	X
	Zuidelijke Delta	X		X	X
	Kust en Zee	X		X	X

Tabel 4: Structuur Vierde Nota Waterhuishouding

De drie thema's van NW4 die de grootste invloed hebben op de Ruimtelijke Ordening en andere functies zijn Veiligheid, Verdroging en Emissies. Deze thema's zouden zodoende een plaats moeten krijgen in de LeefOmgevingsVerkenner. Zij zorgen voor de grootste veranderingen in de leefomgeving en het ruimtegebruik van Nederland voor de komende 30-50 jaar. De beschrijvingen van de watersystemen zijn veelal concreter van aard en van een lager schaalniveau dan voor de LOV van toepassing is.

De watersystemen kunnen echter wel helpen bij de doorvertaling van de informatiebehoefte naar de LOV. Bovendien geldt dat bij de omschreven Watersystemen de thema's, op enkele specifieke situaties na, de belangrijkste oorzaken van problemen zijn, waardoor ook de belangrijkste aspecten van de watersystemen meegenomen worden.

Thema Veiligheid

Het thema veiligheid is onder te verdelen in drie groepen: bescherming tegen de rivieren, tegen de zee en tegen wateroverlast. Beide kennen, in grote lijnen, dezelfde achtergronden: het veranderende klimaat en de daarmee samenhangende weersomstandigheden. Voor de rivieren betekent dit een grilliger afvoerpatroon (afvoeren in extremen: extreem hoog en extreem laag) en voor de zeeën een stijgende zeespiegel. Wellicht vandaar dat de toegepaste maatregelen vaak dezelfde aard hebben: meer ruimte voor een natuurlijk watersysteem en minder ingrijpen door de mens. In relatie met andere gebruiksfuncties van de LOV komt dit neer op een direct ruimtebeslag van de rivier en de zee om pieken op te kunnen vangen en/of om het gevaar tegen overstromingen te kunnen weren. Hierbij moet gedacht worden aan het vrijhouden van obstakels, als huizen en andere bebouwingen, van rivierbeddingen, het aanwijzen van retentiegebieden om eventuele hoogwaters op te kunnen vangen

voor benedenstroomsgebied en het leeghouden van duinstroken om een minimale duinhoogte te behouden. Een ander bijkomend gevolg van de zeespiegelrijzing is de indringing van zoute kwel naar achtergelegen gebieden en het gebrek aan zoet water om deze gebieden door te spoelen (zie ook hoofdstuk 2).

Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven, is later via een oplegnotitie bij de NW4 ook het onderwerp "Wateroverlast" toegevoegd.

Thema Verdroging

Als gevolg van de jarenlange inpoldering, het laag houden van het grondwaterpeil, en de groei van de vraag naar zoet water door de toenemende bevolking en intensivering van de landbouw, heeft een groot deel van Nederland te kampen met verdroging. Het (gemiddelde) grondwaterpeil is te laag waardoor Nederland door zetting van de bodem steeds verder zakt en vele natuurgebieden worden bedreigd. Als maatregelen hiertegen wordt getracht het water steeds langer vast te houden en is het oppompen van grondwater ten behoeve van landbouw en drinkwater aan steeds strenger wordende regels gebonden. Natte natuurgebieden worden zo goed mogelijk beschermd en er wordt gestreefd naar een betere functieafstemming om de verdrogingsproblematiek aan te pakken.

Thema Emissies/Afwenteling

Bij dit thema gaat het om het schoonmaken én –houden van watersystemen. Met name de diffuse bronnen, afkomstig van landbouw, bouwmaterialen, scheepvaart en atmosferische decompositie, vormen hierbij de aandachtspunten. Het afstemmen van (vervuilende) functies in stroomgebieden is in dit kader een belangrijk hulpmiddel. Zo kan de afwenteling van vervuild water het gunstigst uitgevoerd worden.

5.2.2 Toekomstig ruimtelijk beleid in hoofdlijnen

Naast de Vierde Nota Waterhuishouding is onlangs (januari 2001) ook de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (VIJNO) verschenen. De drie belangrijkste onderwerpen hierin zijn:

- a. Water
- b. Contouren
- c. Deltametropool

De onderwerpen Water en Contouren hebben de meeste invloed op de LOV-functies en omvatten de volgende punten:

Ad a. Water:

1. Veiligheid tegen overstromingen
2. Tegengaan wateroverlast
3. Problematiek ten aanzien van verdroging (en watertekorten)
4. Afwenteling van vervuild water

Ad b. Contouren

Door middel van contouren wordt in de VIJNO voor de komende decennia aangegeven welke functies waar plaats mogen hebben. Er worden voornamelijk drie soorten contouren genoemd:

1. Groen: Sterke zonering van natuurfuncties, hierbinnen mogen zich absoluut geen stedelijke functies vestigen.
2. Rood: Geeft aan waar zich nu en in de toekomst het stedelijk gebied zich mag vestigen. Hierbuiten is absoluut geen uitbreiding toegestaan.
3. Belansgebieden: Overgangsgebieden tussen rood en groen

Wat betreft water in de VIJNO kan geconcludeerd worden dat de thema's veiligheid/wateroverlast, verdroging en afwenteling van vervuild water nauw aansluiten bij de hoofdthema's van de NW4, respectievelijk veiligheid, verdroging en emissies. De contouren bieden op dit moment onvoldoende aanknopingspunten om te gebruiken in de LOV. Daarin is de beschrijving in de VIJNO nog te kwalitatief.

Wel zijn dit de gebieden waar in de toekomst analyses met de LOV gewenst zijn. Hier vindt de strijd om de ruimte plaats, en valt vooraf moeilijk te voorspellen hoe het ruimtelijk beeld zich autonoom ontwikkelt, en hoe daar desgewenst in kan worden bijgestuurd. Instrumenten als de LOV kunnen daarbij een nuttige rol spelen.

5.2.3 Gezamenlijke thema's in ruimte en water

Het is opvallend dat de hoofdthema's uit NW4 en de VIJNO nagenoeg gelijk zijn. Samengevat gaat het hierbij om het volgende lijstje:

1. Veiligheid/wateroverlast
2. Verdroging
3. Emissies/Afwenteling

In de volgende paragraaf wordt beschreven hoe deze informatiebehoefte vanuit het beleid kan worden ingebouwd in de LOV.

5.3 Van informatiebehoefte van beleid naar invoer voor de LOV

De drie thema's uit de vorige paragraaf, hebben een sterke invloed op het landgebruik (in de LOV). Aan de hand van Veiligheid, Verdroging en Emissies/Afwenteling, worden in deze paragraaf de effecten op het bebouwd gebied in de LOV onderzocht. Per thema worden enkele functionaliteiten behandeld en wordt aangegeven wat voor soort aanpassing aan de LOV hiervoor nodig is (toevoegen van geschiktheids- en beleidskaarten en het veranderen van de transitierregels).

5.3.1 Veiligheid/Wateroverlast

Ruimteclaims

Om nu en in de toekomst Nederland zonder hoge investeringen in dijkverhogingen e.d. tegen hoogwater (zowel zoet als zout) te beschermen, moeten bepaalde gebieden langs de grote rivieren en de kust worden vrijgehouden en -gemaakt van bebouwing. Hierbij moet gedacht worden aan:

- Permanente verbreding van het rivier(winter)bed en het aanleggen van nevengeulen om de rivier meer ruimte te geven;
- Aanwijzen van retentiegebieden (calamiteitenpolders) die bij noodgevallen het water tijdelijk kunnen opvangen en waar dus geen hoogwaardige investeringen (dure bebouwing, intensieve landbouw etc.) gedaan mogen worden;
- Het vrijhouden van kuststroken en duinpartijen om het achterliggende land te beschermen en het natuurlijke kuststelsel te beschermen.

Het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) hebben aan de hand van diverse berekeningen twee kaarten hiervoor gemaakt. Eén betreft de zoekgebieden voor de onder a) en b) beschreven maatregelen en de ander geeft de ruimteclaims van de kustzone weer. Aangezien deze ruimteclaims voor de toekomst (en dus ook voor de LOV) zó hard zijn, ligt het voor de hand om deze twee kaarten in de LOV te voeren als **beleidskaarten**. Ze leggen dan een verbod op om in de beschreven gebieden te bouwen. De nieuwe vrij te maken stukken land kunnen echter wel een andere functie gaan vervullen. Hierbij moet gedacht worden aan Natte Natuur vlak naast de rivier en extensieve landbouw als grasland verderop (bijv. in de retentiegebieden).



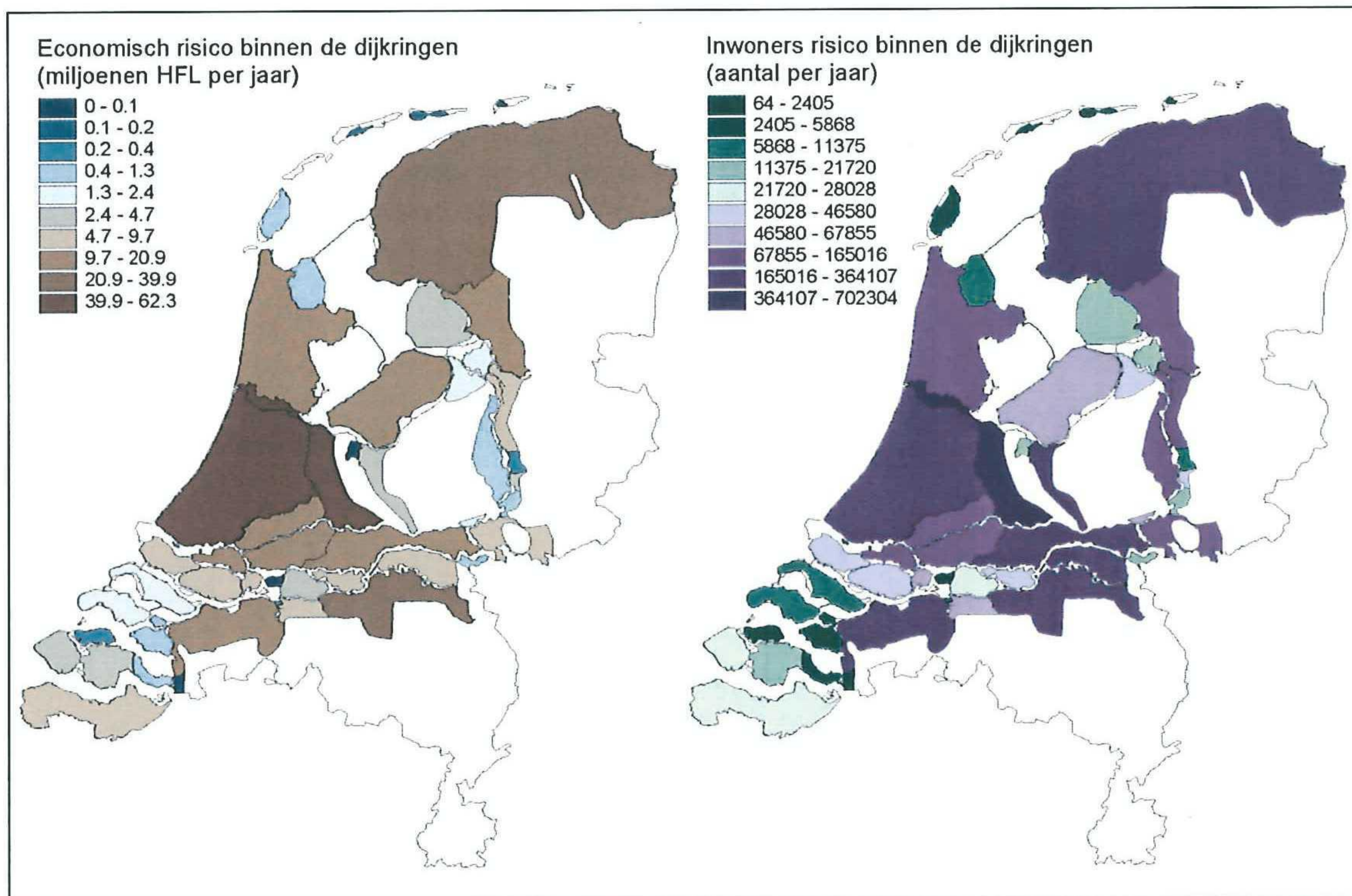
Figuur 26: Zoekgebieden veiligheid

Risico bij overstromingen.

In Nederland zijn grote stukken land beschermd tegen hoogwater en overstromingen door middel van dijken. Dit is historisch zo gegroeid. Een omdijkt gebied kan met dijken beschermd worden tegen een hoogwatersituatie die zich eens in de x jaar voordoet. De bescherming (lees: de overstromingsfrequentie) wordt bepaald door de waarde die de dijken moeten beschermen. Zo is in de dichtbevolkte en economisch waardevolle Randstad de dijkhoogte ingesteld op een overstromingsfrequentie van 1 op de 10.000 jaar.

Risico

Er blijft zodoende altijd een zeker risico in een omdijkt gebied aanwezig. Risico is immers de kans op voorkomen maal het gevolg (van een overstroming). Hierdoor kan het risico voor goed beschermde, waardevolle gebieden even hoog zijn als een minder waardevol gebied met lagere dijken. De gevolgen van een overstroming voor de ingedijkte gebieden van Nederland zijn door het RIZA weergegeven in een kaart met de economische waarde en aantal inwoners per dijkkring. De waarden in deze figuren 27 en 28 geven respectievelijk het aantal guldens en inwoners per jaar aan. Dit is het resultaat van de vermenigvuldiging van de overstromingsfrequentie van een dijkkring (1 keer per X jaar) en de waarde die zich binnen dat gebied bevindt (hetzij in guldens, hetzij in inwonersaantal).

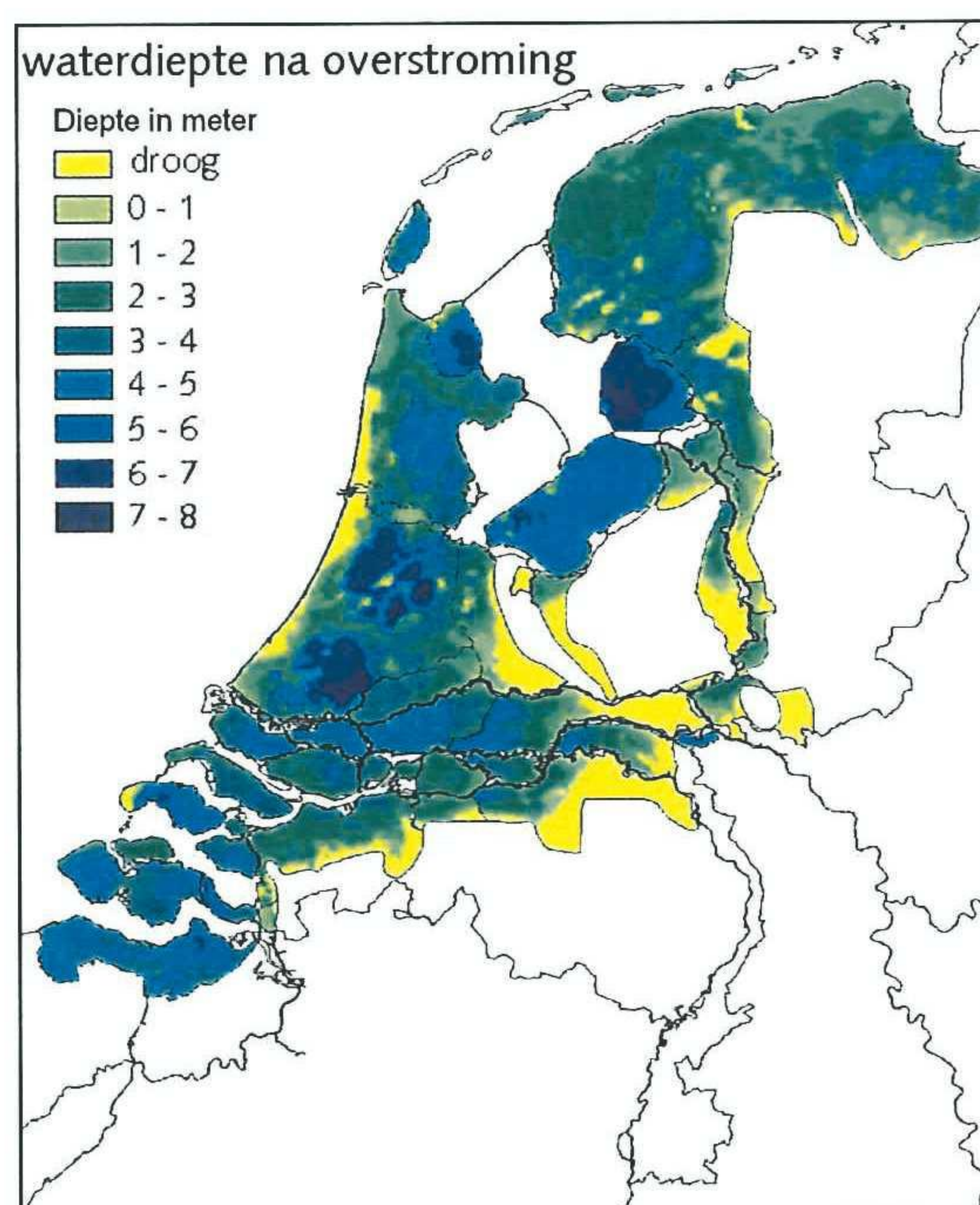


Figuur 27: Economisch Risico in Hfl per jaar

Figuur 28: Inwoners Risico in Aantal personen/jaar

N.B.: Formeel gezien zouden de getallen in de figuren gezien kunnen worden als een soort reservering die gemaakt moet worden om bij een eventuele overstroming het verloren goed opgespaard te hebben. Bij een (economische) investeringswaarde is dit makkelijker voor te stellen dan bij een aantal mensen.

Bij een dijkdoorbraak komt een gebied niet over de gehele oppervlakte onder een gelijke laag water te staan. Sommige stukken liggen ten opzichte van N.A.P. dieper dan andere. Op figuur 29 is een andere kaart van Rijkswaterstaat (Dienst Weg- en Waterbouwkunde) met de overstromingsdiepte aangegeven. Deze kaart levert, gecombineerd met de twee hierboven beschreven risicokaarten, een goed beeld op van de risico's bij een dijkdoorbraak.



Figuur 29: Geschiktheidskaart Overstromingsdiepte

Spreiding

Volgens de laatste inzichten in het waterbeheer (stijgende zeespiegel, extremere afvoeren) nemen de kansen op overstromingen bij gelijkblijvende dijkhoogte toe. De (centrale) overheden kunnen, uit het oogpunt van overstromingsrisico, hierop op twee manieren reageren.

- a. Ophogen Dijken
- b. Spreiden nieuwe investeringen en inwoners (uitbreiding bebouwd gebied)

Ad a.: Het ophogen van de dijken is zeer lastig en kostbaar. Lastig vanwege de omgeving die zich aan de dijken hebben aangepast, waardoor er geen ruimte meer is voor dijkverhogingen. Kostbaar door de grote afstanden waarover ophogingen plaats moeten vinden. Dit zou immers in de honderden miljarden lopen.

Ad b.: Spreiden van uitbreidingen is een optie die (wellicht) eenvoudiger uitgevoerd kan worden. De Overheid kan door subsidieregelingen en restrictief beleid proberen de aanleg van nieuwe woon- en werklocaties zoveel mogelijk in gebieden met een lager risico onder te brengen. Een dergelijke oplossing zou het Nationaal Belang ("de B.V. Nederland") dienen.

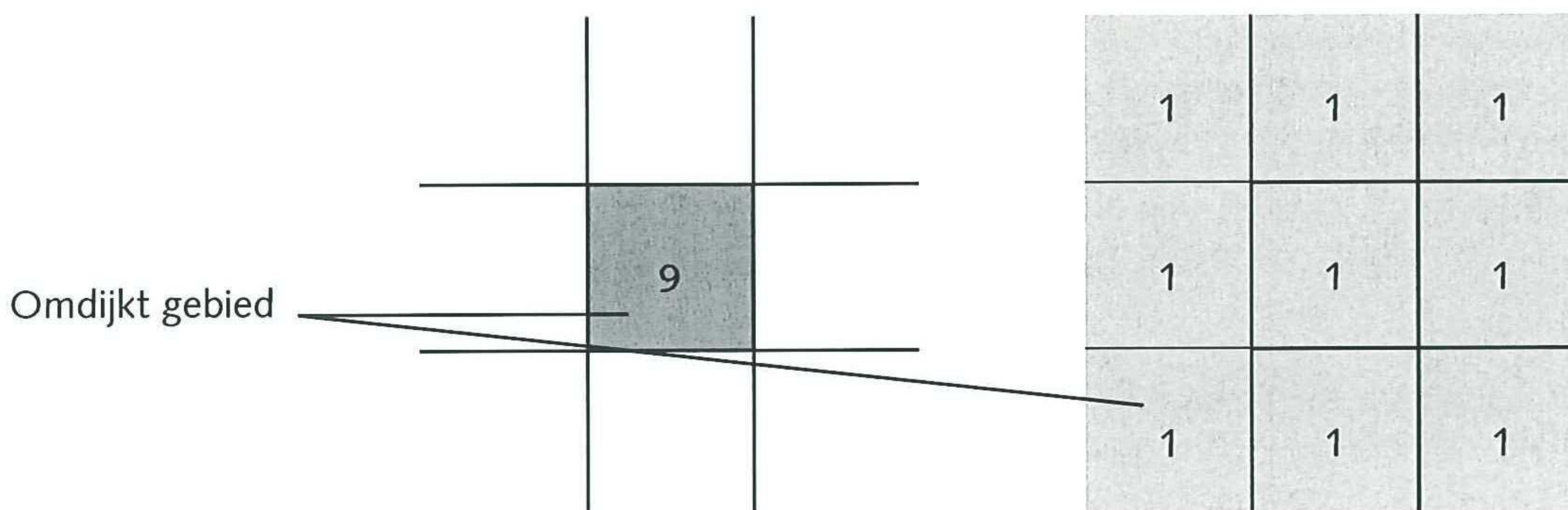
Beleid als geschiktheid

Spreiden van risico is (dus) een maatregel die een centrale overheid zou kunnen nemen. De LeefOmgevingsVerkenner biedt bij het invoeren van beleidskaarten echter niet de mogelijkheden om schakeringen toe te voegen: het is toegestaan of niet (1 of 0). Om deze reden is ervoor gekozen om het risicoaspect, zoals dat hierboven uitgewerkt is, aan de LOV toe te voegen als **geschiktheidskaart**. Op geschiktheidskaarten kan immers aan elk legenda-item een bepaald gewicht gegeven worden. In dit geval zijn de gebieden met het hoogste risico (een combinatie van de 3 risico-kaarten) minder "geschikt" voor de uitbreiding van bebouwd gebied.

Compact bouwen

Een andere term die in relatie tot het thema Veiligheid en bebouwd gebied regelmatig valt is het zogenaamde "Compact Bouwen". In het kort komt dit op het volgende neer: Bij het inrichten van een bepaald stuk onbebouwd gebied (zeg: drie bij drie cellen (1500x1500m²)), heeft men doorgaans de keuze om bebouwing (zeg: negen percelen) verspreid of compact aan het gebied toe te kennen. Dit kan op verschillende manieren. Vanuit het oogpunt van het waterbeheer is een compacte inrichting hierbij te prefereren boven de verspreide variant. Hiervoor zijn twee redenen aan te geven:

- a) Het behouden van de geschiktheid tot het inrichten als retentiegebied of calamiteitenpolder van een locatie. De aanwezigheid van één of twee stuks bebouwing maakt een stuk land namelijk al ongeschikt om in tijd van nood onder water te laten lopen.
- b) Het te beschermen (c.q. te bedijken) gebied is bij compact bouwen een stuk kleiner. Dit betekent uiteraard ook lagere kosten (zie figuur 30). N.B.: Overige kosten als de lengte van het riool- en wegennetwerk zijn door deze hogere bouwconcentraties ook lager.

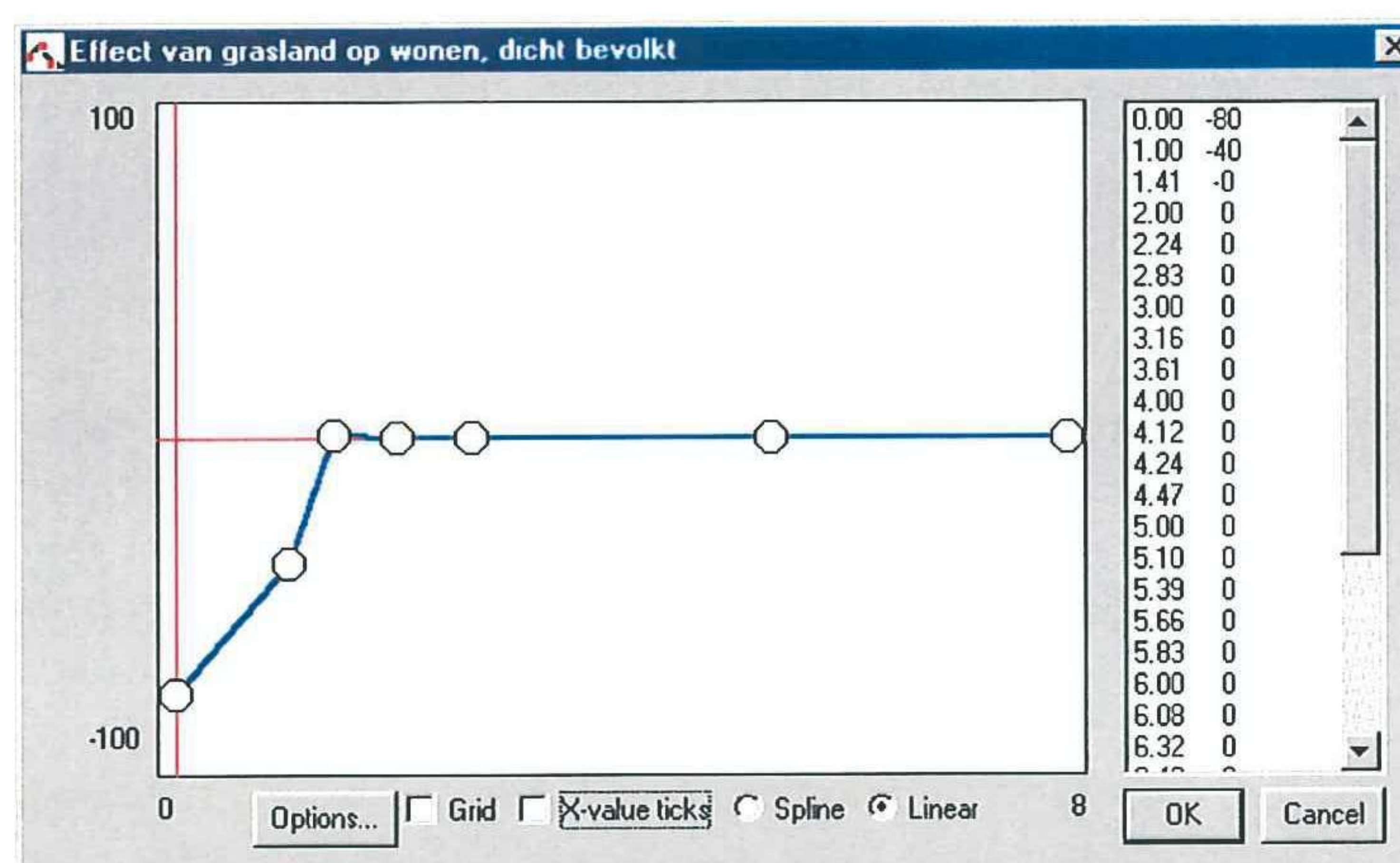


Figuur 30: Compact vs. gespreid bouwen.

Het verdient dus de voorkeur om nieuwbouw bij elkaar én in de buurt van bestaand bebouwd gebied te bouwen (zoveel mogelijk aaneengesloten).

Aangezien dit soort processen gebaseerd is op afstandsgerelateerde relaties tussen cellen, ligt het voor de hand om de **transitieregels** van het Cellulaire Automata model aan te passen. Hiermee kan een negatief effect van Grasland en Natte Natuur (de twee LOV-functies waarvan aangenomen kan worden dat ze als eerste in aanmerking komen voor calamiteitenpolder en/of retentiegebied omdat de schade bij overstroming relatief laag is en/of omdat ze onbedijkt zijn) op bebouwd gebied ingevoegd worden. Het verwachte gevolg is dat bebouwde functies zich minder snel uitbreiden op Grasland en Natte Natuur, en eerder op de cellen met overige landbouwfuncties (landbouw is namelijk de "ruimtevoorraad" voor uitbreiding van bebouwd gebied in de LOV).

Om het gewenste effect te verkrijgen worden aan de transitierregels op de afstanden 0 en 1 cel (op zichzelf en de aangelegen cel) een negatieve waarde toegekend. Een voorbeeld van een dergelijke aanpassing is te zien in figuur 31, waar het effect van Grasland op Wonen dicht afgebeeld is.



Figuur 31: Voorbeeld van Effect van Natte Natuur op wonen, dun bevolkt voor de LOV-water.

5.3.2 Verdroging

Economische Geschiktheid

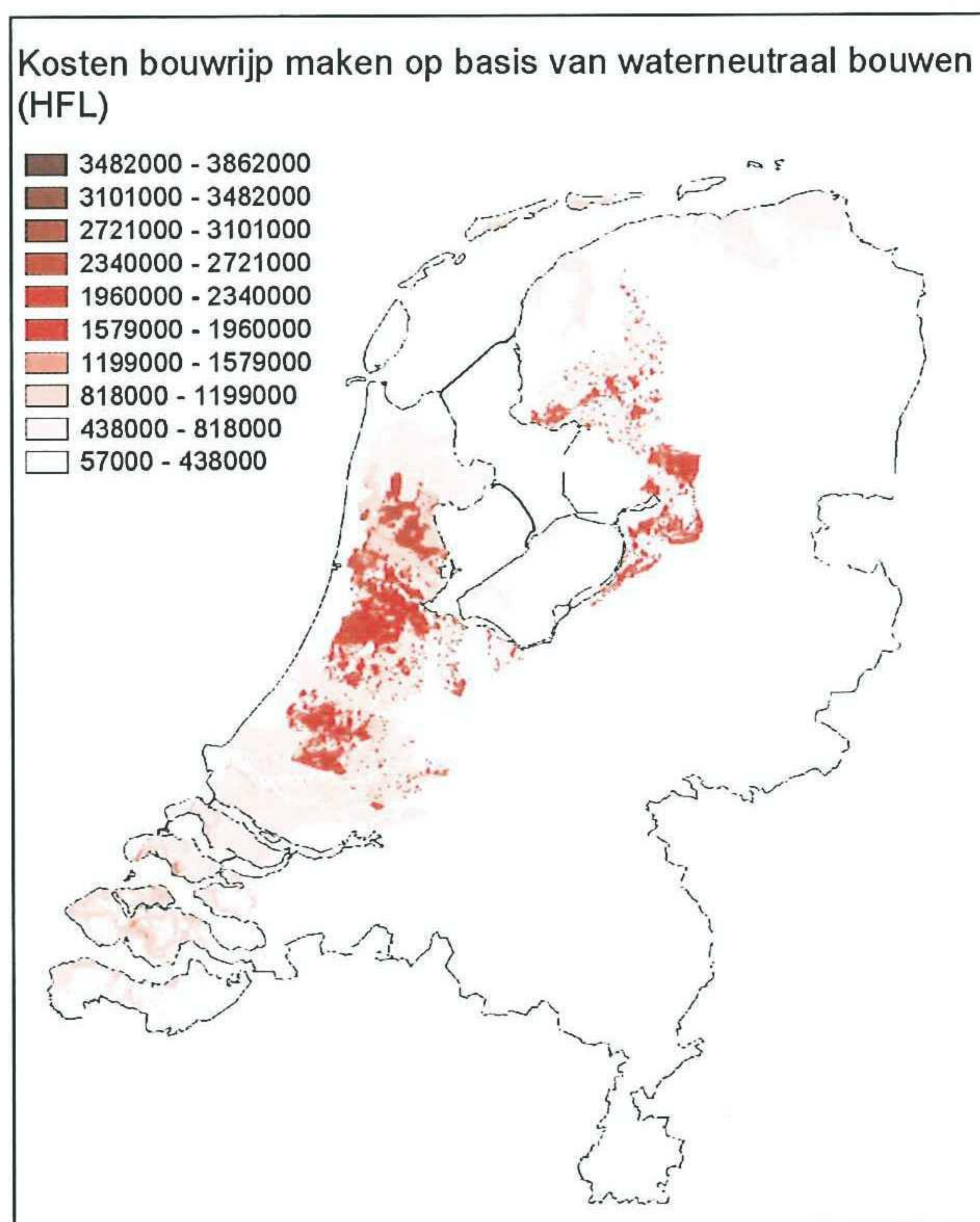
Een methode om de relatie verdroging en bebouwd gebied te beschouwen is na te gaan in hoeverre een bepaald terrein geschikt is om te bebouwen volgens het principe van "Waterneutraal" bouwen. Waterneutraal bouwen zorgt namelijk voor voldoende infiltratie van regenwater, het vasthouden van het water en het tegengaan van gebiedsvreemd water. Dit in tegenstelling tot het traditionele bouwen, waarbij gebruikt gemaakt werd van grote verharde gebieden (wegen, straten, daken, etc.) die afwaterden naar rioolwaterzuiveringsinstallaties, waarna het water op oppervlaktewater geloosd werd. Het afstudeerwerk van Anton Snijders², "Water als Sturende Factor - een methodiek voor de lokatiekeuze van een stedelijke uitbreiding" geeft een manier om de geschiktheid van een gebied te beoordelen. Hij doet dit vanuit twee invalshoeken:

- a) Natuurlijke geschiktheid: aan de hand van een groot aantal parameters wordt de natuurlijke geschiktheid van een locatie bepaald. De gebruikte parameters zijn:
 - Afwenteling: de plek van de locatie in het stroomgebied en het afvoeren van het afvalwater.
 - Draagkracht, begaanbaarheid en zettingsgevoeligheid: afhankelijk van de opbouw van de grond en de ligging ten opzichte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)
 - Mogelijkheid tot berging: hier spelen de doorlatendheid en de bergingscapaciteit en de potentiële berging in oppervlaktewater een belangrijke rol.
- b) Economische geschiktheid: de benodigde inspanning om een gebied op een waterneutrale manier bouwrijp te maken uitgedrukt in guldens. Met het uitgangspunt dat in principe elk gebied bouwrijp te maken is, wordt aan de hand van de gemiddelde hoogste grondwaterstand en de diepte van de draagkrachtige laag voor de drie belangrijkste bodemsoorten (veen, klei, zand), de inspanning voor bouwrijp maken uitgedrukt in guldens.

Op basis van beide methodieken kan een **geschiktheidskaart** voor de LOV gemaakt worden, waarop aangegeven wordt in hoeverre een gebied geschikt is om te bebouwen. Vanwege de complexiteit van de bewerkingen, het verkrijgen van de benodigde gegevens (in GIS-vorm) en het feit dat de politiek en samenleving het meest geïnteresseerd zijn in de kosten van een maatregel, is in dit rapport gekozen voor de economische geschiktheid.

De methodiek voor het bepalen van de inspanning van bouwrijp maken in guldens staat in verkorte vorm in Bijlage 5.2. Omdat het verhaal over de natuurlijke geschiktheid ook relatie heeft met de economische geschiktheid, is ook hiervan een samenvatting opgenomen in de bijlagen (Bijlage 5.1). Het belangrijkste resultaat van deze bewerking is de kaart waarop de kosten voor bouwrijp maken per hectare afgebeeld staan (figuur 32). Deze kaart is ook in LOV opgenomen.

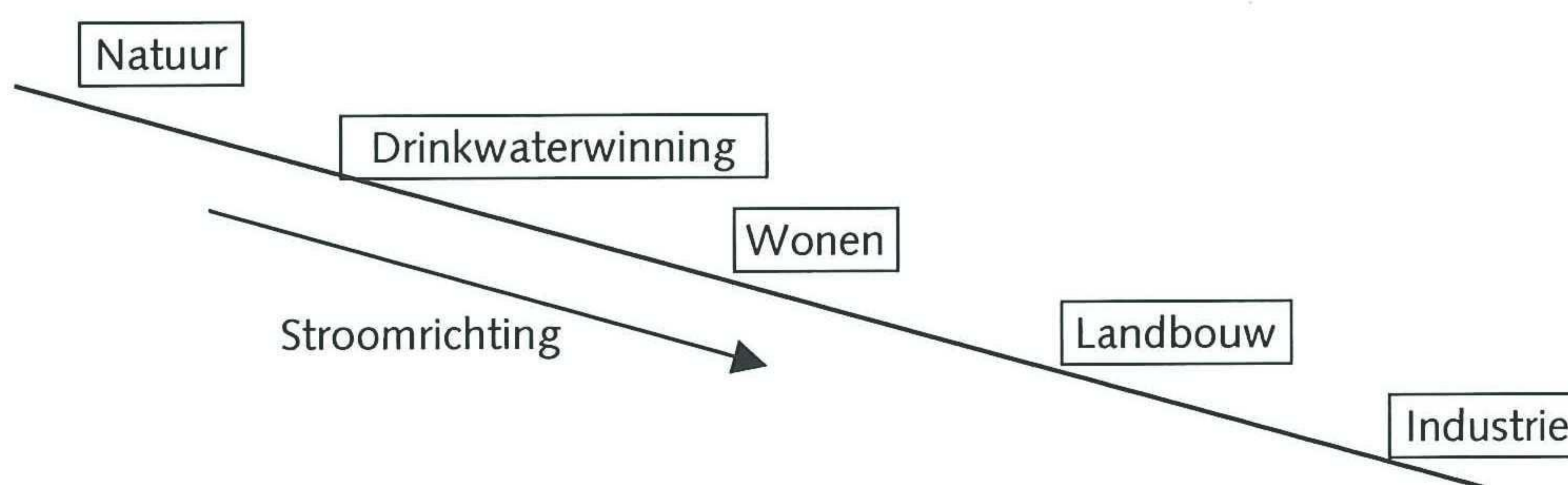
² Afstudeerder TU Delft, Civiele Techniek, richting Waterbeheer, Milieu- en Gezondheidstechniek, 1998.



Figuur 32: Kosten bouwrijp maken (Hfl/ha.)

5.3.3 Emissies/Afwenteling

Bij de toelichting op de Natuurlijke geschiktheid voor bebouwen in de vorige paragraaf (en in de Bijlage 5.1) is de term "Afwenteling" al ter sprake gekomen. Hiermee wordt bedoeld de belasting van schadelijke stoffen van een, in een stroomgebied, hoger gelegen functie op een lager gelegen functie door middel van (grond)waterstromen. Volgens de Optimale Schakeling van S.P. Tjallingii³ zou de volgorde in een stroomgebied moeten zijn als onderstaande figuur:



Figuur 33: Optimale Schakeling volgens Tjallingii

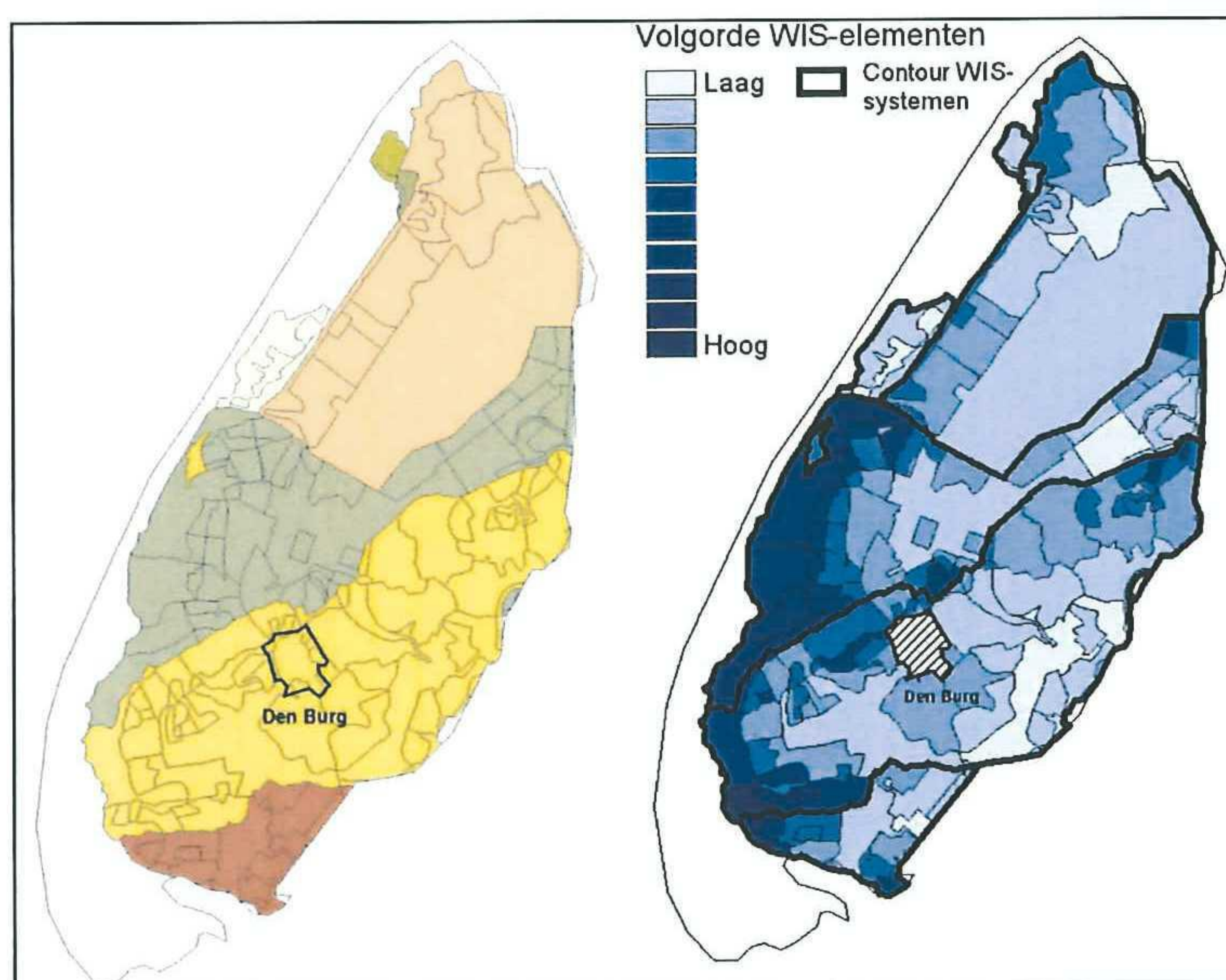
Volgens dit principe moet bebouwd gebied (en Landbouw) benedenstrooms van Natuur en Drinkwaterwinning liggen. Om de (relatieve) schadelijke vervuiling van bebouwd gebied in het LOV-proces mee te kunnen nemen, zou een kaart met de gunstigste ligging volgens het afwentelingsprincipe toegevoegd kunnen worden. Dit zou, in LOV-termen, dan moeten gebeuren door middel van een **beleidskaart**; hiermee zou immers een verbod op sommige activiteiten in de kwetsbare gebieden opgelegd kunnen worden.

³ dr. S.P. Tjallingii, werkzaam bij Alterra.

De "afwentelingskaart" is gemaakt met als uitgangspunt de WIS-kaart. De WIS-kaart kent twee niveaus: Systemen en Elementen. De systemen zijn grotere eenheden waarin al het water dat ontvangen wordt, uitgeslagen wordt naar het Hoofdwater (grote rivieren, IJsselmeergebied, rijkswateren in de Delta en de zee) . Een systeem bestaat uit een (groot) aantal elementen. Het water dat in een element A opgevangen wordt, stroomt af naar een volgend element B. Het water in dit element stroomt weer af naar een lager gelegen element, totdat het water op het Hoofdwater geloosd wordt. Tussen de afwateringsystemen onderling vindt geen uitwisseling plaats.

De volgorde van de elementen en dus de afstroming staat op de WIS-kaart aangegeven. De hogere nummers geven het ontvangen water af naar de lagere, totdat het laagste cijfer (1,2, of 3) in een element bereikt is. Als een element de waarde 9 heeft, betekent dit dat een "druppel" nog door 9 elementen moet voordat het kan uitmonden in Hoofdwater

De nummering voor de elementen is per systeem opgesteld. Op deze manier is het duidelijk gemaakt dat water niet over systeemgrenzen heen kan stromen. Als voorbeeld van een systeem en de elementen is het onderstaande kaartje van Texel toegevoegd. Daarop is links de onderverdeling in WIS-systemen te zien en rechts de onderliggende WIS-elementen, waarbij donkerblauw op een hoge fasering (boven) duidt en lichtblauw een lage fasering (beneden).

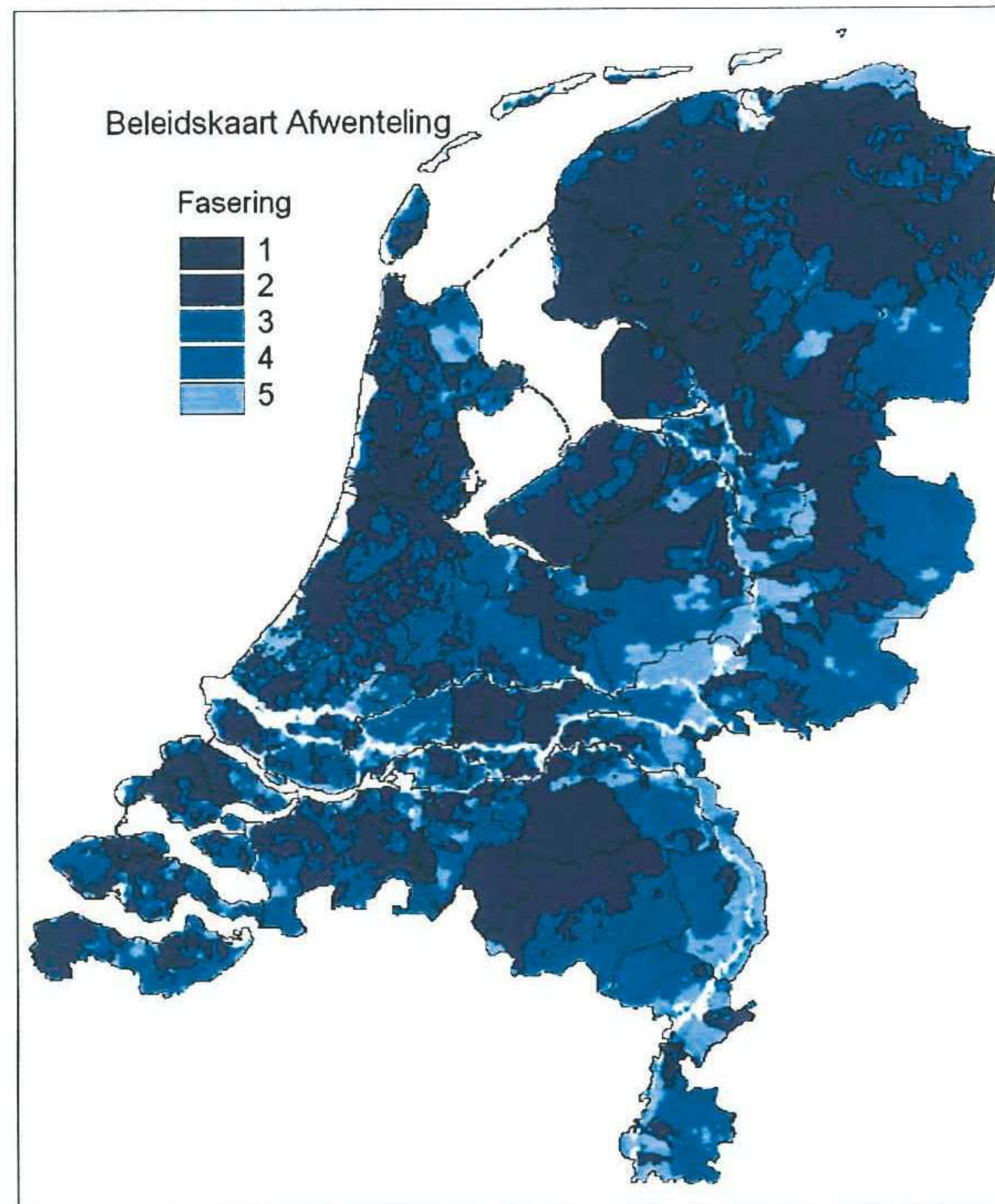


Figuur 34: Voorbeeld WIS-sytemen (links) en -elementen (rechts) voor Texel.

Door de WIS-kaart per systeem nu slim in te delen in 5 klassen, wordt een kaart verkregen met daarop de meest geschikte locatie van een functie volgens het Schakelingsprincipe van Tjallingii (1= geschikt voor industrie en 5 voor natuur). In het kort is de indeling is als volgt gemaakt:

- 1) Als eerste zijn alle elementen (per systeem) hergenummerd naar een volgorde met opeenvolgende fasenummering (1,2,3,4,5,...). Dit is nodig omdat het voor kan komen dat een element via meerdere elementen kan afstromen, dit element krijgt dan als fasenummer het hoogste aantal fases.
- 2) Vervolgens zijn de elementen, per systeem, opgedeeld naar de 5 functietypen. Dit gebeurde door te delen door 5 en af te ronden naar hele getallen.
- 3) Voor de systemen waar minder dan 5 fasen aanwezig zijn, is een speciale regel aangemaakt, die zorgt voor een herindeling. Bijvoorbeeld bij 4 fasen, is Natuur en Drinkwater samengenomen.

Het resultaat (de kaart) kent nu de waarden 1 tot en met 5, waarbij 1 het meest geschikt is voor industrie en 5 voor natuur (zie figuur 35). Deze kaart is overigens vergrid naar het 500m raster van de LOV. Hierdoor kunnen enkele fijne faseverschillen, die in de oorspronkelijke WIS-kaart wel aanwezig zijn, wegvallen. Middels de Overlay-tool kan de afwentelingskaart nu toegevoegd worden aan de LOV (zie ook Bijlage 4.5).



Figuur 35: Beleidskaart Afwenteling op basis van hydrologische afstroming

Omdat de LOV meer functies kent dan erin de optimale schakeling van Tjallingii opgenomen zijn, is voor het gebruiken van de kaart in de LOV een herverdeling van de functies nodig. Deze is als volgt:

Tjallingii	5. Natuur	4. Drinkwaterwinning	3. Wonen	2. Landbouw	1. Industrie
LOV	Natte Natuur Droge Natuur Bos		Wonen Dicht Wonen Dun Sociaal Cultureel Diensten Recreatie	Akkerbouw Overig Agrarisch Grasland	Bedrijfsterrein Glastuinbouw

Tabel 5: Herverdeling LOV-functies naar 5 klassen van Tjallingii

Enkele opmerkingen bij de herverdeling:

- Glastuinbouw onder 5. Wonen: Aangezien er vanuit de glastuinbouw (nog steeds) een grote hoeveelheid bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater terechtkomt en in de bodem infiltreert), kan een kassengebied beschouwd worden als een industriegebied.
- Grasland onder 4. Landbouw: Op deze graslanden is het aannemelijk dat er veeteelt bedreven wordt. Diffuse lozingen van nitraat en fosfaat zijn hiervan het bijverschijnsel, met als gevolg een zware vervuiling van het grondwater.
- Recreatie onder 3. Wonen: Omdat recreanten (van elke vorm) vaak een vervuilende factor zijn (achterlaten afval, loze olie van motorboten, etc.) is het reëel om deze even vervuilend in te schatten als 3. Wonen.

5.4 Relatie water – overig landgebruik in de LOV

In dit onderzoek is met name de relatie water - bebouwd gebied beschouwd. Uiteraard hebben de veranderingen in het waterbeheer ook invloed op ander landgebruik. In deze paragraaf wordt kort ingegaan op de effecten op de landbouw, op natuur en op overig landgebruik.

Effecten op landbouw

In de functieomschrijvingen van hoofdstuk 3 is naar voren gekomen dat de landbouw meestal de leverancier van ruimte aan andere, dynamische functies is. Dit komt onder andere voort uit het beleid dat in de VIJNO en de NW4 geschetst is, maar ook uit de geschiedenis van de ontwikkeling van het bebouwd gebied in Nederland. Zodoende zal door de processen die uit de effecten op bebouwd gebied voortkomen (zie vorige paragrafen), onder invloed van het nieuwe beleid vaak meer richting een, ten aanzien van waterbeheer, geschikter gebied getrokken worden om in de behoefte van bijvoorbeeld bedrijfsterreinen en woonruimte te voorzien.

Los van deze indirecte effecten ondervindt de landbouw zelf ook de gevolgen van de veranderingen in het Waterbeheer. Vanuit het thema Veiligheid betekent dit dat op sommige locaties de landbouw ruimte moet maken voor de rivier, bijvoorbeeld wanneer er sprake is van verbreding van het rivierbed of het aanleggen van nevengeulen. Ontwikkeling van natte natuur zou in dit soort gevallen wel tot de mogelijkheden behoren. In het geval van de aanleg van retentiegebieden (of calamiteitenpolders), kan de oorspronkelijke landbouwfunctie ook veranderen, maar dat hoeft niet. Grasland en/of extensieve veeteelt kan namelijk prima in noodgevallen dienen als noodoverlaatgebied voor een watersysteem. Door de zoekgebiedenkaart van het RIZA te gebruiken als geschiktheidskaart kan op de plekken, waar vanuit het beleid geen intensieve functies mogen plaatshebben (dit kunnen zowel bebouwd gebied of intensieve landbouw betreffen), het ontstaan van extensieve functies gestimuleerd worden.

Voor de akkerbouw, een belangrijk onderdeel van de Landbouw, is een juiste hoeveelheid vocht en een geschikte waterkwaliteit zeer belangrijk. Sommige gewassen kunnen met minder water af dan andere en andere zijn heel gevoelig voor het zoutgehalte van de bodem waarop ze verbouwd worden. Om deze redenen wordt verwacht dat gewassen vanwege de op handen zijnde verdroging en stijgende zeespiegel in sommige gebieden niet meer verbouwd kunnen worden, of dat zij plaats moeten maken voor een geschikter gewas. Bij het RIZA heeft men al uitgebreid onderzoek gedaan naar de veranderingen van het grondwater in Nederland. Voor de grondwaterstand en de verzilting zijn prognoses gemaakt, die ook beschikbaar zijn in de vorm van digitale kaarten. Dit zou de invoer kunnen zijn van een nieuw mechanisme in de LOV dat bepaald in welk gebied welk soort akkerbouw bedreven kan worden.

Het probleem bij het inbouwen van een waterafhankelijke landbouw is dat op dit moment de LOV maar 3 soorten landbouw onderscheidt: Overig Agrarisch, Grasland, Akkerbouw (Glastuinbouw, als bebouwd gebied functie buiten beschouwing gelaten). Om een waterafhankelijk akkerbouwmechanisme te introduceren, moeten eerst ongeveer 6 á 10 verschillende gewassen als afzonderlijke functies ingevoerd worden. Dit is een aanpassing aan de LOV die niet door een "normale" gebruiker gemaakt kan worden, maar enkel door de ontwikkelaars, RIKS te Maastricht. De mogelijkheden hiertoe worden op moment van dit schrijven met de ontwikkelaar van de LOV, besproken.

Effecten op Natuur

Waar andere functies naast rivieren en langs kusten plaats moeten maken voor het water, ontstaan kansen voor natte natuur om zich te ontwikkelen. Het (winter)bed van een rivier dat regelmatig onder water staat levert de ideale leefomstandigheden voor zeldzame en waardevolle flora en fauna. Aan de andere kant komt de meeste (uitgesproken) droge natuur voor op de hoger gelegen gebieden als de oude stuwwallen (Veluwe, Utrechts Heuvellandschap) en de zeeduinen. De ruimteclaims van de kustzone (zie ook de paragraaf 5.3.1 Veiligheid/Wateroverlast), die voorkomen dat er zich ter plekke van de bedreigde kustgebieden intensieve functies gaan vestigen, bieden de gelegenheid om het areaal droge natuur uit te laten breiden. In de LOV ligt het dus voor de hand om beide beleidskaarten, de Zoekgebiedenkaart en de Kaart met de Ruimteclaims voor de Kustgebieden, voor respectievelijk Natte en Droge Natuur als geschiktheidskaarten in te bouwen.

Effecten op overige functies

Uiteraard heeft het waterbeheer ook invloed op de functies in de LOV die hier niet ter sprake zijn gekomen. Deze relaties hebben echter een minder grote invloed op de inrichting van Nederland en zouden daarom geen tot nauwelijks invloed hebben op de functietoekenning van de LOV.

5.5 Conclusies toevoeging water in de LOV

In dit hoofdstuk is bekeken welke waterrelaties er volgens het beleid aan de LeefOmgevingsVerkenner toegevoegd kunnen worden, of dit mogelijk is en zo ja hoe. Concluderend kan gesteld worden dat het mogelijk is het nieuwe functionaliteiten aan het model toe te voegen die de beleidsmaker kan helpen bij het uitwerken van nieuwe c.q. gewenste beleidsopties.

Het is echter gebleken dat het soms lastig om een fysiek/dynamische factor als water toe te voegen met het huidige LOV-instrumentarium. In deze gevallen is er gebruik gemaakt van een "getruce" manier van aanpassen. Dit is onder andere nodig geweest bij het toevoegen van het risicoaspect, waar een beleidsingreep ingevoegd moest worden als geschiktheidskaart (vanwege ontbreken schakeringsmogelijkheid beleidskaarten; zie paragraaf 5.3.1). Ook het uitwerken van een dynamisch waterconcept als afwenteling kon, middels een inventief gebruik van de WIS-kaarten, in de vorm van een beleidskaart aan het model opgelegd worden.

Of de toegevoegde functionaliteit ook zinvolle resultaten oplevert, is echter niet op voorhand te zeggen. Dat wordt in het volgende hoofdstuk onderzocht.

6 Analyse en Toepassingen Water-LOV

Dit hoofdstuk geeft aan in hoeverre een ruimtelijk model in staat is om te assisteren bij water - ruimtelijke ordening problemen. De effecten van een bepaalde waterhuishoudkundige ingreep in de ruimte volgens de uitkomsten van het model worden bestudeerd. Om dit te kunnen doen, wordt de LeefOmgevingsVerkenner aan een zogenaamde gevoeligheidsanalyse onderworpen.

De wijze waarop dit gedaan wordt, is in grote lijnen afgeleid van het rapport "Vloeiend Modelleren in het Waterbeheer – Handboek Good Modelling Practice (GMP)"⁴. Hierin wordt het modelleringsproces van begin tot eind in de vorm van een stappenplan beschreven. Het handboek is specifiek bedoel voor Watermodellering maar kent een algemene opzet, waardoor het ook voor andere computermodellen te gebruiken is. In het Handboek komt ook de analyse van een model aan de orde.

Er wordt gekeken zowel naar kaartbeelden van heel Nederland als van een bepaald gebied. De regio Arnhem – Nijmegen en omstreken wordt bijvoorbeeld regelmatig behandeld als case-regio. Hier worden namelijk in de (nabije) toekomst conflicten verwacht tussen waterbeheer en ruimtelijke ordening. Waar het wenselijk wordt geacht, wordt een ander of groter studiegebied beschouwd.

Het hoofdstuk van het GMP dat dat behandelt, wordt in paragraaf 6.1 Aanpak Gevoeligheidsanalyse kort belicht. Ook wordt hier aangegeven welke onderdelen van toepassing én van nut zijn bij de gevoeligheidsanalyse van de LOV.

In § 6.2 en § 6.3 wordt de gevoeligheidsanalyse zélf behandeld. Hierbij wordt de gevoeligheid van het model voor enkele aanwezige functionaliteiten bekeken, maar vooral de gevoeligheid met betrekking tot de nieuwe (water-)functionaliteiten. In deze paragrafen komen diverse analysemethoden uit het Handboek GMP aan de orde en wordt per methode aan de hand van een te bepalen toetscriterium een vergelijking gemaakt. Tenslotte worden in § 6.4 de resultaten in een algemene conclusie besproken.

⁴ Gezamenlijk ontwikkeld door het RIZA, Waterloopkundig Laboratorium/Delft Hydraulics, TNO, Stichting Onderzoek Water (STOWA), Landbouw Universiteit Wageningen, DLO – Staring Centrum

6.1 Aanpak gevoeligheidsanalyse

De invloed van de nieuwe water-functionaliteiten is, zoals gezegd, te bepalen aan de hand van een gevoeligheidsanalyse van de LOV-water. Bij de uitvoering van de analyse is als leidraad het handboek Good Modelling Practice genomen.

Daar dit handboek in principe geschreven is voor modelleren in het waterbeheer, is een selectie en aanpassing vereist. Het "standaard" stappenplan en de benodigde wijzigingen voor de LeefOmgevingsVerkenner zijn in deze paragraaf opgenomen en uitgewerkt. Dit aangepaste stappenplan is tevens een opstap naar paragraaf 6.3, waarin de eigenlijke gevoeligheidsanalyses uitgevoerd worden.

Handboek Good Modelling Practice

Het Handboek Good Modelling Practice is, volgens de doelstelling, gemaakt "om te stimuleren dat op een juiste manier wordt omgegaan met modellen". Het biedt een lijst van richtlijnen welke ervoor moeten zorgen dat de reproduceerbaarheid en overdraagbaarheid van modelstudies verbeterd worden. Alhoewel het ontwikkeld is voor het modeleren in waterbeheer is de opzet dusdanig breed dat het ook toegepast kan worden op andere modellen. Samenvattend is het doel van het Handboek:

- een aanzet te geven voor richtlijnen ten aanzien van modelgebruik die door alle betrokkenen partijen in het waterbeheer worden gedragen;
- een zorgvuldiger gebruik van modellen in het waterbeheer te initiëren;
- de reproduceerbaarheid en overdraagbaarheid van modelstudies te verbeteren.

Het Handboek is daarbij vooral bedoeld ter ondersteuning van de modelleur. Alle belangrijke stappen in het modelleerproces komen aan de orde.

Het hoofdstuk "Analyseren van een model" staat in het GMP ná het hoofdstuk waarin het model opgezet wordt (van het ontwikkelen, maken en verifiëren van het model) en vóór het gebruiken van het model. De volgende stappen in het analyseproces, waar de gevoeligheidsanalyse een deel van is, worden in het handboek beschreven. De stappen uit het Handboek staan opgesomd achter een H, de desbetreffende aangepaste stap achter een L.

A. Globale analyses

- H Run met standaard versie invoer. Dit is een eenvoudige case waarbij de modelleur reeds van tevoren weet wat eruit zou moeten komen.
 - L De uitkomst van deze run zal als uitgangs- en vergelijkingspunt gebruikt worden bij het vervolg van de analyse. Het is dus van belang dat dit goed uitgevoerd wordt. Als standaard scenario wordt het Vigerend beleidsscenario aangehouden, dat reeds beschreven staat in paragraaf 4.5.
- H Globaal gedrag test. Het veranderen van het model of stuurvariabelen en kijken of er voldaan wordt aan het te verwachte beeld.
 - L Tijdens een eerste berekening met de LOV-Water, zouden al enkele verschillen te zien moeten zijn, in vergelijking tot de standaard run. Bij deze test worden alle nieuwe functionaliteiten ingevoegd met gemiddelde zwaartefactoren.
- H Controle van de massabalansen; desnoods handmatig massa- of energiebalans van het watermodel controleren.
 - L Dit is voor de LOV niet uit te voeren, omdat dit alleen van toepassing is voor watersystemen. Wel zou het nuttig kunnen zijn om voor dit soort ruimtelijke modellen een soort van controle uit te voeren op de grondbalans (het totale landoppervlak van Nederland). In de LOV is echter al een mechanisme ingebouwd dat dit regelt.
- H Robuustheidstest: De gevolgen bekijken na het invoeren van extreme waarden. Wanneer loopt het model vast of gaat het ongewenst gedrag vertonen?
 - L De LOV kent in feite geen restricties voor de invoermogelijkheden. Naarmate de gebruiker dat wenselijk acht, kunnen diverse functionaliteiten toegevoegd en de parameters veranderd worden. Het is dus niet waarschijnlijk dat het model "vastloopt". Het is wel interessant om bij het invoeren van extreme waarden voor de nieuwe functionaliteiten (alle tegelijk), te bekijken wat de effecten zijn in vergelijking met de standaard run.

B. Gevoeligheidsanalyses

Het systematisch testen van het modelgedrag voor veranderingen in de invoer, initiële condities en parameters. Het geeft informatie over de nauwkeurigheid van deze drie modelaspecten.

Er zijn diverse manieren om een analyse uit te voeren. Het GMP behandelt de volgende, meest gebruikte:

- H Analytisch: Resultaten bekijken naar aanleiding van veranderde functionaliteiten op een wiskundig analytische wijze.
 - L Toetsen van de werking van de LOV op analytisch wiskundige wijze is voor de LOV niet mogelijk. Vanwege de vele modelonderdelen op verschillende niveaus is het niet mogelijk om berekeningen analytisch uit te voeren.

- H Afzonderlijk variëren van een aantal als onafhankelijk veronderstelde factoren: Hierbij wordt telkens één factor tegelijk veranderd.
 - L Dit is de klassieke manier om de invloed van de nieuwe (en oude) functionaliteiten te vergelijken. In het kader van de LOV is het ook de meest geschikte. Voor diverse scenario's, verschillend van functionaliteit en/of toegekend gewicht aan de functionaliteit, kunnen de uitkomsten vergeleken worden met de standaard run. Op die manier wordt de relatieve invloed van alle aspecten bekeken. Door het telkens veranderen van de gewichten kunnen omslagpunten gevonden worden; dit zijn momenten waarop het effect aanmerkelijk (afhankelijk van de toetscriteria, zie paragraaf 6.2) verschillend is. Omslagpunten kunnen gevonden worden voor de nieuwe functionaliteiten, maar er kan ook een combinatie gemaakt worden van oude en nieuwe gewichtsfactoren. Aangezien er voor de LOV geen concrete doelstellingen en/of vraagstellingen gelden waarvoor omslagpunten bepaald kunnen worden, is hier in deze studie niet specifiek naar gekeken. De toetsingscriteria voor een dergelijke analyse komen in de volgende paragraaf (6.2) aan bod.

- H Monte Carlo-analyse: Alle te variëren factoren worden tegelijkertijd gevarieerd (getrokken uit hun statistische verdeling), dus niet systematisch. Er moeten relatief veel runs worden gedaan en na afloop wordt met behulp van lineaire regressie het verband tussen de modeluitkomsten en de factoren bepaald.
 - L De LOV is niet direct geschikt voor het uitvoeren van een Monte Carlo Analyse. Dit ligt voor het grootste deel aan de gebruikte invoertechniek en -gegevens. Deze voldoen niet aan de voorwaarden van een Monte Carlo-analyse, met name de statisch ingevoerde informatie (onder andere vaste transitierregels, kaarten en invloedsfactoren) is hierbij een groot obstakel. Er is een mogelijkheid om bijvoorbeeld telkens de set transitierregels aan te passen, honderden (zometertijd duizenden) runs te maken en vervolgens een Monte Carlo Analyse erop los te laten. Maar aangezien dit allemaal handmatig zou moeten gebeuren, is dit eigenlijk niet te bewerkstelligen. N.B.: In de huidige versie van de LOV zit al wel een soort Monte Carlo Analyse-tool ingebouwd. Deze is echter alleen geschikt om de invloed van de Random-factor op het resultaat te bepalen. De uitkomst van de LOV Monte Carlo-Analyse is een kaart waarop het percentage van het aantal keren dat functie A op een bepaalde locatie (cel) over een aantal runs terecht is gekomen. Op de afzonderlijke parameters kan dus geen Monte Carlo-Analyse uitgevoerd worden. In Bijlage 6.5 staat een uitwerking van de Monte Carlo-analyse zoals de LeefOmgevingsVerkenner die kan uitvoeren.

C. Calibratie

H. Met behulp van calibratie wordt voor een zekere mate van overeenkomst gezorgd tussen modeluitkomsten en metingen in het veld (of uit statistische gegevens). Het uitgangspunt hierbij is dat naarmate de verschillen tussen modeluitkomsten en veldwaarnemingen kleiner worden, het model beter wordt. Dit is echter niet altijd een garantie voor een goed model. Verschillen kunnen door een groot aantal factoren bepaald worden. Verdeeld in groepen zijn dit: conceptuele fouten, parameterwaarden, fouten in de drijvende krachten en meetfouten in de waarnemingen. Een ander belangrijk punt bij het calibreren is de vereiste c.q. gewenste afwijking tussen model en werkelijkheid. Dit moet in de criteria van het model zijn vastgesteld en is afhankelijk van het doel van het model.

L. Op dit moment is de LOV nog volop in ontwikkeling en zijn de ontwerpers van het model (RIVM en RIKS) nog niet toegekomen aan het Calibratie-Validatie-proces. Bovendien is een voorspellend, ruimtelijk én omvangrijk model als de LOV überhaupt lastig te calibreren, ook vanwege de grote tijdsperiode (40 jaar) waarover het model voorspellingen moet maken. Hoofdstuk 7, Conclusies en Aanbevelingen gaat hier verder op in (dit geldt ook voor de stappen D en E)

D. Betrouwbaarheidsanalyse

H. Bij deze stap moet de resterende onzekerheid worden geschat. Alhoewel het op een gevoeligheidsanalyse lijkt, ligt nu de interesse in het totale effect van de factoren, en niet in de relatieve gevoeligheden. Het doel is de doorvertaling van de onzekerheid van de gecalibreerde parameters naar de onzekerheid in de modeluitkomst.

L. Gelijk aan stap C. Calibratie

E. Validatie

H. Om tenslotte vast te stellen of een model "goed" is, moet het gevalideerd worden. Het gecalibreerde model moet daarbij met een vooraf gestelde mate van overeenkomst (met of zonder onzekerheid in model en veldwaarnemingen) veldwaarnemingen uit een onafhankelijke dataset (dat wil zeggen van een dataset die niet gebruikt is bij de calibratie), kunnen reproduceren. Door meer te experimenteren met het model, kan het vertrouwen in het model worden verhoogd.

L. Gelijk aan stap C. Calibratie

F. Geldigheidsgebied

H + L. Normaal gesproken is dit de laatste stap van een analyse. Deze wordt hier echter niet verder uitgewerkt omdat het in het stadium van het LeefOmgevingsVerkennerproject nog niet aan de orde is.

Conclusie Stappenplan

Uit het stappenplan van het Handboek Good Modelling Practice is een aangepast stappenplan opgesteld, dat speciaal toegespitst op de LOV-Water is. De hierbij nuttig geachte analyses worden uitgevoerd in de paragrafen 6.3 en 6.4. Resumerend een kort overzicht (inclusief paragraafnummer):

§ 6.3 Globale Analyses	§ 6.4 Specifieke Analyses: Afzonderlijk Variëren
§ 6.3.1 Run Standaard Versie	§ 6.4.1 Analyse Beleidsvarianten
§ 6.3.2 Globaal Gedrag Test	§ 6.4.2 Analyse Geschiktheidsvarianten
§ 6.3.3 Robuustheidstest	§ 6.4.3 Analyse Transitierregels CA-model

Naast deze uit analyses, welke min of meer direct uit het Handboek overgenomen zijn, worden er in paragraaf 6.5 nog twee specifieke analyses behandeld. Te weten de LOV versie van een Monte Carlo Analyse en een extreme test van de LOV.

Bij het analyseren is belangrijk hoe de uitkomsten getoetst kunnen worden en welke middelen daarvoor beschikbaar zijn. De volgende paragraaf gaat over deze toetscriteria.

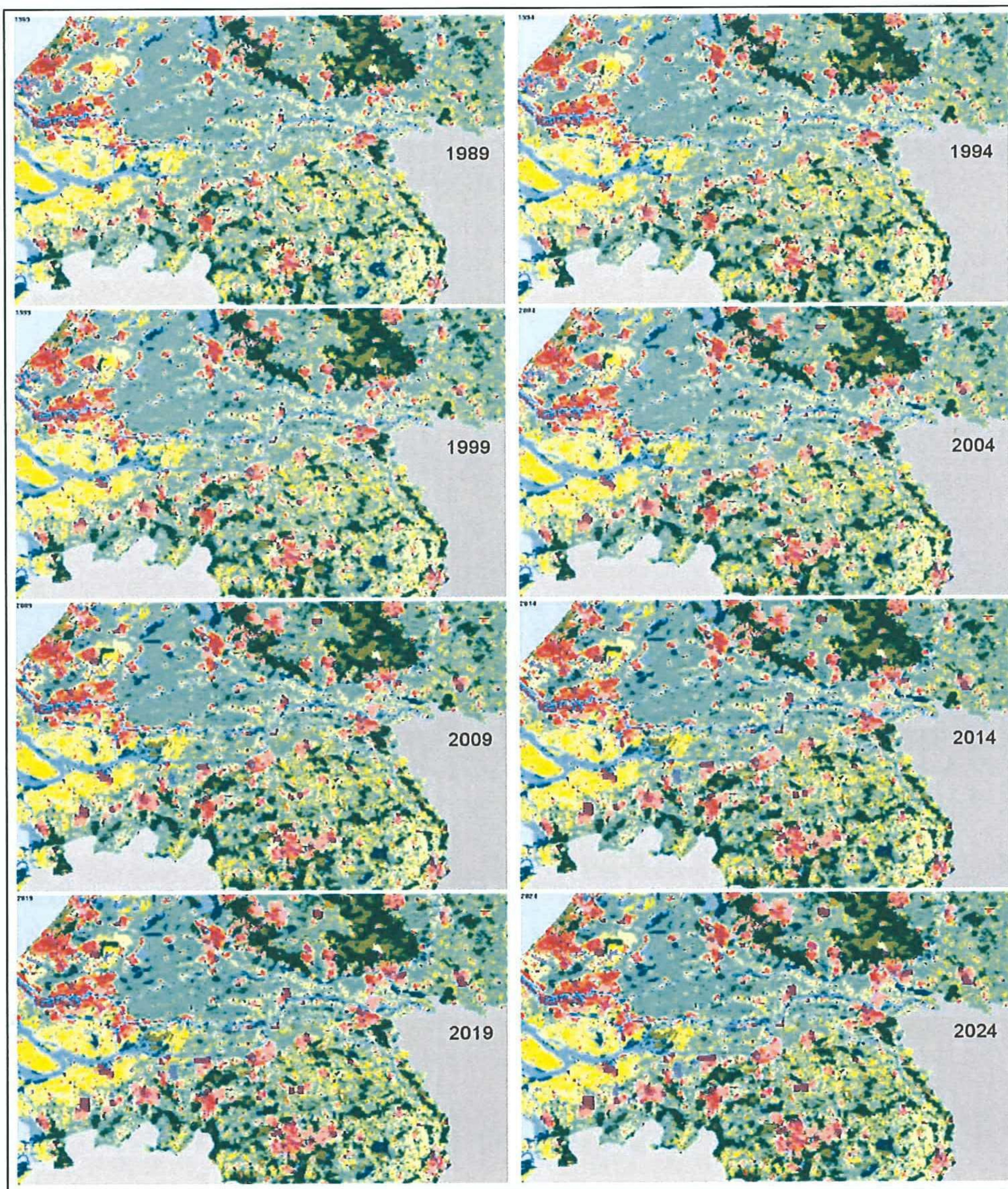
6.2 Toetscriteria

De belangrijkste uitvoer van de LOV is de landgebruikskaart, waarvan er in hoofdstuk 4 een voorbeeld gegeven staat (figuur 16). Naast deze kaart kan de LOV ook diverse indicatoren berekenen. Deze zijn onderverdeeld in de drie perspectieven van de LeefOmgevingsVerkenner: Economisch, Ecologisch en Sociaal-cultureel. Aangezien elke indicator apart berekend moet worden en dus meer rekentijd vergt, is het niet zinvol om standaard alle indicatoren te laten berekenen. Met een afweging naar het doel en de achtergrond van de analyse is vastgesteld welke indicatoren van belang voor dit onderzoek worden geacht. Het zijn de ecologische indicatoren Bebouwde Ruimte, Open Ruimte en Versnippering en de economische indicator Woondichtheid. Zij geven namelijk het beste aan in welke mate en welke richting de bebouwde functies, onder invloed van de veranderde water-functionaliteiten, zich verplaatsen. Uiteraard blijft het landgebruik zelf de belangrijkste "indicator" en wordt op de landgebruikskaart van (bijv.) 2029 het beste de verplaatsingen van de functies weergegeven.

De LOV biedt twee manieren om de resultaten van verschillende simulatieruns te vergelijken: grafisch en cijfermatig.

Grafisch kan dit met de Analyse-tool. Deze kan een door de LOV weggeschreven Log-bestand openen. Dit bestand herbergt, per in te stellen periode, een set kaarten, die beeldinformatie bevatten over het landgebruik maar ook over te berekenen indicatoren. De Analyse-tool van de LOV kan vervolgens per scenario het verschil weergeven over de tijd. Het is echter ook mogelijk (eind)beelden van verschillende scenario's vergelijken. Telkens wordt per gebruiksfunctie (Wonen Dun, Diensten, Natte Natuur, etc) aangegeven welke gebieden in beide kaarten voorkomen, welke alleen in kaart 1 en welke alleen in kaart 2.

N.B.: Van de simulatierun is er een "filmopname" (animated gif-bestand) te maken, waarop het verloop van het landgebruik over de simulatieperiode te zien is. Dit is met name geschikt voor het geven van presentaties. Het is echter mogelijk om de afzonderlijke figuren (gif-bestanden per jaartal) te openen en, wanneer wenselijk, in de rapportage in te voeren. Een voorbeeld hiervan staat in figuur 36.



Figuur 36: Analyse over de tijd d.m.v. animated gif-bestand (Vigerend Scenario)

Ook is het mogelijk om een "eigen" analysetool te maken met behulp van een GIS-programma als Arcview of Arcinfo. Door de uitvoer-kaarten daarmee in te lezen zijn dan meer mogelijkheden om de kaarten te analyseren en vergelijkingen te maken met andere kaarten. De LOV-kaarten dienen dan wel (in de LOV) geëxporteerd te worden als een zogenaamd Ascii-grid-bestand, omdat dit een formaat is dat Arcview of Arcinfo met behulp van een speciale extensie kan importeren.

Cijfermatig zijn de uitkomsten te bestuderen met de Excel-koppeling van de LeefOmgevingsVerkenner. De resultaten van LOV kunnen per run in een Excel-bestand gezet worden. Hierin staan per COROP het landgebruik en de (berekende) indicatoren. Deze Excel-files kunnen vervolgens bewerkt worden, waardoor er bijvoorbeeld een overzicht in de tijd gemaakt kan worden van het aantal cellen met functie A in de westelijke en in de oostelijke COROP-gebieden. De exacte locatie waar de cellen zich bevinden is bij deze methode niet bekend.

Welke vergelijkingsmethode het meest geschikt is, hangt af van het doel van de analyse. In het algemeen wordt de LOV gebruikt om de effecten van verschillende beleidsopties op de toekomst te schetsen. Naast de hoeveelheid van de nieuwe en verplaatste cellen is dan ook de locatie van belang. Vandaar dat het gebruik van de (of een) Analyse-tool te prefereren is boven een cijfermatige aanpak. Om gegevens in grafiekvorm tegen de tijd uit te zetten en scenario's per COROP te vergelijken kan de Excel-koppeling een uitkomst zijn.

De beoordeling van de verschillende uitkomsten hangt af van de resultaten en de vergelijkingsmethode. Het is op voorhand niet te zeggen wat een significant verschil is tussen twee uitkomsten. In de volgende paragrafen zal hier per analyse verder op in worden gegaan.

In paragrafen 6.3 en 6.4 komen eerst de Globale analyses aan bod en vervolgens de Specifieke Analyses. In het kader van deze studie wordt voornamelijk de ontwikkeling van het totale bebouwde gebied geanalyseerd. In de LeefOmgevingsVerkenner betreft dit de landgebruiksfuncties Glastuinbouw, Wonen Dicht, Wonen Dun, Bedrijfsterrein, Diensten en Sociaal Cultureel.

Om de uitkomsten van de verschillende runs goed te kunnen vergelijken zal, vanaf de run met de standaard versie, de Randomfactor vastgehouden worden op een constante waarde (grondgetal = 687349, Alpha = 2.25). Zo kent de randomness voor elke simulatierun een gelijk verloop en kunnen de verschillen tussen de uitkomsten van de diverse scenario's alleen toegekend worden aan de nieuwe c.q. aangepaste functionaliteit.

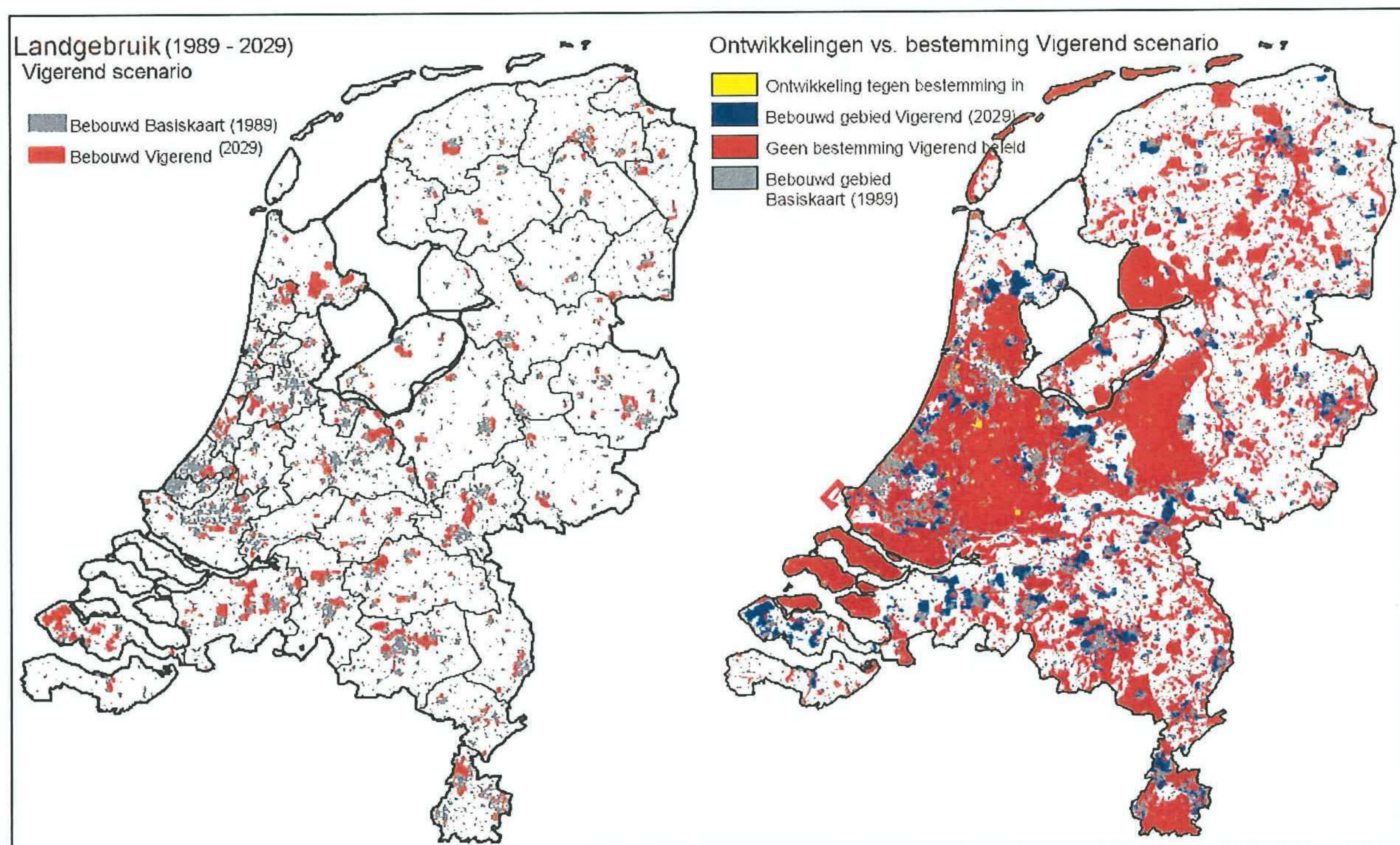
6.3 Gevoeligheidsanalyse: Globale Analyses

6.3.1 Run standaard versie

Het uitgangspunt voor deze studie is de Vigerende Beleidsvariant, zoals beschreven in paragraaf 4.5. Aangezien de uitkomsten van deze simulatie als referentiepunt van groot belang zijn voor dit onderdeel van de studie, zullen ze uitgebreid behandeld en beschreven worden. Dit gebeurt aan de hand van de opsomming voor de bebouwde functies (Glastuinbouw, Wonen Dicht, Wonen Dun, Industrieterrein, Diensten, Sociaal-Cultureel).

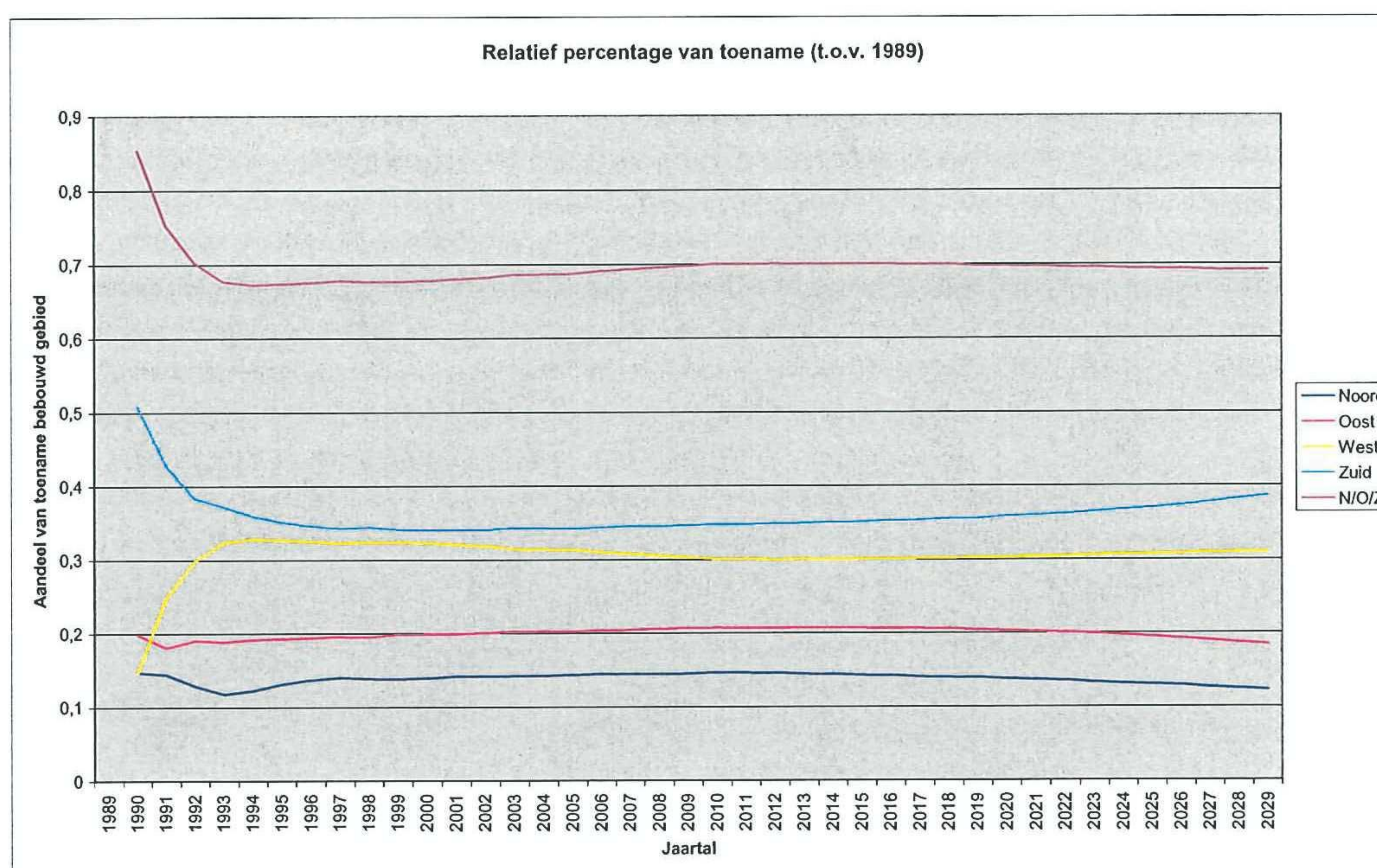
Onder invloed van het beleid berekent de LOV een volgend landgebruik van Nederland (figuur 37). Om aan te geven waar en hoe groot de verschillen zijn, is de ontwikkeling van de functies tussen 1989 en 2029 aangegeven. Zo is goed te zien waar er geen functieverandering opgetreden is en waar een cel van functie veranderd is.

Daarnaast is het ook interessant om te kijken naar de cellen die, tegen het beleid in, onder een hoge ruimtedruk óf druk vanuit de omgeving, toch een bepaalde functie hebben gekregen. Deze afbeelding staat ook weergegeven in figuur 37.



Figuur 37: Links: Ontwikkeling landgebruik Vigerend scenario 1989-2029. Rechts: Ontwikkeling bebouwd gebied in restrictieve gebieden (Vigerend Scenario)

De uitkomsten van het Vigerende scenario, kunnen ook bekeken worden aan de hand van de Excel-gekoppelde files. Om een beeld te geven van een verplaatsing van de functies aan de hand van de tijd, is een grafiek gemaakt met daarin de bebouwde functies, opgedeeld naar regio (COROP's in Noord, Oost, Zuid en West).



Grafiek 1: Verschuivingen Vigerend Scenario

De resultaten van het Vigerend scenario, weergegeven in bovenstaande figuur, geven in de eerste jaren een sterke verschuiving te zien tussen het westen en de overige regio's.

Vervolgens stabiliseert het model zich rond een bepaalde waarde, waardoor het vanuit het restrictieve beleid in het westen verwachte verloop, een sterkere relatieve groei in Noord-, Oost- en Zuid-Nederland, uitblijft.

Hiervoor zijn enkele oorzaken aan te wijzen:

- Het Macro-model van de LeefOmgevingsVerkenner is gecalibreerd op de periode van 1989 tot 1995. Hierdoor treed er op het macro-niveau in deze periode een duidelijke verschuiving op macroniveau op. Voor de volgende jaren zijn er nog geen parameters ontwikkeld die de ruimtelijke verdeling kan simuleren, met als gevolg dat het model zich stabiliseert rondom de waarde van 1995 (zie ook de laatste alinea van deze paragraaf).
- Schaalvoordelen (Macro): De Randstad blijft een aantrekkelijke plek voor bedrijven en bewoners om zich te vestigen. Vanwege het verdelingsmechanisme in de LOV (tussen de COROP-gebieden onderling), wordt deze aantrekkelijkheid aan het model toegevoegd.
- Ruimtedruk (Micro): Vanuit het Cellulaire-Automata-model krijgen de cellen in het westen een hoge potentiaalwaarde, zodat de kans op het plaatsnemen van een bebouwde functie aldaar groter is (regelmatig zelfs tegen de bestemming van de cel in).
- Beleid (Macro/Micro): De bestemmingslocaties uit Nederland in Plannen (voornamelijk gelokaliseerd in West-Nederland) zorgen ervoor dat in de eerste periode van de simulatie deze gebieden, door hun hoge geschiktheid en bestemming, het eerst worden gebruikt voor bebouwd gebied.

Concluderend kan gesteld worden dat het door het gevoerde beleid verwachte verloop niet geheel gehaald wordt.

N.B.: De vreemde sprong die aan het begin van de simulatie gemaakt wordt, is te wijten aan een onjuiste invoering van de vraag naar Glastuinbouw in de COROP "Delft en Westland". In 1989 is deze vraag namelijk nul en het jaar daarop de (volgens het CBS) juiste waarde. Dit is echter al in versie 2.1b aanwezig en daaraan is, conform de randvoorwaarden van dit onderzoek, niets veranderd

Het patroon van variaties in het begin van de simulatie en stabilisatie in de volgende jaren doet zich ook bij de volgende analyses voor. Hieruit blijkt dat de parameters die de functieverdeling op

macroniveau sturen bepalend zijn. Een oplossing om (realistische) verschuivingen op macroniveau te verkrijgen is het ontwikkelen van nieuwe parameters op basis van goed onderbouwde hypothesen gebaseerd op toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen als ruimtelijke spreiding van woonfuncties en concentratie van bedrijven. Enkele praktijkvoorbeelden hiervan zijn: moderne industrieën die minder hinder opleveren en dus dichterbij woongebieden kunnen plaatsnemen en clustering van winkelketens aan de rand van de stad. Voorheen waren deze ontwikkelingen niet mogelijk en/of gewenst, maar in de toekomst zullen ze een grote stempel op de ruimtelijke inrichting van Nederland krijgen.

6.3.2 Globaal gedrag test

De eerste oefening met de "vernieuwde" Leef OmgevingsVerkenner is de globaal gedrag test. Door de nieuwe functionaliteiten in te voegen, is het waarschijnlijk dat er een andere uitkomst gegenereerd wordt. In deze run worden alle nieuwe functies, met gemiddelde zwaartefactoren, tegelijkertijd toegevoegd. "Gemiddeld" is hierbij afgemeten aan de huidige functies en de manier waarop ze nu in de LOV opgenomen zijn. Er is gekozen om de geschiktheidskaarten die als uitgangspunt "Risico" hebben, samen te nemen, omdat deze grote overeenkomsten hebben en van hetzelfde principe uitgaan, namelijk de gevolgen bij een dijkdoorbraak, uit gaan. Een overzicht van de functionaliteiten, met hun zwaartefactoren:

Type	Functionaliteit	Zwaarte Macromodel	Zwaarte Micromodel
Beleid	Ruimteclaims	Vigerend	Aan
	Afwenteling	Vigerend	Aan
Geschiktheid	Bouwrijp maken	Vigerend	5
	Overstromingsrisico	Vigerend	5
Transitieregels	Compact wonen	Vigerend	-5

N.B.: De hierboven genoemde functionaliteiten hebben alleen effect op de bebouwde functies. Zo mag er voor de beleidskaarten op sommige plaatsen niet gebouwd worden, zijn lage kosten voor bouwrijp maken en lage risico's gunstig voor een stedelijke functie en is het effect van grasland en natte natuur op bebouwd gebied op de direct aangrenzende cellen negatief (transitieregels op afstand 1 = -5).

Het achterliggende doel van de Globaal gedrag test is dat de modelbouwer kan kijken of het model aan de verwachtingen voldoet. Dat wil zeggen: treden er, globaal gezien, patronen en verschuivingen op die te verwachten waren?

Verwacht wordt:

- De bebouwde functies uit de restrictiegebieden (ruimteclaims en de hogere afwentelingsfases) minder bebouwd raken;
- Onder invloed van de aangepaste transitieregels (Compact wonen) nieuwe bebouwing minder de plaats innemen van Grasland en Natte Natuur en meer langs bestaand stedelijk gebied;
- Op grond van de eigen locatiekeuze (geschiktheidskaarten voor Risico en Kosten Bouwrijp maken) kan verwacht worden dat er een verschuiving optreedt naar de meer hoger gelegen gebieden

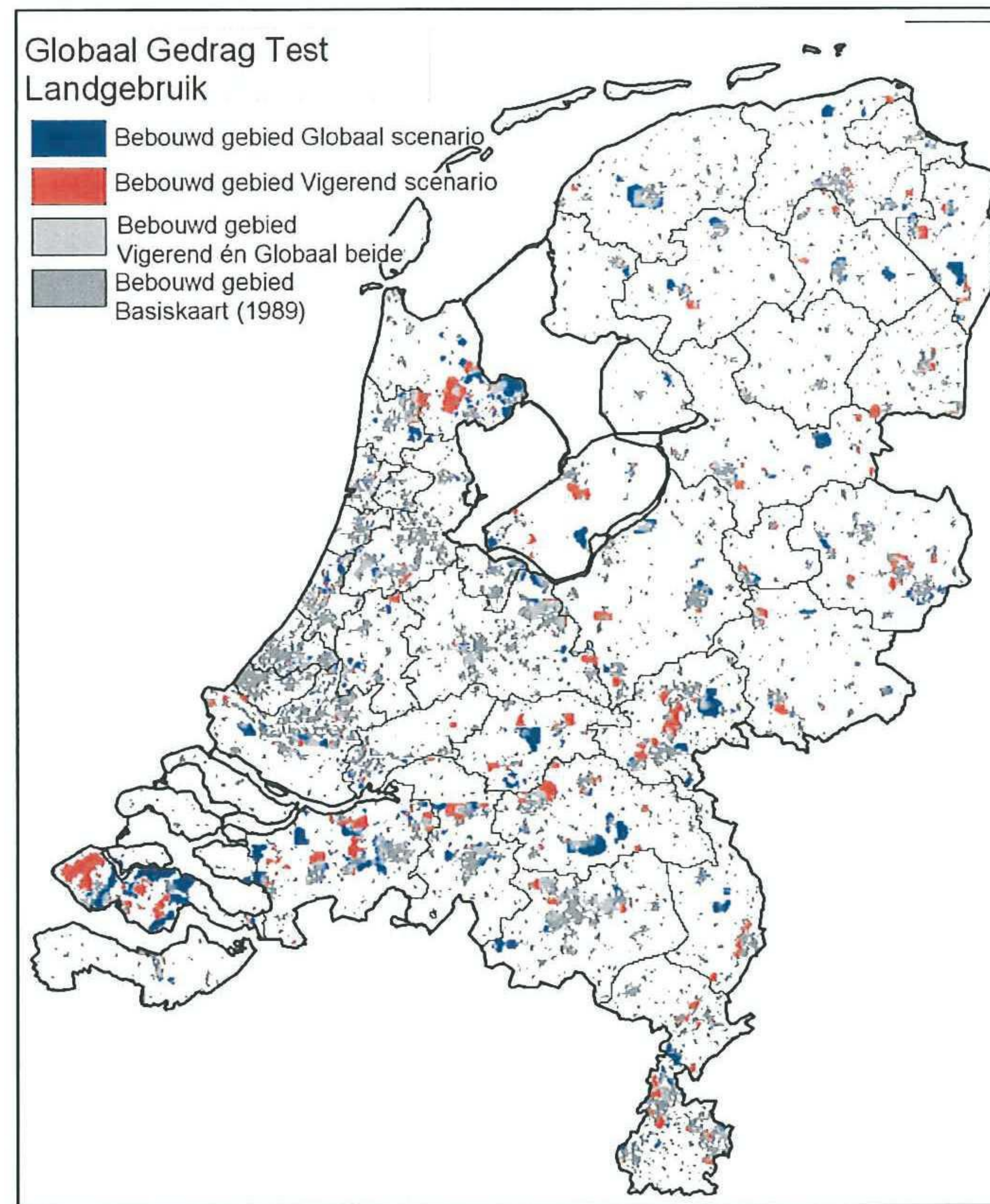
Deze verwachtingen worden grotendeels waargemaakt, met uitzondering van het laatste punt, de toevoeging van de geschiktheidskaarten. Dit heeft weinig invloed op de uitkomsten

Uit de Excel-grafiek (Bijlage 6.3.2) blijkt dat het vernieuwde model op macroniveau wederom geen sterke veranderingen ondergaat maar dat op lokaal niveau de aanpassingen wel degelijk effect hebben (kaartbeelden in figuur 38 en Bijlage 6.3.2).

De weergave en legenda die bij de kaart gebruikt worden, is overgenomen van de Analyse-tool van de LeefOmgevingsVerkenner. de verschillende kleuren hebben de volgende betekenis:

- *Donkergrijs*: Het bebouwd gebied in het beginjaar van de simulatie 1989 (basiskaart).
- *Lichtgrijs*: Uitbreidingen van het bebouwd gebied in 2029, die in beide scenario's voorkomen.
- *Rood*: Uitbreidingen van het bebouwd gebied in 2029 ten opzichte van 1989, die enkel in het Vigerende scenario daar ontstaan.
- *Blauw*: Uitbreidingen van het bebouwd gebied in 2029 ten opzichte van 1989, die enkel in het Globaal Gedrag Test-scenario daar ontstaan.

Door de ontwikkelingen op deze manier uit te drukken, is het duidelijk waar de verschillen optreden tussen de besproken scenario's. In hierop volgende analyses wordt vaak gebruik gemaakt van een dergelijke visualisatie.



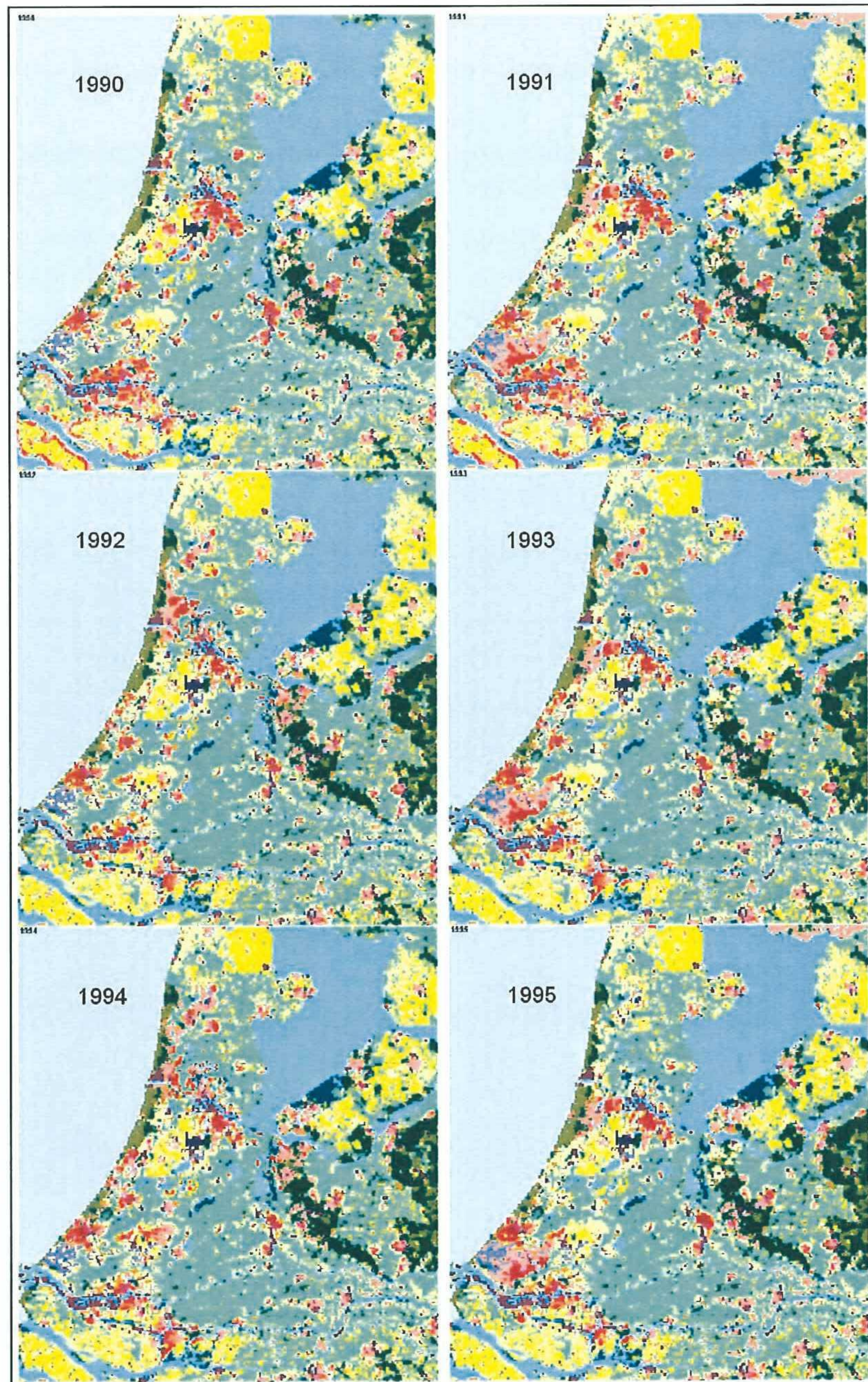
Figuur 38: Ontwikkeling bebouwd gebied 1989 - 2029 (Globaal Gedrag Test)

6.3.3 Robuustheidstest

De Robuustheidstest wijst normaal gesproken uit of een model stabiel c.q. robuust is onder extreme invoerwaarden. Aangezien het hier een bestaand model betreft, met enkele aanpassingen, is het interessant om te kijken wat er gebeurt als de nieuwe functionaliteiten met extreem hoge zwaartefactoren ingevoegd worden. Blijft het model stabiel (loopt het niet vast) of treden er vreemde verschijnselen op, en zijn deze al dan niet te verklaren? Onder extreme factoren wordt verstaan de maximale waarden die toegekend kunnen worden aan de invloed van beleid en geschiktheid, zowel op het macro- als op het microniveau, en aan de transitieregels.

Type	Functionaliteit	Zwaarte Macromodel	Zwaarte Micromodel
Beleid	Ruimteclaims	4 (= maximum)	Aan
	Afwenteling	4	Aan
Geschiktheid	Bouwrijp maken	4	10
	Overstromingsrisico	4	10
Transitieregels	Compact wonen	4	-1000

Bij het uitvoeren van de simulatie valt direct het grillige verloop van het landgebruik op. Met name in de eerste 10 jaar van de simulatie verspringt per tijdstap praktisch het hele bebouwde gebied (met name Wonen Dun), wat geïllustreerd wordt door de volgende figuren van het landgebruik, die uit de animatie film van deze run gehaald zijn:



Figuur 39: Verloop landgebruik Robuust Scenario (Animated Gif)

De oorzaak van deze grote, snelle verplaatsingen van het bebouwd gebied ligt in het volgende:

- a. De invloed van de gemiddelde, relatieve geschiktheid van de COROP speel nu zeer sterk mee in de koppeling tussen het landelijke en het regionale model. Hierdoor wordt waarschijnlijk de meest geschikte COROP (COROP A) in zijn geheel "Afgenvuld" met bebouwd gebied.
- b. Vervolgens is in de volgende tijdstap ($t = 2$) COROP A minder aantrekkelijk omdat de beschikbare ruimte sterk afgenomen, en wordt een andere COROP (COROP B) op basis van onder andere de gemiddelde geschiktheid en beleid maar ook de beschikbare vrije ruimte, het meest geschikt geacht. Hierdoor zal in $t = 2$ COROP B een groot deel van de ruimtevrage toebedeeld krijgen, omdat de sterke invloed van de eigenschappen van een COROP op de regionale verdeling blijft gelden.
- c. De eerste daaropvolgende tijdstappen blijft dit verschijnsel optreden totdat er (waarschijnlijk) een evenwicht optreedt tussen de hoeveelheid beschikbare vrije ruimte per COROP. Het patroon wordt dan een stuk stabiel.

Uit deze ontwikkelingen blijkt dat de invloed van de β ($\beta_{6,7,8}$ die in dit onderzoek aangepast zijn om de koppeling landelijk-COROP aan te passen) in de formule van de vraagverdeling COROP-gebieden (zie Bijlage 4.3) zodanig groot is, dat het verdelingsmechanisme tussen Landelijk en COROP- niveau instabiel wordt. Dit bleek ook uit andere runs, waarbij alleen de waarde β voor bestemming en geschiktheid afzonderlijk verhoogd werd. In het vervolg van de analyse zullen de β 's maximaal met 1 of 2 opgehoogd worden, omdat hogere waarden geen betrouwbare (en dus onvergelijkbare) run oplevert.

N.B.: Een onderzoek naar het bruikbare domein voor deze parameter is gewenst. Om te voorkomen dat de gebruiker (beleidsmaker) onrealistische of onpraktische waarden gebruikt moet dit domein vervolgens als grenswaarden ingesteld worden.

6.4 Specifieke gevoeligheidsanalyse: afzonderlijk variëren.

Zoals gesteld in de inleiding van dit hoofdstuk, zijn de specifieke gevoeligheidsanalyses nodig om te bekijken wat de invloed is van de nieuwe functionaliteiten in de LeefOmgevingsVerkenner. Het handboek GMP geeft enkele methoden aan en in paragraaf 6.1 is de toepasbaarheid op de LOV van elk van deze methoden besproken.

In deze paragraaf worden analyses uitgevoerd waarmee de invloed van de aanpassing afzonderlijk getoetst kan worden. Om duidelijk de verschillen aan te geven tussen de standaard-uitkomst (het Vigerende scenario) en de water-LOV-uitkomsten, wordt er zoveel mogelijk vastgehouden aan de volgende uitgangspunten:

- Er wordt gekeken zowel naar kaartbeelden van heel Nederland als van een bepaald gebied. De regio Arnhem – Nijmegen en omstreken wordt bijvoorbeeld regelmatig behandeld als case-regio. Hier worden namelijk in de (nabije) toekomst conflicten verwacht tussen waterbeheer en ruimtelijke ordening. Waar het wenselijk wordt geacht, wordt een ander of groter studiegebied beschouwd.
- Bij het vergelijken van het landgebruik worden alleen de resultaten uit het slotjaar van de analyse (2029) beschouwd.
- Om de invloed van de afzonderlijke invloed van de scenario's aan te geven, worden de stedelijke landgebruiksfuncties gesommeerd tot één bebouwd gebied. Waar de analyse daarom vraagt, is een andere aanpak mogelijk. De stedelijke landgebruiksfuncties zijn: Glastuinbouw, Wonen Dicht, Wonen Dun, Industrierrein, Diensten en Sociaal-Cultureel.
- Bij de vergelijking wordt gebruik gemaakt van Arc-View, waarmee een "eigen" overlay-tool na te bootsen is. Dit kent enkele voordelen, waaronder het mogelijk maken van de "bebouwd-sommatie" (zie vorige punt), het eenvoudiger optellen van cellen en het combineren met andere kaarten.
- De analyses zijn voor elke aanpassing en uitgewerkt met de volgende onderdelen:
 - a. Aanpassing: De toevoeging c.q. verandering aan de LOV worden kort herhaald
 - b. Uitgevoerde scenario's: Afhankelijk van het soort aanpassing (beleid, geschiktheid of regels), is aangegeven op welke scenario's er een analyse uit is gevoerd.
 - c. Verwacht effect: Op voorhand kan bepaald worden wat de effecten kunnen zijn van de aanpassing.
 - d. (Landelijk) Totaalbeeld: De grafische resultaten (landgebruik 2029) van twee of meerdere scenario's voor een totaalbeeld van geheel Nederland. Vanwege de grootte van de figuren is ervoor gekozen om de kaarten van de scenario's op te nemen in de [Bijlagen](#).
 - e. Cijfermatige analyse: Verschillen tussen de uitkomsten van scenario's uitgedrukt in aantallen cellen. Eveneens opgenomen in de [Bijlagen](#).
 - f. (Regionale) Grafische analyse: Effecten van scenario's rondom een, voor de aanpassing, interessante regio. Meestal bestaande uit de kaartbeelden van twee scenario's (overige beelden zijn opgenomen in de [Bijlagen](#))
 - g. Interpretatie effecten: Beschouwing van de resultaten - het ontstaan, de vergelijking met het verwachte effect en overige opvallende verschijnselen.

Afzonderlijk variëren

Het afzonderlijk variëren van de scenario's is de manier om de relatieve invloed van de nieuwe functionaliteiten te beoordelen. Door gebruik te maken van ArcView als analyse-tool, is het mogelijk om voor de scenario's specifieke analyses uit te voeren. Bijvoorbeeld: welke gebieden volgen het nieuwe (aangepaste) beleid, waar komen de nieuwe functies terecht in vergelijking met de situatie in 1989, etc.

Achtereenvolgens worden de volgende aanpassingen behandeld:

- 2 x Analyse Beleidsvarianten: Aan de Vigerende beleidskaart zijn toegevoegd:
 - a) De kaart met de Ruimteclaims voor het Rivierengebied en de Kustzone
 - b) De afwentelingskaart, waarop aangeven de gewenste locatie vanuit het principe van de optimale schakeling van Tjallingii.
- 2 x Analyse Geschiktheidsvarianten: De geschiktheid voor het uitbreiden van het bebouwd gebied ten opzichte van de standaard versie wordt aangepast met:
 - a) Kosten bouwrijp maken.
 - b) Risico bij overstroming.
- Analyse Transitiregels CA-model
 - Het principe van compact bouwen wordt middels het aanpassen van de relatie bebouwd gebied – Grasland/Natte Natuur ingevoerd.

6.4.1 Analyse Beleidsvarianten

Per beleidsvariant zijn er vier analyses uitgevoerd. Omdat op microniveau het beleid alleen de waarde 1 of 0 kan hebben, is het niet mogelijk om beleid hier zwaarder in te stellen. Voor de koppeling tussen Landelijk- en COROP-niveau is het wel mogelijk om het beleid meer of minder invloed te laten hebben bij de herverdeling. Hiervoor worden de huidige instellingen verhoogd met 1 en 2 punten én wordt de invloed op nul gesteld (een verhoging met 3 punten levert een instabiele LOV op en is dus niet meegenomen, zie ook paragraaf 6.3.3, Robuustheidstest)

NB 1: Het aanpassen van de verhouding tussen de invloed van geschiktheid en beleid (1:4) in de transitiepotentiaal-formule is bij de analyse van de beleidsvarianten niet meegenomen. Het beleid zou alleen maar minder hard ingezet kunnen worden, bijvoorbeeld 1:1 of 4:1, waardoor de effecten van de beleidstoevoeging (nog) minder sterk waarneembaar zouden zijn.

NB 2: Bij het verhogen van de invloed van beleid op de koppeling Landelijk-COROP, worden niet alleen het nieuwe beleid sterker meegenomen, maar ook de overige beleidsaspecten (uit het Vigerend scenario). Hier moet bij de analyse rekening mee gehouden worden.

Ruimteclaims Rivierengebied en Kustzone

Aanpassing:

De ingevoegde beleidskaart is samengesteld uit de zoekgebieden voor wateropvang langs de kust en in het rivierengebied. Zie figuur 26 in paragraaf 5.3.1.

Uitgevoerde analyses:

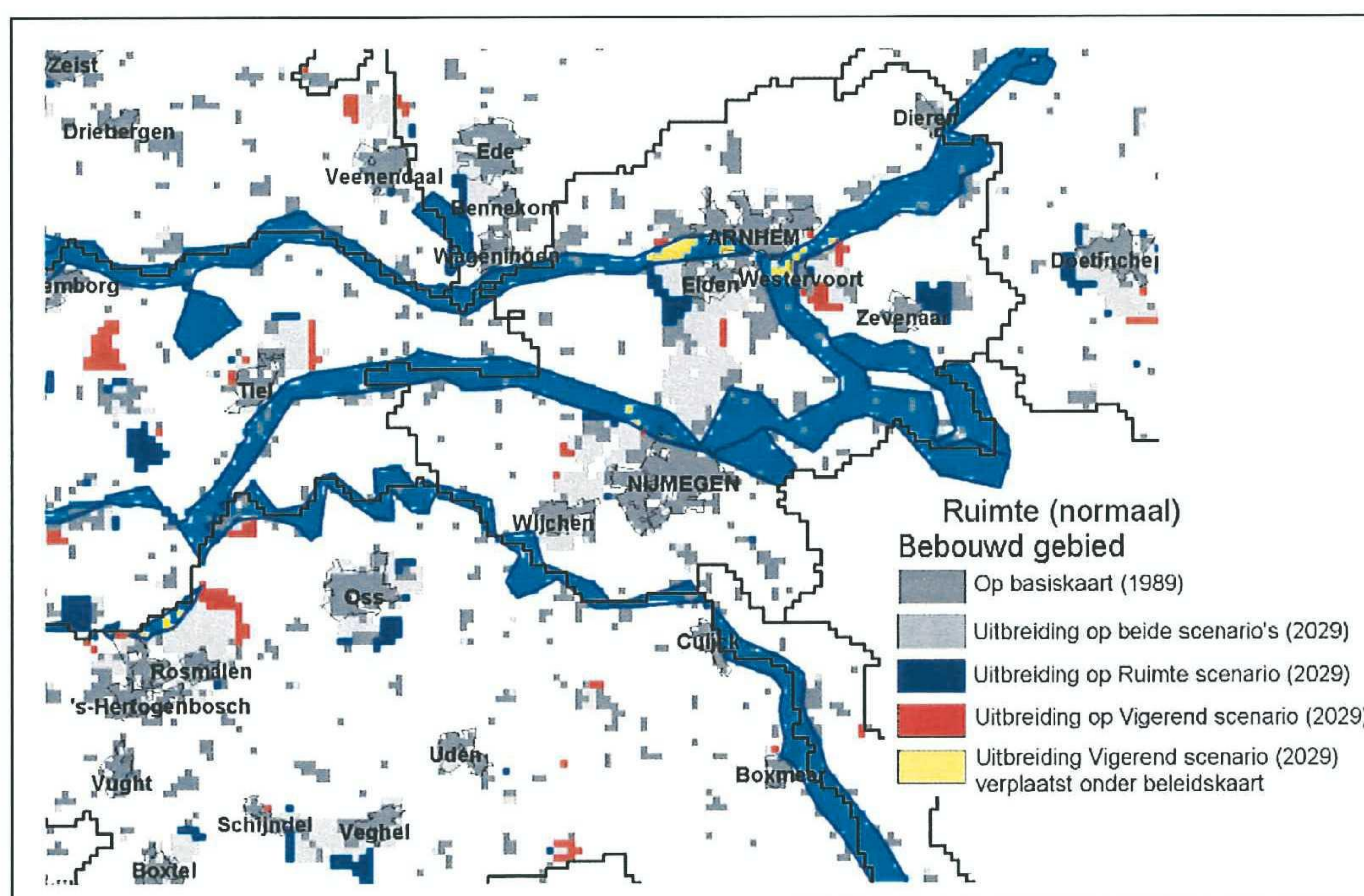
Microniveau	Macroniveau	
Kaart invoegen	Waarde +1	Waarde +2

Verwacht effect:

Door het toevoegen van deze restricties aan de beleidskaarten, wordt beoogd deze gebieden vrij te houden van bebouwing.

Grafische analyse:

De donker-, lichtgrijze, blauwe en rode cellen vertegenwoordigen dezelfde betekenis als bij de kaart van de Globaal Gedrag Test. De lichtblauwe (incl. contour) zijn de zoekgebieden en de geel gekleurde cellen zijn onder invloed van het nieuwe beleid, ten opzichte van het Ruimte +2 scenario, verplaatst uit de zoekgebieden (zie ook de regiokaarten hieronder).



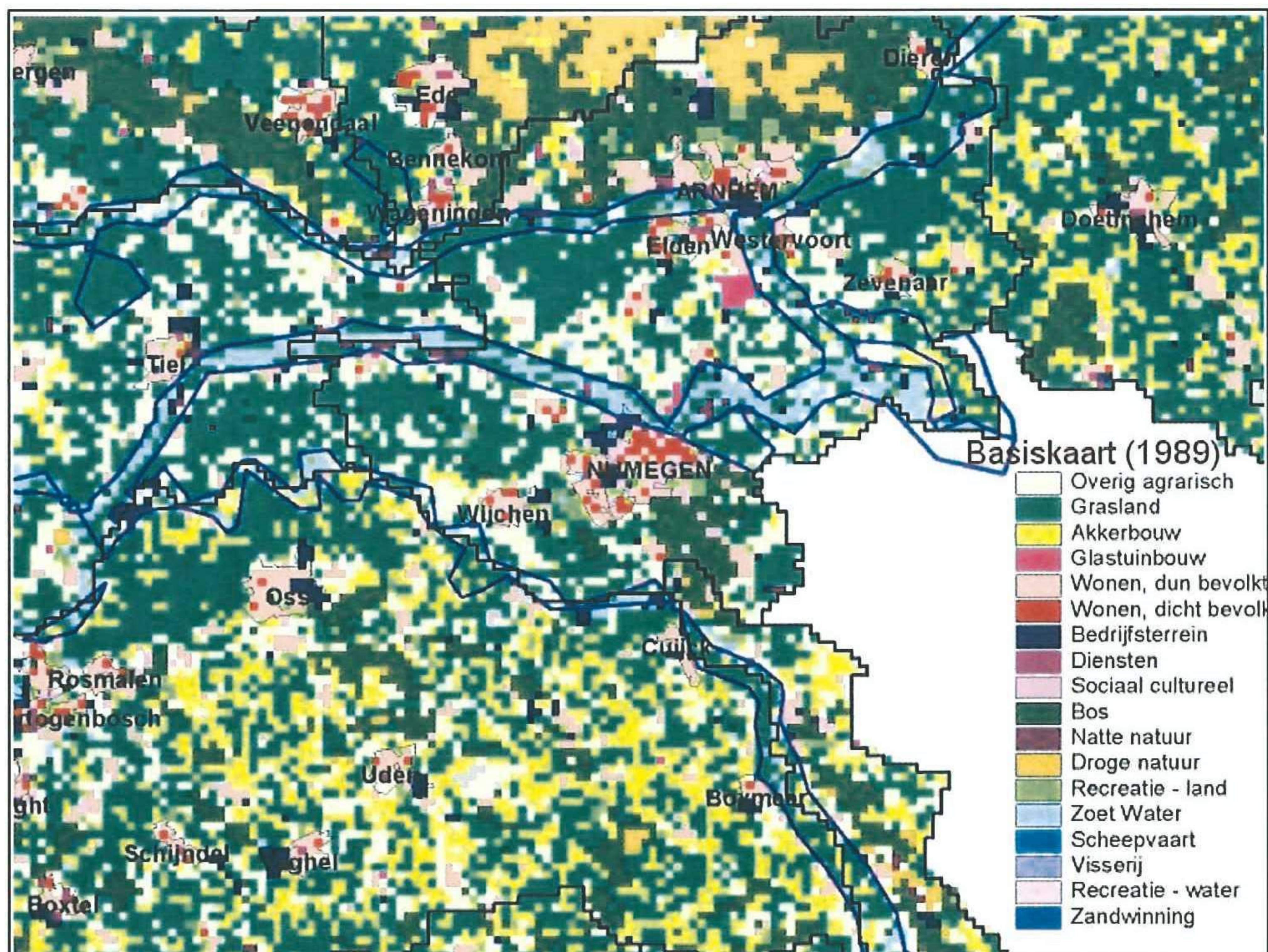
Figuur 40: Analyse Studiegebied Arnhem-Nijmegen voor het Ruimte "Kaart invoegen" scenario.

Interpretatie effect(en):

Regio Arnhem-Nijmegen

Kijkend naar de regio (Arnhem-Nijmegen) valt op dat de cellen die in onder de ruimteclaims liggen in het Vigerende scenario nog bebouwd raken in 2030, in de Ruimte-varianten vrij blijven van bebouwing. Dit is een verwacht én gewenst resultaat. Overigens valt in deze regio op dat in het Vigerende scenario de Nederrijn en de IJssel ook bebouwd raken. Dit heeft de volgende reden. De basiskaart van de LOV gaat uit van het zomerbed van de rivieren, wat een smaller profiel heeft dan de winterbedden (het winterbed komt enkele malen per jaar geheel onder water te staan). Zodoende blijft er na het "vergrinden" van de kaart naar het 500x500 m² grid van de LOV weinig rivierbed over en worden sommige delen van de rivier in de LOV-basiskaart Grasland of een andere functie. Vervolgens kunnen ze bij het Vigerend-scenario in 2030 bebouwd raken. Daarnaast staan er volgens de LOV-basiskaart ook enkele bebouwde cellen in het winterbed (met name bedrijfsterrein). Deze cellen blijven

door de hoge weerstand tegen verplaatsing daar ook in 2030 gelegen. Het een en ander is te zien in onderstaand figuur, waar de contouren van de ruimteclaims-kaart (deze volgt tussen Arnhem en Nijmegen het winterbed) op de basiskaart van de LOV gelegd zijn.



Figuur 41: Contour Zoekgebieden over basiskaart LOV (1989)

Dit verschijnsel kan op verschillende manieren voorkomen worden:

- Vergridding: Er kan een andere vergriddingsprocedure gevolgd worden die ervoor zorgt dat oppervlaktewater altijd een plek op de kaart krijgen. Nadeel hiervan is dat er dan grote gebieden, waar voor het grootste deel van de tijd geen water staat, niet voor andere functies gebruikt kunnen worden. Een andere oplossing is het verkleinen van de grid-maat (naar bijvoorbeeld 250x250 m²), opdat grote stukken rivier wel opgenomen kunnen worden in de kaart.
N.B.: Het vergrid-algoritme van de LOV zorgt ervoor dat per gebied het oppervlakte van een bepaald landgebruik overeenkomt met de werkelijke oppervlakte. Vandaar dat sommige cellen wel oppervlaktewater worden en aanliggende niet.
- Functie: Het is ook mogelijk om een nieuwe functie "Uiterwaard-grasland" in te voegen, die niet bebouwd mag worden door (kapitaalintensieve) stedelijke functies. Een andere, gelijksoortige, oplossing is het toevoegen van een kaart met de winterbeddingen, waarvoor dan een sterke ongeschiktheid geldt voor bebouwde functies.
- Geen handeling: als laatste kan gesteld worden dat het een logisch verschijnsel is dat, met de gebruikte celgrootte, clusters bebouwd gebied over water heen trekken door middel van een oeververbinding. Over de gehele cel gezien (2500m²) is dan het gebied bebouwd en is er slechts een klein stukje van dat gebied rivier/oppervlaktewater. Voor de simulatie van de LOV is dit echter van ondergeschikt belang.

Totaalbeeld Nederland

De kaart van heel Nederland laat zien dat er ook in gebieden en COROP's die ver van de Ruimteclaims liggen verschuivingen optreden ten opzichte van het Vigerende resultaat. Dit is op het eerste oog moeilijk te verklaren. Waarschijnlijk is het een gevolg van een combinatie van de terugkoppeling tussen de schaalniveaus (met name Lokaal vs. COROP) en de Cellulaire Automata-techniek. Het volgende proces kan namelijk optreden:

- 1) Stel dat een cel (of groep cellen) Bedrijfsterrein niet geplaatst wordt in een bepaalde COROP, omdat daar door de nieuwe restricties de gemiddelde geschiktheid van de COROP lager is geworden (koppeling Landelijk-COROP).

- 2) Dan wordt deze cel (of groep cellen) in een geheel andere COROP geplaatst, die een hogere geschiktheid heeft dan zijn (hun) oorspronkelijke COROP (uit het Vigerende resultaat).
- 3) Vervolgens ontwikkelt deze cel (of groep cellen) zich dankzij de CA-techniek en het Schaalvoordelenprincipe (opgenomen in het macromodel) tot een grotere groep cellen met functie Bedrijfsterrein. Hierbij spelen twee zaken:
 - a. Het Cellulaire Automata-model. Deze speelt namelijk een belangrijke rol in de berekening van de Transitiepotentiaal, waardoor het de druk vanuit de omgeving op een cel aan het model toevoegt. Als de omgeving door stappen 1) en 2) de functie bedrijfsterrein heeft gekregen, is de kans groot, dat deze cel ook Bedrijfsterrein wordt.
 - b. Het verdelingsmechanisme op macroniveau. Dit zorgt ervoor dat nieuwe bebouwde functies zich zoveel mogelijk vestigen rondom bestaand bebouwd gebied vanwege de ruimtelijk voordelen.
- 4) Dit proces versterkt zichzelf gedurende de looptijd van het model en zorgt ervoor dat de effecten van een initiële plaatsing versterkt worden en er een kern van bebouwd gebied kan ontstaan tot aan het einde van de simulatie.

Het proces dat in de stappen 3 en 4 omschreven is, is een doelstelling van CA-modellen, namelijk het simuleren van een dynamische ontwikkeling van een bebouwd gebied (inclusief uitbreidingen en verschuivingen). Verderop, bij de andere analyses, zal dit vaker aan de orde komen. Het is, globaal gesproken, de verklaring dat er toch grote veranderingen optreden in gebieden waar ten opzichte van het Vigerende scenario weinig veranderd is.

Naast verplaatsingen treedt er ook een ander verschijnsel op, namelijk verdichting c.q. verdunning. Het aantal cellen bebouwd gebied is voor de uitgevoerde scenario's verschillend, terwijl de productie en huisvesting (en dus de ruimte voor het aantal banen en woningen) gelijk moet blijven (deze wordt immers berekend vanuit de landelijke groeicijfers en niet beïnvloed door de eigenschappen van de gebieden en cellen).

De verdichting vindt plaats onder invloed van de formule voor landproductiviteit die in Bijlage 4.2 opgenomen is. Deze formule bepaalt de mate van concentratie (maximaal haalbare bebouwing voor productie of wonen) op basis van een combinatie van geschiktheid en bestemming. Hoe geschikter en meer bestemd een bepaald gebied is, des te hoger is de concentratiegraad. Bij een hogere concentratie zijn er minder cellen benodigd, wat het afnemende aantal cellen verklaart.

Het tegenstelde kan ook gebeuren: een functie kan onder invloed van beleid of ruimtedruk geplaatst worden op een cel (of groep cellen) die minder geschikt (en/of bestemd) is. Een lagere concentratie is het gevolg en er zijn meer cellen nodig om aan het benodigd aantal woningen en/of productie te komen.

In dit scenario neemt in verhouding met het vigerend scenario eerst het aantal cellen af (Bijlage 6.2) vervolgens minder af (+1) en bij +2 weer meer af. Dit verloop komt door de randomness, waardoor functies door niet direct aanwijsbare oorzaken op minder of meer geschikte cellen terecht kunnen komen.

Afwentelingskaart

Aanpassing:

De onderstaande kaart geeft de afwenteling weer, geclassificeerd naar 5 klassen. De laagste waarde is de laagste trap in de afstroming van water naar het Hoofdwater (rivier, zee, boezem, etc.). Zie ook paragraaf 5.3.3.

Uitgevoerde analyses:

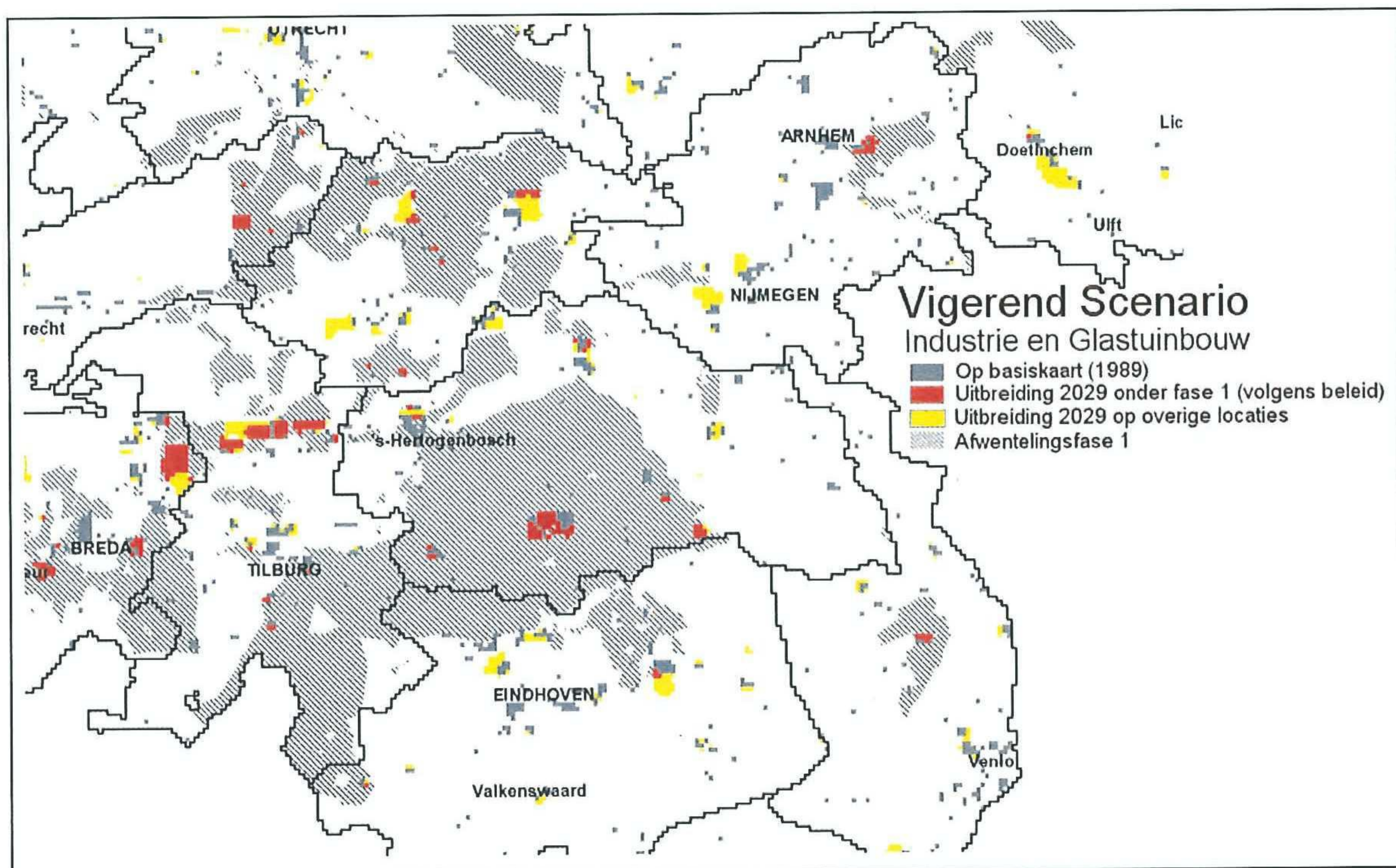
Microniveau	Macroniveau	
Kaart invoegen	Waarde +1	Waarde +2

Verwacht effect:

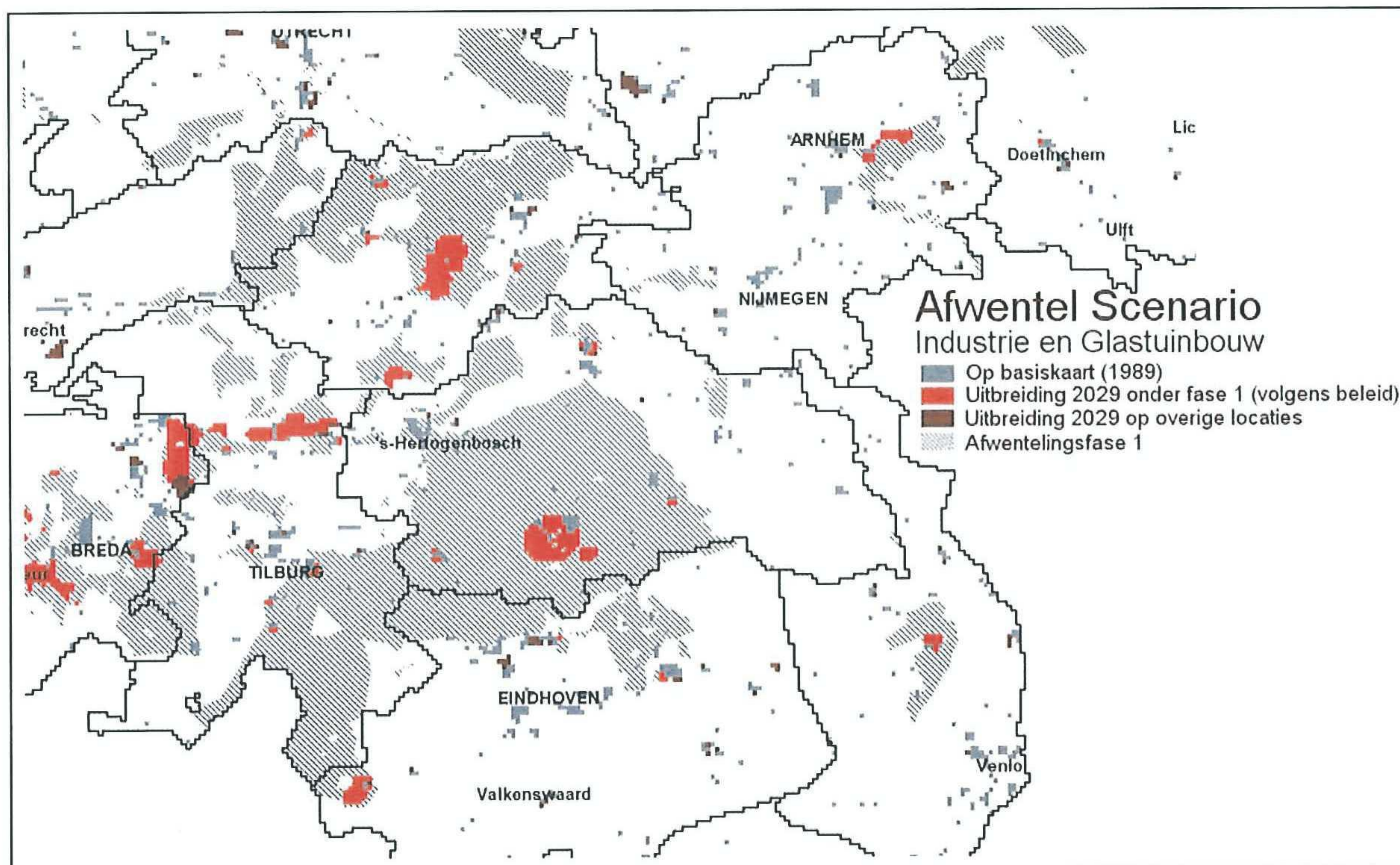
Door het expliciet aanwijzen van uitbreidingsgebieden vanaf 2009 voor de verschillende belastende gebruiksfuncties, wordt getracht de meest vervuilende functies te veroorzaken zo benedenstrooms mogelijk te plaatsen.

Dit wordt het best geïllustreerd door de verplaatsingen van de twee meest vervuilend geachte functies (Glastuinbouw en Industrie) weer te geven en te analyseren ten opzichte van de laagste fase in de afwatering. In de volgende kaartbeelden en getallen zullen dan ook alleen maar deze twee functies respectievelijk afgebeeld en behandeld worden.

Grafische analyse:



Figuur 42: Analyse Casegebied Vigerend



Figuur 43: Analyse Casegebied Afwentel

Interpretatie effect(en) (regionaal en landelijk):

De resultaten van het toevoegen van het afwentelingsprincipe aan de beleidskaarten van de LOV zijn volgens de verwachtingen. Zowel in het studiegebied als in het totaalbeeld is een duidelijke verplaatsing van de vervuilende functies Industrie en Glastuinbouw ten opzichte van de standaard versie. Dit is eveneens goed te zien in de cijfermatige analyse: het aantal cellen Glastuinbouw en Industrie dat volgens de optimale schakeling het best gesitueerd is, is namelijk bijna verdubbeld (van 27% naar 49%). Als de cellen Industrie en Glastuinbouw van het jaar 1989 niet meegenomen worden, en dus alleen de toename (ten opzichte van de het jaar 1989) van de cellen beschouwd wordt, is de invloed van de afwenteling nog sterker. In het vigerende scenario valt er namelijk slechts 32% van de cellen onder fase 1 van de afwenteling, terwijl dit bij de 3 aangepaste scenario's rond de 80% ligt (de cijfermatige analyse en het totaalbeeld zijn opgenomen in Bijlage 6.3).

Het geringe verschil tussen de vier alternatieve afwentelingsscenario's (Kaart, +1, +2) komt voort uit de invloed die de beleidskaarten hebben op het micro-niveau. Deze is namelijk voor alle gelijk en van grote invloed bij de verdeling op het lokale niveau (binnen de COROP).

In vergelijking met de Ruimteclaims-scenario's, zijn de effecten van de Afwentelingskaart groter en de resultaten beter te verklaren. Dit komt door de grotere oppervlakten aan restricties vanuit de afwenteling in verhouding tot die van de Ruimteclaims.

Wederom treedt er verdichting op. In vergelijking is het effect groter dan bij het Ruimteclaims scenario, omdat de veranderingen aan het beleid een groter oppervlak betreffen.

N.B.: voor Industrie is een toekomstvisie in de LeefOmgevingsVerkenner ingebouwd, waarbij een steeds sterkere verdichting (autonoom, onafhankelijk van locatie en andere) optreedt. Dit is gebaseerd op een technologische vooruitgang en transformatie van de industrie in Nederland.

6.4.2 Analyse Geschiktheidsvarianten

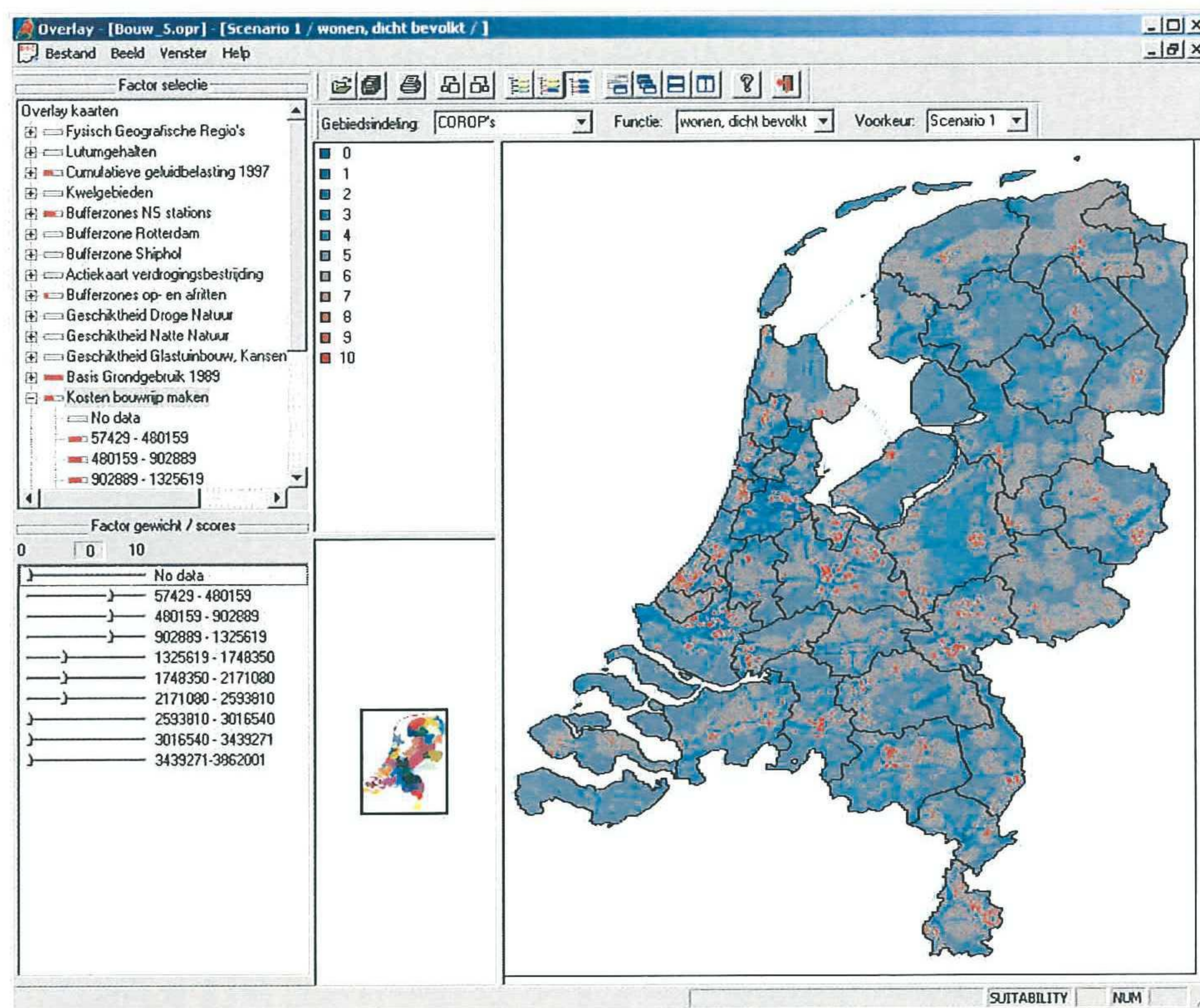
Combinaties

De mogelijkheden om de invloed van de nieuw toegevoegde geschiktheden te veranderen zijn groter dan bij de beleidskaarten:

- a) Allereerst kan op de geschiktheidskaart zélf een differentiatie aangebracht worden. Waar het beleid een waarde van 0 óf 1 kan hebben, heeft de geschiktheid voor een cel voor een bepaalde functie een waarde tússten 0 en 1.

De maximumwaarde van de kaart geeft de waarde aan waar de "hoofdschuif" in de Overlay-tool op staat. De waarden van de legendawaarden worden telkens zo ingesteld, dat er een herclassificatie ontstaat van 3 groepen.

In onderstaande figuur is dit weergegeven voor de instellingen van de kaart "Kosten bouwrijp maken".



Figuur 44: Voorbeeld instellen schuifjes t.b.v. scenario's geschiktheid

- b) Daarnaast kan de geschiktheid een grotere rol gegeven worden in de Transitiepotentiaalformule. Door de verhouding geschiktheid/beleed (1:4) om te zetten naar 1:1 of 4:1 wordt de invloed van de geschiktheid op het lokale model groter.
- c) Tenslotte kan, evenals bij het beleid, de invloed van de geschiktheid op de koppeling Landelijk-COROP verhoogd worden met een waarde tussen 0 en 2.

De hierboven aangegeven variabelen kunnen een enorme hoeveelheid aan combinaties opleveren. In het kader van dit project is het van belang dat de invloed van alle variabelen duidelijk wordt, zonder dat de analyse onoverzichtelijk wordt gemaakt door een stortvloed aan scenario's. Daarom is er gekozen om bij het toevoegen van de geschiktheidskaarten de volgende combinaties uit te voeren:

Maximum waarde geschiktheidskaart									
5					10				
Potentiaalformule Waarde		Macro			Potentiaalformule Waarde		Macro		
0,2	0,5	0,8	+1	+2	0,2	0,5	0,8	+1	+2

Naast deze 10 scenario's is er voor de geschiktheidsvarianten ook een "extreme" variant uitgevoerd. Hierbij worden alle maximale waarden van bovenstaand overzicht tegelijk ingevoerd:
Geschiktheidskaart 10 / Potentiaalwaarde 0,8 / Macro-koppeling +2

Studiegebied

De toegevoegde kaarten van beide geschiktheidsvarianten (Kosten bouwrijp maken en Risico) hebben vooral invloed op de geschiktheid van het westen van Nederland (Laag-Nederland). Hierdoor is het interessant om te kijken naar een ander, meer westelijk gelegen gebied dan de regio Arnhem-Nijmegen en de (relatieve) verschuivingen van West naar Oost.

Kosten bouwrijp maken

Aanpassing

De kosten voor bouwrijp maken zijn berekend volgens het waterneutraal bouwen principe. De kaart die is toegevoegd kent een herindeling naar tien categorieën, waarbij sommige gebieden (in het westen) zoveel duurder zijn, dat er in de één na hoogste klasse geen cellen zitten. De kaart met de kosten voor bouwrijp maken staat in paragraaf 5.3.2.

Bij de analyse wordt bekeken wat de invloed is van de nieuwe geschiktheidskaart. Hiervoor worden vergelijkingen gemaakt met de verplaatsingen in de verschillende scenario's ten opzichte van de locaties waar de hoogste kosten gelden. De invloed van de nieuwe geschiktheidskaart op de totale geschiktheid is weergegeven in bijlage 6.4.

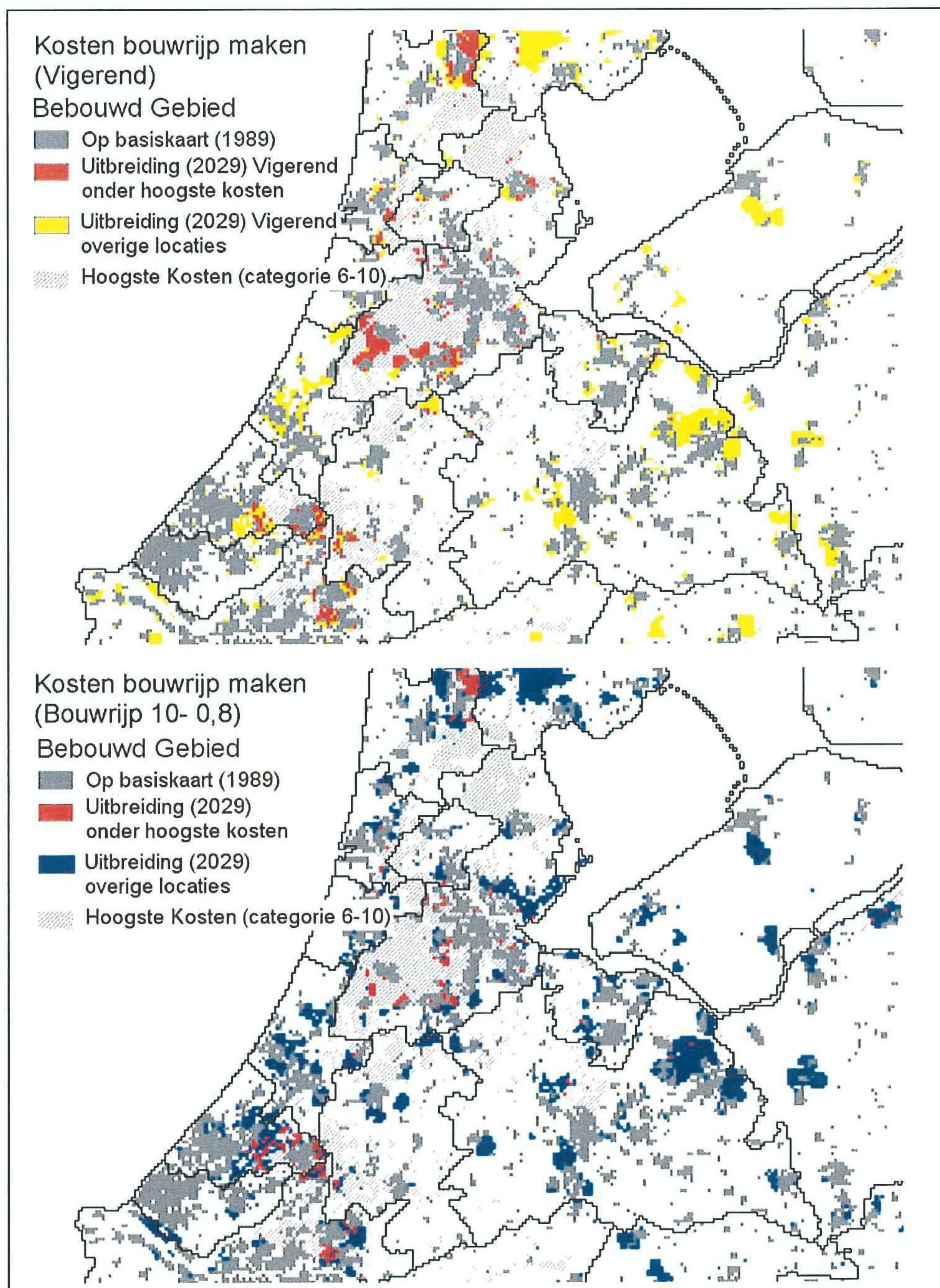
Uitgevoerde analyses:

In totaal zijn er elf analyses uitgevoerd, welke aan het begin van de paragraaf omschreven zijn.

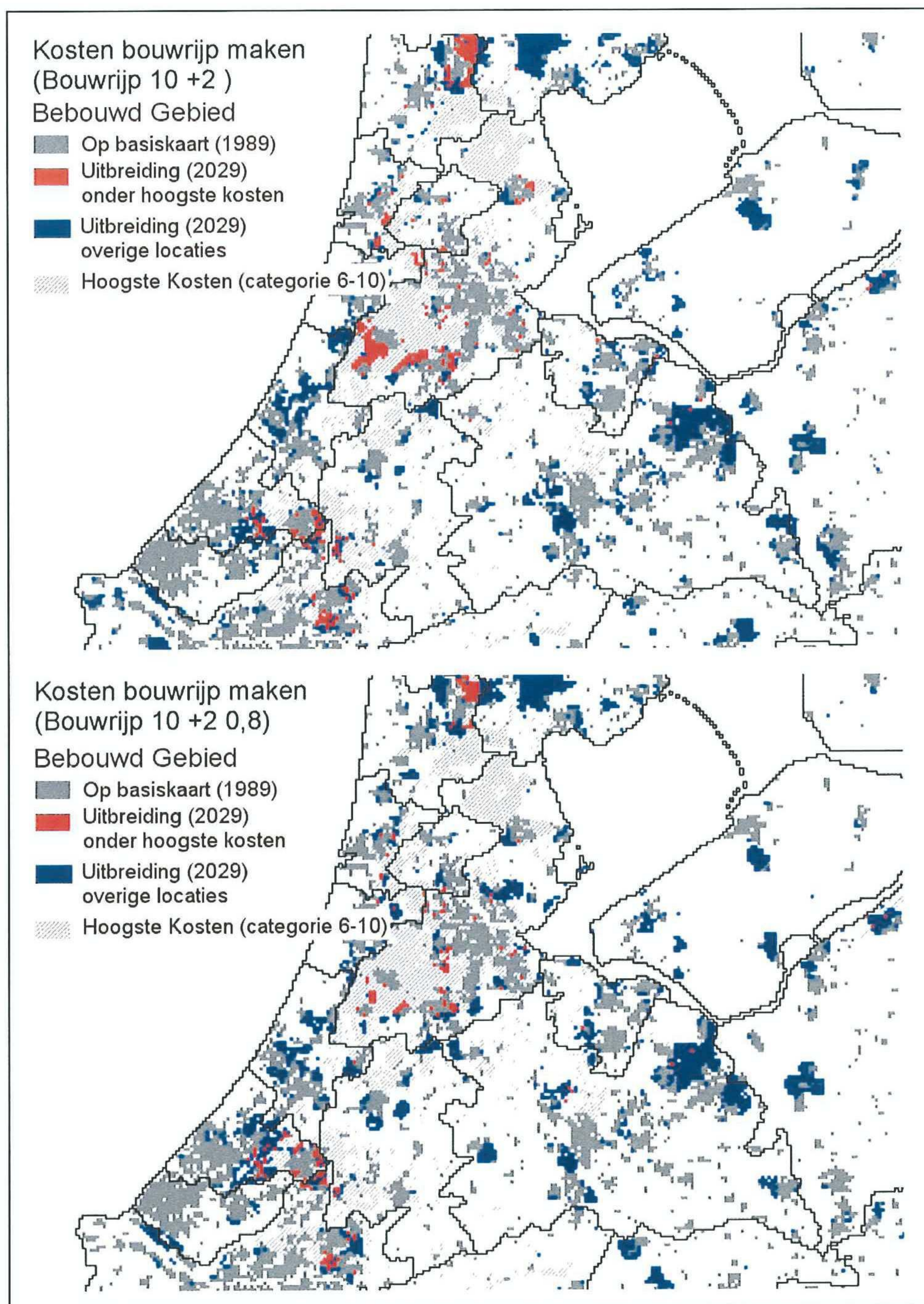
Verwacht effect:

Vanwege het toevoegen van de investeringskosten aan de geschiktheid voor bebouwd gebied, is het in het westen van Nederland minder gunstig om te bouwen. Een verschuiving van de bebouwde functies van west naar oost en lokale verplaatsingen in West-Nederland (veroorzaakt door de natte veengebieden met de diepe draagkrachtige zandlaag) zou het gevolg moeten zijn.

Grafische analyse:



Figuur 45: Analyse studiegebied Randstad. Vigerend boven en Bouwrijp 10 - 0,8 onder



Figuur 46: Analyse studiegebied Randstad. Bouwrijp 10 +2 boven en Bouwrijp 10 +2 onder

*Interpretatie effect(en):*Regionaal en Landelijk

Het model reageert volgens verwachting, alleen niet zo sterk. Duidelijk is het verschil tussen het Vigerende en de Bouwrijp maken scenario's wat betreft het aantal nieuwe (in verhouding tot 1989) bebouwde cellen op de duurdere gronden. Er spelen hierbij enkele opvallende zaken, waardoor de effecten minder groot zijn dan aanvankelijk verwacht werd:

- a) Met name de bouwrijp-scenario's waarbij de invloeden op het micro-niveau aangepast zijn, leveren de grootste verschillen. Dit heeft een tweetal redenen:
 1. Ondanks de lagere geschiktheid, weegt de ruimtedruk en de inrichting in West-Nederland (Randstad) zodanig zwaar dat, op basis van het CA-model, zowel op Macro- als op Micro-model het aantal nieuwe cellen in dat gebied gelijk blijft.
 2. De gebieden met de hoogste kosten voor bouwrijp maken hebben, in verhouding tot de goedkopere gebieden, een klein oppervlak. Dit in combinatie met reden 1. veroorzaakt de slechts geringe trek uit het westen richting het oosten.
- b) Dat er bij het 10 – 0,8 scenario geen duidelijke verschuivingen oostwaarts optreden, is niet zo vreemd. De aanpassingen zijn hier immers lokaal en werken niet over grote afstanden als west en oost. Maar ook bij het 10 +2 (verandering op Macro-niveau) scenario is er nauwelijks een verschil met het Vigerende scenario. Dit heeft de volgende redenen:
 1. Door eerder genoemde schaalvoordelen zal nieuw bebouwd gebied eerder in de buurt van huidig bebouwd gebied plaats vinden en minder snel uitbreiden op een legere omgeving.
 2. In het westen, waar je enkele veranderingen zou verwachten op grond van de lagere geschiktheid vanuit bouwrijp maken, geldt er een hoge ruimtedruk. Deze zorgt ervoor dat de geschiktheid vaak "overruled" wordt door de omgeving (CA-model, annex Functionele Potentiaal).
 3. De relatieve verandering van de geschiktheid voor bebouwd gebied is niet zo groot: er worden enkele nuanceverschillen aan de geschiktheid van West-Nederland toegevoegd, maar over het geheel gezien (buiten de plekken met de hoogste kosten) blijft de geschiktheid relatief gelijk.

N.B.: De evenwichtssituatie die zich rond de parameters van het macromodel voordoet (zie analyse Vigerend scenario), treedt ook hier op. Wederom zouden nieuwe ontwikkelingen in de ruimtelijke inrichting vertegenwoordigd kunnen worden in nieuwe paramaters voor 1996 en verder.

Risico beperken

Aanpassing

Om de geschiktheid zodanig aan te passen dat het overstromingsrisico hierin een rol speelt, zijn er drie kaarten toegevoegd:

- 1) Kaart met economische risico per Dijkkring
- 2) Kaart met inwoners risico per Dijkkring
- 3) Kaart met overstromingsdiepte t.o.v. NAP (heel Nederland)

In Bijlage 4.5 is het samenstellen van de kaarten in de Overlaytool opgenomen.

Uitgevoerde analyses:

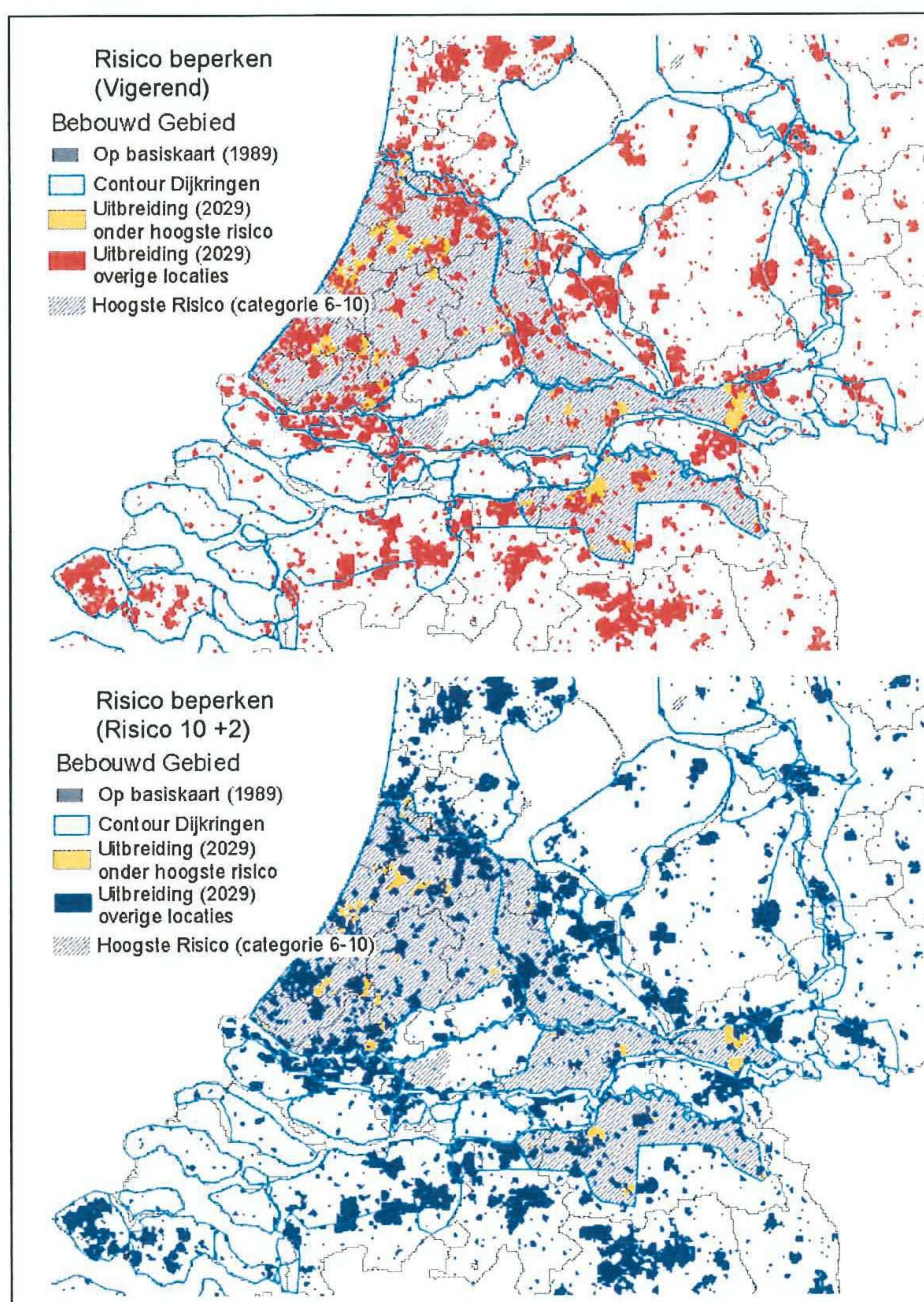
Gelijk als bij geschiktheidsscenario's "Kosten Bouwrijp Maken".

Verwacht effect:

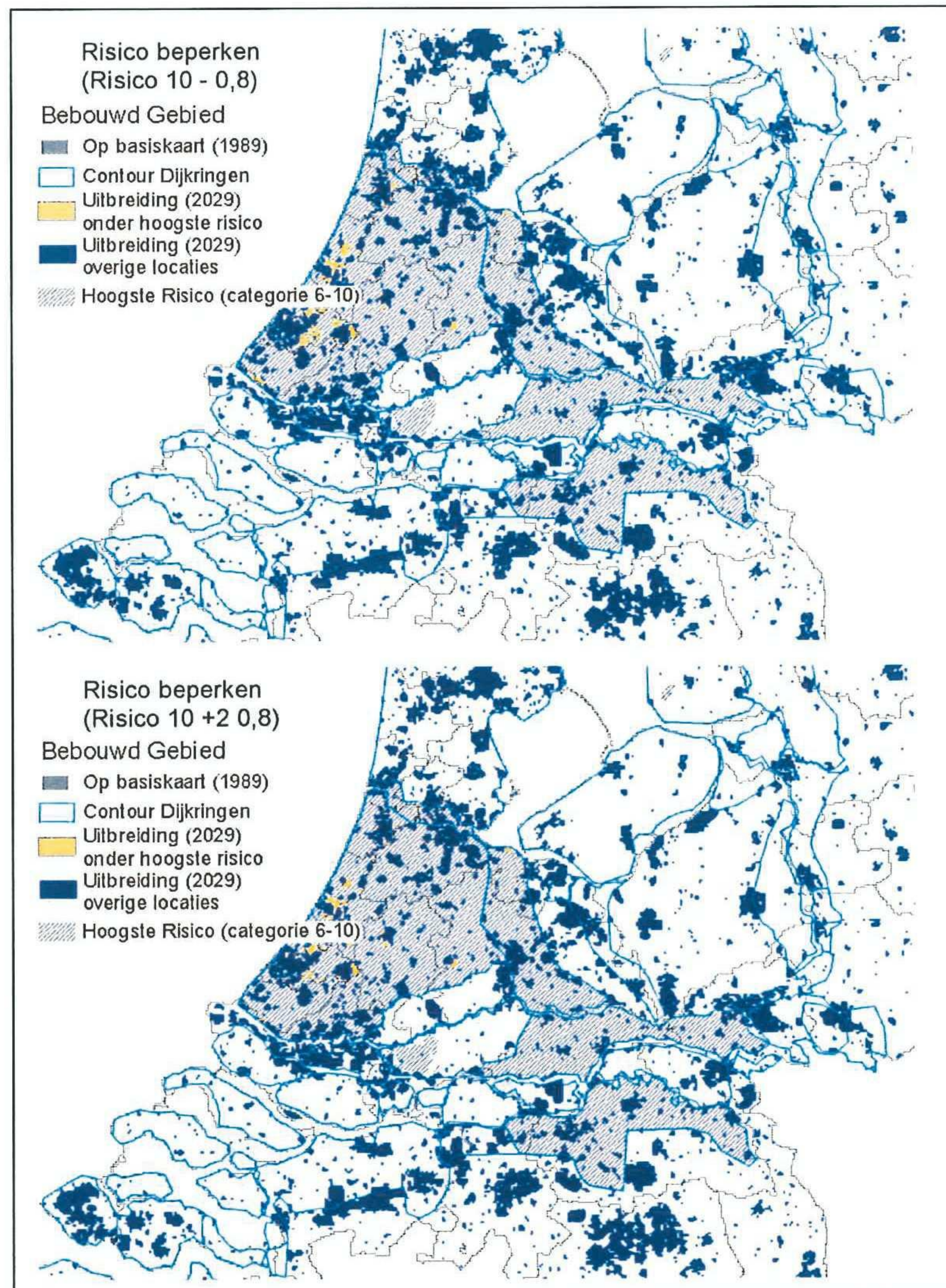
De twee Dijkkring-kaarten geven een extra geschiktheid aan de hoger gelegen, veiliger, gebieden. Deze hebben namelijk een relatief laag overstromingsrisico, zowel economisch als qua inwoners aantal, en zijn daarom meer geschikt voor nieuwe bebouwing. De kaart met de overstromingsdiepte geeft de lager gelegen gebieden (onder de zeespiegel) een extra nuance.

Op grond van de aanpassingen wordt landelijk een verschuiving oostwaarts verwacht en regionaal in het westen kleine verschuivingen uit de diepste delen van de polder.

Grafische analyse:



Figuur 47: Analyse studiegebied Randstad Risiko scenario (boven: Vigerend scenario, onder Risiko 10 +2)



Figuur 48: Analyse studiegebied Randstad Risico scenario (boven: Risico 10 – 0,8 scenario, onder Risico 10 +2 – 0,8)

Interpretatie effect(en):

In vergelijking met de voor "kosten bouwrijp maken" aangepaste geschiktheid, zijn de effecten groter. Dit komt voort uit de grotere verschillen in aangepaste geschiktheden, die zich niet alleen in de (volgebouwde) Randstad voordoen. Wederom treedt er een verschuiving op van West naar Oost, met het verschil dat bij de plaatsing van nieuwe bebouwde cellen de ligging van de dijkkringen nu een grote invloed heeft.

In de Excel-grafieken (Bijlage 6.5) zijn de resultaten bij deze analyse meer volgens verwachting. Dat wil zeggen dat er in verhouding tot de Bouwrijp-scenario's een duidelijke trek naar Oost-, Zuid-, Noord-, Nederland optreedt. De grootste verschuiving is te zien bij de 10 +2 variant, die met name veranderingen op macroniveau teweegbrengt. Opvallend is in deze ook het geringe verschil tussen de "extreme" en de 10 +2 variant, wat nogmaals illustreert dat de koppeling Landelijk-COROP verantwoordelijk is voor bovenlokale verplaatsingen. Deze koppeling blijft echter sterk beïnvloed door de macromodelparameters en de schaalvoordelen op regionaal niveau, zoals al bij de analyse van het vigerend scenario (paragraaf 6.3.1) bleek.

6.4.3 Analyse Transitierregels CA-model

Aanpassing

Invoegen principe van Compact-bouwen, door het aanpassen van de afstandsregels bebouwd gebied vs. Grasland en Natte Natuur. Een voorbeeld van de nieuwe regels is te vinden in paragraaf 5.3.1.

Verwacht effect:

Volgens het Compact Bouwen-principe zouden er twee effecten op moeten treden:

- De transitierregels voor het bebouwd gebied zijn aangepast om te bereiken dat de cellen met functie Grasland en Natte Natuur vrij blijven van bebouwing. Zo kunnen deze gebieden beschikbaar blijven voor invulling als retentie- of calamiteitengebied. Omdat landbouwfuncties in de meeste gevallen de "Ruimteleverancier" voor overige, bebouwde, functies zijn, zal het stedelijk gebied zich vanwege het ontbreken van alternatieven zich zoveel mogelijk uitbreiden op de functies Overig Agrarisch en Akkerbouw.
- De negatieve relatie met Grasland en Natte Natuur in de directe omgeving (afstand = 0 en 1 cel) moet ervoor zorgen dat uitbreidingen van het bebouwd gebied meer (of zoveel mogelijk) tegen bestaand bebouwd gebied worden aangebouwd. Op deze wijze kan namelijk bereikt worden dat er minder uitlopers of nieuwe kernen op Grasland en Natte Natuur ontstaan en meer tegen bebouwd gebied aan (naast bebouwd gebied is de invloed van de omgeving (de stad) sowieso sterk, vanwege de CA-regels van bebouwde functies op bebouwde functies)

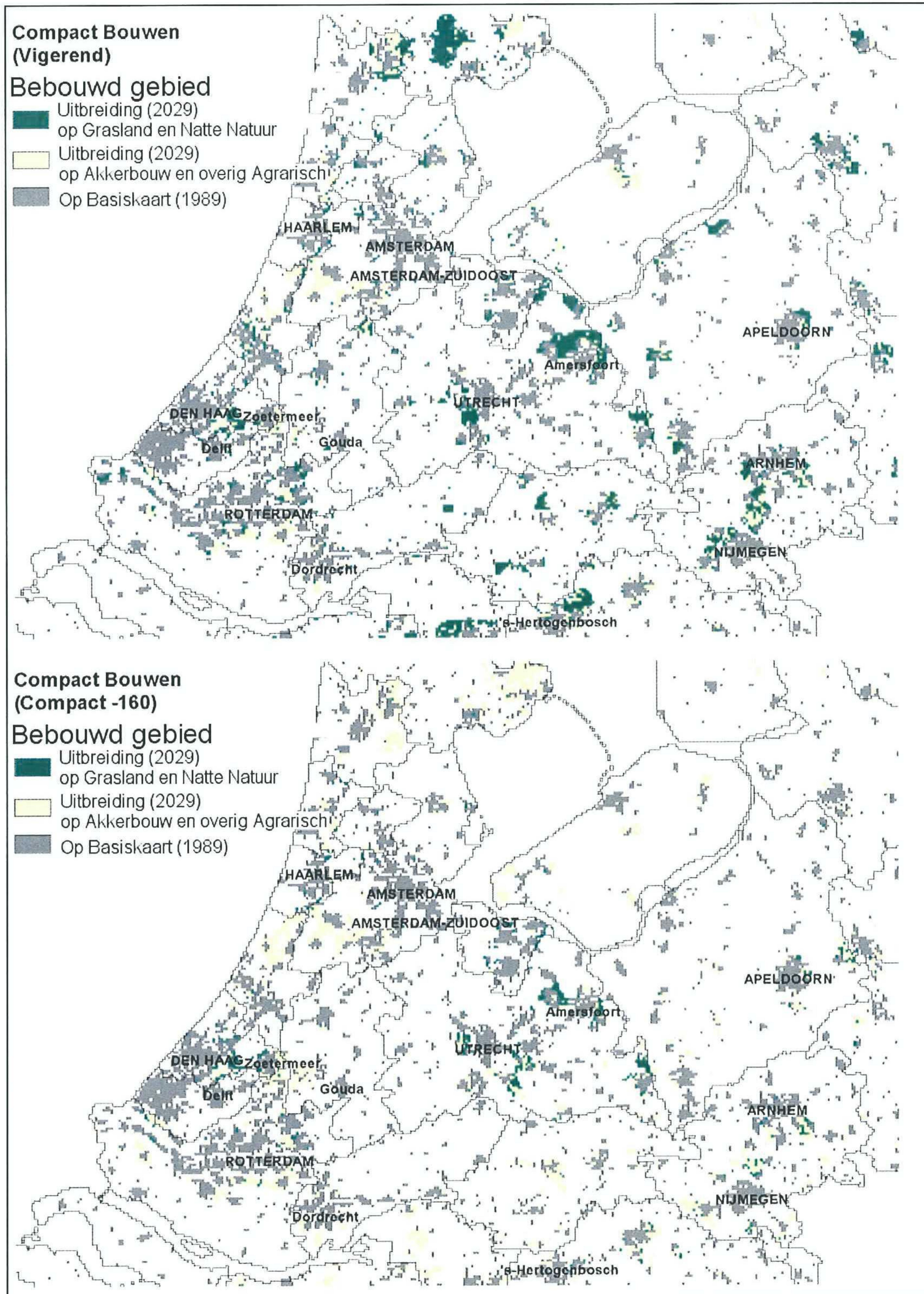
Zoals in paragraaf 5.3.1 al beschreven is, zijn de afstandregels als volgt aangepast. Op afstand 0 (invloed functie cel op de cel zelf) is de relatie met Grasland en Natte Natuur negatief en op afstand 1 ook, maar dan gehalveerd. In totaal zijn er 9 scenario's getoetst die elk een groter negatief effect van Grasland en Natte Natuur op bebouwd gebied impliceren.

In Bijlage 6.6 staat de basiskaart (1989) van de LOV met enkel de functies Akkerbouw/Overig Agrarisch en Grasland/Natte Natuur.

Uitgevoerde analyses:

	Scenario								
Afstand	-5	-10	-20	-40	-80	-160	-320	-500	-1000
d = 0	-5	-10	-20	-40	-80	-160	-320	-500	-1000
d = 1	- 2,5	-5	-10	-20	-40	-80	-160	-320	-500

Grafische analyse:



Figuur 49: Analyse studiegebied Midden-Nederland . Vigerend, boven,, compact -160 onder..

Interpretatie effect(en):

De invloed van het CA-model op de totale uitkomst van het model is groot. In de transitiepotentiaalformule speelt het, vergeleken met geschiktheid en beleid, een grote rol in de toedeling op lokaal niveau. Dit geldt met name in de gebieden waar er geen vastgestelde bestemming voor één functie is, wat voor een groot deel van het landbouwgebied in de LOV opgaat.

Nu de regels aangepast zijn voor Grasland en Natte Natuur op bebouwd gebied, is er eigenlijk aan het model opgelegd dat eventuele uitbreidingen minder snel op Grasland en Natte Natuur plaatsvinden en meer op andere landbouwfuncties (Akkerbouw en Overig Agrarisch). Of dit, bekeken vanuit de functies zelf, een natuurlijk proces is, is te betwijfelen. Het is meer een soort beleidsvoornemen. Het verschil met het invoegen van beleidskaarten is dat bij het aanpassen van de CA-regels een dynamische, actievere restrictie opgelegd kan worden. Het CA-model bepaalt namelijk elke tijdstap opnieuw de invloed van de omgeving op een cel en weegt de negatieve relatie (met Grasland en Natte Natuur) af tegen de positieve CA-waarden vanuit andere bebouwde cellen.

De resultaten van de Compact Wonen scenario's zijn volgens verwachting. Uit de cijfermatige en grafische analyse blijkt dat zowel het vrijhouden van Grasland en Natte Natuur als het compact bouwen tegen bestaand stedelijk gebied plaatsvindt.

Als de nieuwe afstandsregels zwaar genoeg worden ingezet (-160 en lager) is de toename van nieuwe cellen bebouwd gebied voor honderd procent (en meer) gevestigd op grasland. Dit betekent dat er onder invloed van omliggend Grasland en Natte Natuur, bestaand bebouwd gebied (1989) omgezet wordt naar een andere functie en dat er een gedeelte van het bebouwd gebied in 1989 verplaatst is naar Akkerbouw en Overig Agrarisch. Daarbij komt dat veel stedelijk gebied omsloten wordt door grasland (meer dan door Akkerbouw en Overig Agrarisch) en dat een geforceerde keuze tot een hogere concentratie bebouwd gebied kan leiden. Dit verklaart ook het sterk afnemende aantal cellen bebouwd gebied (het aantal woningen en werkplaatsen dat een plek moet krijgen is namelijk voor elk scenario opgelegd door het Landelijke System Dynamics-model).

6.5 Specifieke Analyses: Monte Carlo Analyse en Extreme test

In de rapportage van de uitgevoerde analyses in paragrafen 6.3 en 6.4 is vastgehouden aan het stappenplan van het Handboek Good Modelling Practice. Om meer inzicht te krijgen in de werking van de LOV zijn ook nog enkele andere analyses uitgevoerd. Deze zijn opgenomen in Bijlage 6.7 en 6.8 en worden hieronder kort behandeld.

Monte Carlo Analyse (Bijlage 6.7)

Deze analyse is bij de bespreking van het stappenplan reeds aan de orde gekomen. Toen is naar voren gekomen dat het met de LOV niet mogelijk was om een gangbare Monte Carlo Analyse uit te voeren, maar dat met de LOV wel een "alternatieve" MC Analyse gedaan kan worden. Met behulp van deze analyse is het mogelijk om de invloed van de random-factor op een x aantal jaren te testen. In het kader van dit onderzoek is deze analyse toch uitgevoerd, omdat uit het voorgaande bleek dat deze randomfactor (in samenwerking met de overige modelaspecten van de LOV) een grote invloed heeft op de resultaten. De MC-analyse is gemaakt aan de hand van een 25-tal runs voor de dynamische bebouwd gebied functies. De belangrijkste conclusie die eruit opgemaakt kan worden is dat de randomfactor, welke bij de uitkomst van de transitiepotentiaal opgeteld wordt, vooral effect heeft in gebieden waar geen tot weinig beleid en overige bebouwde functies aanwezig zijn. Dan is de sommatie van de afzonderlijke parameters (beleid, geschiktheid, CA-omgeving en Toegankelijkheid) in de transitiepotentiaalformule immers laag en krijgt de randomfactor meer invloed. De random-formule (zie ook figuur 15) heeft het grootste aantal waarden rondom 0. Dit verklaart dat uitbreidingen toch zoveel mogelijk volgens de logische principes, onder andere: bebouwd gebied naast bestaand bebouwd gebied, geplaatst worden. Een gedetailleerde verklaring van de uitkomsten én een afbeelding van de analyse staan in Bijlage 6.7.

Extreme test Water-LOV RIKS (Bijlage 6.8)

In opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) heeft het Research Institute for Knowledge Systems (RIKS), de softwareontwikkelaars van de LOV, een andere Water-LOV gemaakt. Het verschil met de versie die in deze studie behandeld wordt, is dat er aan de RIKS-versie enkele softwarematige aanpassingen gemaakt zijn die kunnen simuleren dat het oppervlaktewater in Nederland toeneemt. De invoer van deze toepassing komt uit een veronderstelde vraag naar waterberging in de toekomst. De locaties waar water zich het eerst en het best kan "vestigen" zijn afhankelijk van de economische waarde van dat gebied en de hoogteligging: hoe minder waardevol en hoe lager gelegen, des te groter is de kans dat het gebied opgevuld wordt door water. De "vraag naar zoet water" moet voor elke COROP per jaar (of periode) ingesteld worden. Het doel van deze analyse is om te kijken hoe de LeefOmgevingsVerkenner reageert op extreme (water)omstandigheden.

De uitgevoerde test omvat een sterke toename van oppervlakte water in de omdijkte gebieden: waar dijken liggen, komt de COROP voor een groot deel onder water te staan. De resultaten zijn volgens verwachting. Grote delen bebouwd gebied trekken naar de hoger gelegen gebieden (waar geen dijken nodig zijn). Dit geldt voor de basisbebouwing (1989) als alle uitbreidingen. Wat het meest opvalt aan de resultaten, is de verdunning die optreedt. Zo neemt de functie bebouwd gebied in 2029 meer ruimte (cellen) in dan volgens het standaard Vigerend scenario. Deze verdunning is te wijten aan het feit dat het bebouwd gebied naar locaties geforceerd wordt, waar het minder gunstig is. Uitgebreidere bespreking, inclusief figuren en bepaling van de vraag naar water per COROP staat in Bijlage 6.8.

6.6 Conclusie analyse en toepassingen LOV

Uit de analyses die in dit hoofdstuk gemaakt zijn, blijkt dat de nieuwe functionaliteiten in de LOV meestal de verwachte resultaten opleveren. Hierbij geldt: hoe groter de aanpassing (qua gewichten, maar bij de kaarten ook qua oppervlak) des te duidelijker zijn de verschillen. De nieuwe resultaten zijn in die gevallen ook beter te verklaren. Immers bij het toevoegen van de restricties in het kader van de Zoekgebieden voor Kust en Rivieren, zijn de veranderingen aan de totale beleidskaart relatief klein, maar de effecten groot. Ook op een grotere afstand. De verklaring hiervoor, gegeven in paragraaf 6.4.1, is vanuit modelkundig opzicht plausibel, maar voor de onervaren gebruiker van de LeefOmgevingsVerkenner (beleidsmakers, geïnteresseerden, en dergelijke) moeilijk te begrijpen. Deze groep zou daarop de uitkomsten van ruimtelijke modellen kunnen laken en er geen waarde aan hechten.

Eén van de doelstellingen van het project, de invloed van de water - ruimtelijke ordening relaties op de uitkomsten van een ruimtelijk model onderzoeken, is in dit hoofdstuk aan bod gekomen. In deze concluderende paragraaf is slechts kort ingegaan op de resultaten en hun betekenis voor het onderzoek. Meer over de waarde van een ruimtelijk model, zijn relatie met water en zijn uitkomsten staat in hoofdstuk 7 "Conclusies en Aanbevelingen"

7 Conclusies en Aanbevelingen

Uit de probleemanalyse van hoofdstuk 1 Inleiding zijn enkele belangrijke onderzoekspunten naar voren gekomen. Deze punten waren grofweg onder te verdelen in drie groepen (met in het kort hun subpunten):

1. **Beleidsterreinen Water en Ruimtelijke Ordening**
 - Studie verleden, heden en toekomst – met name de samenhang
 - Relatie water en ruimtelijke ordening kwantificeren
 - Informatiebehoefte beleidsmaker
2. **Ruimtelijk Model**
 - Bestuderen van de werking van een ruimtelijk model (hier: de LeefOmgevingsVerkenner)
 - Onderzoek naar de mogelijkheid van een ruimtelijk model om in beleidsbehoefte te voorzien
 - Toevoegen water-RO relatie aan het model
 - Analyseren en toepassen aangepast model
3. **Integratie**
 - Vaststellen of een ruimtelijk model vragen van een beleidsmaker kan beantwoorden
 - Aangeven mogelijke toekomstsporen modelinstrumentarium
 - Beschouwing totale onderzoek

Dit laatste hoofdstuk geeft een opsomming van de conclusies en aanbevelingen per hierboven genoemde groep. Elke groep wordt behandeld in een aparte paragraaf.

7.1 Beleidsterreinen Water en Ruimtelijke Ordening

Conclusies

Uit de literatuurstudie van hoofdstuk 2 is gebleken dat er een sterke behoefte en wens is naar een verdere integratie van de beide beleidsterreinen water en ruimtelijke ordening. In de meest recente beleidsnota's komt dit ook sterk naar voren. De wijze waarop dit gebeurt, is bepalend voor het slagen van deze nota's. Vast staat dat de ruimte, die onder de autonome ruimtelijke ontwikkelingen al zwaar onder druk staat, optimaal benut moet worden, willen er ook voor de waterproblemen ruimte-intensieve oplossingen gebruikt worden. Meervoudig landgebruik biedt hierbij wellicht uitkomst. De relatie water-RO werkt twee kanten op: vanuit de RO is een goede bescherming van kapitaalintensieve landfuncties tegen hoogwater nodig en moet water onder andere voor de landbouw een ondersteunende c.q. faciliterende rol kunnen blijven vervullen. Aan de andere kant is een schoon en goed werkend watersysteem alleen mogelijk wanneer er een goede afstemming plaatsvindt met ruimtelijke ordening. Het waterbeheertechnisch juist situeren van (zwaar) vervuilende functies is hiervan een bekend voorbeeld.

In dit onderzoek is voor de relatie 'stedelijk gebied-waterbeheer' aangetoond dat het mogelijk is de belangrijkste invloedsfactoren te kwantificeren.

Het blijft echter lastig om de relatie water-RO in de volle breedte te kwantificeren. Een dergelijke kwantificering in de vorm van dosiseffect-relaties is echter wel van belang, wil water een correcte plaats in een ruimtelijk model krijgen. Om de complexiteit van het model in de hand te houden, moet ervoor gezorgd worden dat in elk geval de belangrijkste relaties meegenomen worden. Hiertoe moeten in overleg tussen de beleidsmaker en de onderzoeker prioriteiten gesteld worden. Zo kan het aantal relaties beperkt blijven en water een verantwoord aspect van ruimtelijke modellen zijn.

Aanbevelingen

Verder onderzoek is gewenst naar de:

- Grootte van de werkelijke (wederzijdse) afhankelijkheid van water en ruimtelijke ordening. Hoe sterk zijn de in dit rapport (en in het algemeen) aangenomen relaties? Zijn bijvoorbeeld de maatregelen die voor de veiligheid tegen overstromingen nodig zijn werkelijk zo ingrijpend?
- Best mogelijke inpassing van grote ingrepen als calamiteitenpolders en functieafstemming en -lokalisering. Het is nu nog vaak gebruikelijk dat er vanuit één beleidstak naar de oplossing van problemen wordt gekeken (bijvoorbeeld: er moet een bepaald debiet afgevoerd kunnen worden).

Dit terwijl een meer kansgerichte aanpak win/win-situaties voor water én ruimtelijk ordening kan opleveren. Hierbij moet dan niet alleen gedacht worden aan een combinatie van natte natuur en rivierverbreding, maar ook aan een hoger gebruiksnut voor de bevolking door de aanleg van speciale woonwijken.

- Autonome ontwikkelingen die in beide beleidstakken voor waar aangenomen worden. Er bestaan immers nog altijd grote onzekerheden over de klimaatverandering, bevolkingsgroei, verloop van de welvaart en economie en andere voor de beleidsmaker belangrijke toekomstige eigenschappen.

Vraagstukken zoals die in deze paragraaf gesteld zijn kunnen het beste aangepakt worden door een combinatie van waterbeheerders en ruimtelijke planologen, op een dusdanige wijze dat beide belangen goed vertegenwoordigd zijn en er gesproken kan worden over kansen in plaats van problemen.

7.2 Ruimtelijk Model LeefOmgevingsVerkenner

In dit onderzoek is voornamelijk het ruimtelijk model "de LeefOmgevingsVerkenner" aan de orde gekomen. Er zijn natuurlijk nog vele andere modellen met elk hun eigen modeltechnieken. Dat de keuze op de LOV is gevallen komt door de beschikbaarheid van model en informatie en de betrokkenheid die bij het RIZA aanwezig was (zie ook paragraaf 1.2 Probleemanalyse).

Conclusies

De LeefOmgevingsVerkenner (LOV) is een State of the Art model. Het model is nu zo'n 4 jaar in ontwikkeling en is, mede door de inspanningen van het RIVM en RWS, bijgewerkt met de laatste inzichten, zowel qua techniek als inhoudelijk. De manier waarop verschillende technieken (per schaalniveau) met elkaar geïntegreerd zijn en de terugkoppeling ertussen is, voor zover bekend, uniek voor dit soort modellen.

Het oorspronkelijke doel van de LOV, het verkennen van de doorwerking van verschillende beleidsopties op de kwaliteit van de fysieke leefomgeving, is bereikt: beleidskaarten kunnen redelijk eenvoudig ingevoegd worden waarmee restricties voor bepaalde functies aan het model toegevoegd worden. Ook het werken met geschiktheidskaarten is een snelle wijze van het toekennen en aanpassen van de ceileigenschappen.

Het macromodel biedt door het COROP-niveau een goede schakeling tussen landelijk en lokaal. Het is voor de eerste periode (1989-1995), op de hoeveelheid van glastuinbouw in 1989 na, goed gecalibreerd. Echter voor volgende jaren treedt er een evenwichtssituatie op rondom de macromodelparameters, waardoor grote verschuivingen op regionaal niveau, bijvoorbeeld tussen west en oost, niet meer optreden. Deze parameters zijn blijkbaar erg belangrijk en geven de indruk dat de andere processen, verdeling op basis van geschiktheid, beleid en omgeving en aantrekkelijkheidsstrijd voor functies tussen COROP's onderling, erdoor overstemd worden.

Op lokaal niveau ligt het 500x500 grid van de cellen. In hoofdstuk 3 is beschreven dat naast het beleid en de geschiktheid het Cellulaire Automata (CA)-model een grote invloed heeft op dit laagste schaalniveau: dit geeft de dynamiek (aantrekking en afstoting) tussen functies weer op basis van afstandsgerelateerde regels. Deze zijn vastgesteld aan de hand van een historische calibratie op kaartpatronen. Ze beelden dus niet het gedrag van de actoren in een willekeurige cel uit, maar de resultaten van hun gedrag. Hierdoor en vanwege het feit dat de regels zich niet aanpassen met tijd en ruimte, wekt het model enigszins de indruk van een ongeleid projectiel. Er wordt immers niet nagedacht over eventuele consequenties van plaatsing van functies voor volgende tijdstappen en voor de prestatie van het totale systeem (de "b.v. Nederland"). Overigens moet hierbij opgemerkt worden dat in de werkelijkheid de inrichting van gebieden vaak wel zo (ondoordacht en zonder visie) verloopt. De invloed van een burgemeester die zijn gemeente sterk en rijk wil houden speelt bij het toewijzen van woonwijken en industrieterreinen een grote rol. De ruimtedruk, gesymboliseerd door de CA-techniek, versterkt dit proces alleen nog maar. N.B.: Meer over de calibratie van ruimtelijke modellen staat in de volgende paragraaf Integratie.

De onzekerheden die voor de modelprocessen gelden worden in de LOV verwoord door één enkele factor in de transitiepotentiaalformule (zie paragraaf 4.3.1). De factor brengt een onzekerheid aan over alle onderdelen van de formule (Beleid, Geschiktheid, Toegankelijkheid, CA-potentiaal) en is nodig om te voorkomen dat het model onder invloed van de cellulaire automata perfect ronde schillen (ui-

patroon) rondom clusters bestaande bebouwing heen zet. De randomfactor vertroebelt de uitkomsten van de formule en zorgt zo voor een meer verspreid locatiegedrag. Vanzelfsprekend spelen er (grote) onzekerheden mee bij de ruimtelijke inrichting. Ze zijn echter niet zo eenvoudig als in de LOV ingesteld is. Sommige factoren kennen een grotere waarschijnlijkheid (beleid) dan andere (keuzegedrag door individuen, verwoord in de CA-regels). Een specificatie van de onzekerheid op de verschillende termen in de formule (en de onderliggende eigenschappen) zou een realistischer beeld geven van de werkelijke onzekerheden.

De celgrootte van de LOV is destijds, aan het begin van het LOV-project, gekozen omwille van de rekensnelheid van het model. Tegenwoordig zijn computers vele malen sneller geworden en is het mogelijk om kleinere afmetingen te gebruiken. Voor processen die zich op een relatief klein schaalniveau afspelen zou dit een uitkomst zijn. Hierbij moet gedacht worden aan ontwikkelingen in en rondom stedelijk gebied, de lokale problematiek rondom botsingen water-ruimtelijke ordening. N.B.: het vergriddingsprobleem dat bij het invoegen van oppervlakte water (zie: paragraaf 6.4.1 analyse van Beleidskaart Zoekgebieden) optreedt, zou hiermee deels opgevangen kunnen worden.

Meervoudig landgebruik, een van speerpunten van het toekomstige ruimtelijke beleid, is een aspect wat de LOV niet kent. Een cel kan slechts één hoofdfunctie hebben die gebruikt wordt in de berekeningen (er kan per tijdstap wel een subuse, dat wil zeggen de functie met de op één na hoogste potentiaalscore, aangegeven worden). Ook voor de combinatie van water en ruimtelijke ordening is het van belang dat combinaties van water-natuur, water-wonen en water-werken te verwezenlijken zijn in retentiegebieden, die slechts eens per X jaar onder water lopen.

Over het algemeen is de LeefOmgevingsVerkenner een interessant en vooruitlopend model dat veel belangstelling kent vanuit verschillende disciplines. Dit laatste blijkt wel uit de nieuwe functionaliteiten die gedurende het project zijn aangeleverd (en aangeleverd worden) door de betrokkenen. In dit laatste schuilt echter ook een gevaar voor dit soort modellen: voor de beleidsmaker en extensieve gebruiker kan het model een zogenaamde "Black-Box" worden, waarbij niet (meer) duidelijk is wat de resultaten betekenen en hoe ze verkregen zijn (zie ook volgende paragraaf).

Mede hierdoor is het model vooralsnog alleen geschikt als hulpmiddel bij onderzoek en niet bij het helpen oplossen van beleidsmatige vraagstukken. Ook vanwege het feit dat er geen duidelijke moederversie is, dat geen calibratie en validatie heeft plaatsgevonden en dat er geen duidelijke handleiding is, versterkt deze conclusie.

Aanbevelingen

Het LOV-project loopt nu zo'n 3 jaar en wordt de komende jaren, onder impuls van RIVM en RWS, doorgezet. Maandelijks worden er door het RIKS aanpassingen aan de LOV gemaakt. Het project is volop in beweging en de groep betrokken en geïnteresseerden groeit nog steeds. Gelijk groeit het aantal meningen en ideeën over de LOV en eventuele aanpassingen. Er is ook veel mogelijk op model gebied, als er maar voldoende tijd, kennis en dus budget beschikbaar is. Op dit moment wordt er bijvoorbeeld druk gewerkt aan het toevoegen van water (watergebonden economie, hoogwaterproblematiek, watervoerdersnetwerk, dynamiek van waterafhankelijke landbouw) en is met de Adviesdienst Verkeer en Vervoer een overeenkomst gesloten tot het inbouwen van een vervoersmodel.

Enkele aanbevelingen die naar aanleiding van deze studie gemaakt kunnen worden zijn:

- Het verbeteren van de analysemogelijkheden en toevoegen van een prestatie-/score-tool waarmee het effect van een verandering (van beleid, de aanleg van een snelweg, etc.) op economische, ruimtelijke en sociaal-culturele weergegeven kan worden (een soort overall performance van Nederland).
- Onderzoek verrichten naar de parameters in het macromodel die de verdeling en toekenning over de COROP-gebieden sturen. Op basis van een historische calibratie, zijn deze parameters ingesteld tot aan 1995, waarna de verhoudingen bebouwd gebied tussen (bijvoorbeeld) Noord-, Oost-, Zuid- en West-Nederland rondom een evenwichtssituatie gaan fluctueren.
- Invoegen van een reeds ter sprake gekomen verkeers- en vervoersmodel voor weg, water en openbaar vervoer. Hierbij zou het mogelijk moeten zijn om vervoersstromen tussen COROP-gebieden plaats te laten vinden en door veranderingen aan te brengen op het netwerk de performance van het systeem te verbeteren.

- Verhogen van het zelfdenkend vermogen van de LOV. Het cellulaire automata model, dat op microniveau grote invloed heeft, heeft van nature een gedrag dat eindeloos door gaat, zonder dat er enige afweging plaatsvindt. Een terugkoppeling in de verdeling van de functies naar het landgebruik en/of enkele indicatoren van een vorige tijdsstap, zou ervoor kunnen zorgen dat het model tijdig bijgestuurd kan worden. Dit kan gewenst zijn als men bijvoorbeeld een bepaalde maximum bebouwingsdichtheid in een gebied wil halen of natuurgebieden met een minimale afmeting wil inplannen.
- Het toevoegen van meer functies maakt de doorlooptijd langer, maar het model realistischer. De extra functies zouden bijvoorbeeld gedifferentieerde landbouwfuncties (onderverdeeld naar ongeveer 10 gewassoorten), combinatiefuncties (water/wonen, water/natuur, etc) kunnen zijn.
- Overgaan op een kleinere celafmeting. Zo kunnen processen, die zich op een kleiner schaalniveau (stedelijk, langs rivieren), meegenomen en beter verwerkt worden.
- Afschermen van de aanpassingsmoeilijkheden op macroniveau. Het is gebleken dat de LOV hier erg gevoelig voor is en dat te grote aanpassingen een instabiel model opleveren (met name de $\beta_{6,7,8}$ in de vraagverdelingsfunctie (zie ook paragraaf 6.3.3)
- Tijdens het onderzoek is gebleken de beheersorganisatie van de LOV te wensen overlaat. Een van de redenen hiervoor is het grote aantal participanten. Beter beheer betekent onder andere:
 - Een duidelijke moederversie, waaraan door verschillende partijen, naar eigen inzicht, aanpassingen gedaan kunnen worden, mits duidelijk is dat dit dan een andere versie betreft.
 - Een duidelijk overzicht van het calibratie-/validatieproces van dit moedermodel, zodat duidelijk is welke onderdelen er op een bepaald moment gecalibreerd en/of gevalideerd zijn
 - Een betere documentatie en organisatie van handleidingen, toepassingsrapporten en achtergrondinformatie.

7.3 Integratie

Conclusies

De algemene conclusies die in deze paragraaf opgenomen zijn, hebben met name betrekking op het invoegen van water aan een (willekeurig) ruimtelijk model en de betekenis van het model en zijn uitkomsten in de beleidsvorming en/of -toetsing. Opgemerkt moet worden dat in dit onderzoek uitgegaan is van de standaard versie van de LeefOmgevingsVerkenner en dat de aanpassingen gemaakt zijn door een willekeurige (niet programmeur) gebruiker.

De doelstelling van dit onderzoek was om te onderzoeken of het mogelijk was de relatie waterbeheer-ruimtelijke ordening te kwantificeren, en vervolgens te komen tot een eerste realisatie en toepassing van een dergelijk modelconcept dat voldoet aan de informatiebehoefte vanuit onderzoek en beleid. Het onderzoek toont aan dat hiervoor goede aanknopingspunten zijn.

In dit onderzoek is voor de relatie 'stedelijk gebied - waterbeheer' aangetoond dat het mogelijk is de belangrijkste invloedsfactoren te beschrijven en modelleren. Tevens bleek uit de toepassingen dat de ontwikkeling van (de plaats van) het stedelijk gebied vanuit het waterbeheer te beïnvloeden is. Een voorbeeld hiervan is het knooppunt Arnhem-Nijmegen. Zonder restricties vanuit het waterbeheer zou het winterbed van de rivier de Rijn snel vollopen met bebouwing, terwijl na implementatie in het model van de beleidslijn 'Ruimte voor de rivier' bleek dat het winterbed gevrijwaard bleef van bebouwing. Overigens vormt bij het toevoegen van water aan een ruimtelijk model het dynamische en mobiele karakter van water, in vergelijking met meer statische fysieke factoren, een obstakel. Met de standaard aanpassingsmogelijkheden van de LOV is immers gebleken, dat water niet dynamisch toe te voegen was. In de extreme test (paragraaf 6.5) is hier, door middel van softwarematige veranderingen, wel een begin mee gemaakt.

Het model reageert op de aanpassingen veelal volgens verwachting. Wat voor de LOV geldt, geldt voor de meeste (ruimtelijke) modellen: wat erin gestopt wordt, komt eruit. Toch zijn er veel onzekerheden omtrent de uitkomsten, naarmate de doorlooptijd van simulatie vordert. Een kleine verandering in het begin heeft grote gevolgen tegen het eind van de simulatie; de zogenaamde Nucleusvorming, die gestuurd wordt door het CA-model en het mechanisme dat schaalvoordelen stimuleert. Uitkomsten als bij het de Zoekgebieden Veiligheid-scenario's tonen dit aan. De uitkomsten kunnen daardoor de willekeurige beleidsmaker, onbekend met de door de LOV gebruikte technieken, aan het twijfelen brengen over het waarheidsgehalte van de uitkomsten van deze scenario's. Een gevolg hiervan kan zijn dat ook resultaten van andere uitkomsten in twijfel getrokken worden. Dit zal de geloofwaardigheid van een ruimtelijk model niet ten goede komen, wat terugvoert op een belangrijke vraagstuk c.q. kwestie rondom dit soort beslissingsondersteunende modellen: "Wat is de waarde van een voorspellend ruimtelijk model, en wat levert het voor informatie aan de beleidsmaker"

Het is duidelijk dat een LOV niet de keiharde waarheid kan bieden in de vorm van een feilloze toekomstvoorspelling. Daarvoor zijn er teveel onzekerheden en onbekende factoren. Maar wil men er enigszins gebruik van maken bij het voorbereiden of toetsen van beleid, dan moeten in elk geval de processen en mechanismen van het model dusdanig werken dat in elk geval de goede "richting" aangegeven wordt.

Tijdens deze studie is niet geheel duidelijk geworden of de LeefOmgevingsVerkenner aan deze voorwaarden voldoet. Enerzijds biedt het model een state of the art toepassing waarmee de ruimtelijke dynamiek beschreven wordt en snel en fraai weergeeft. Anderzijds (b)lijken de sturende elementen achter het model niet altijd even logisch te werken.

Zo is het namelijk niet de overheersende functie (lees: celkleur) in een oppervlak van 500x500m² die een bepaalde groei, verplaatsing en/of verandering veroorzaakt, maar zijn het de actoren (inwoners, bedrijven, etc.) die op dat stuk land leven, werken, verplaatsen en verhuizen. De actoren hebben hun redenen van verschillende aard (financieel, sociaal-cultureel, en qua fysieke omstandigheden) voor vestiging en verplaatsing. Gedurende de doorlooptijd van een simulatie zal deze waarschijnlijk wel veranderen, maar een groot deel van de basismechanismen komen voort uit natuurlijke principes als de nabijheid van de afzetmarkt, de bereikbaarheid tot aan woning, werk en klant en kostenafweging, om er maar enkele te noemen.

In de LeefOmgevingsVerkenner is dit op macroniveau redelijk tot goed verzorgd. De nieuwe oppervlakten aan functies worden aan de COROP's onder andere toegekend door middel van een standaardpotentiaal vergelijking voor wonen en werken en een relatief winstcriterium (voor diensten). Bij beide is het de afstand tot aan de "doelgroep" die de geschiktheid bepaalt. (N.B.: uiteraard ook de geschiktheid, het beleid en de CA-omgevingswaarden spelen een rol bij de toekenning op COROP-niveau; zie ook hoofdstuk 3).

Echter na de historische calibratieperiode (1989-1995) treden er geen grote veranderingen meer op in het oppervlak bebouwd gebied tussen de COROP-gebieden onderling. Het model schommelt rond een evenwichtsituatie, ingegeven door de macroparameters die bijgewerkt zijn tot aan het einde van de calibratieperiode.

Op microniveau is het pakket van regels, dat het CA-model aanstuurt, bepaald door middel van een calibratie op de veranderingspatronen van stedelijke regio's beschouwd over vijf jaar. En alhoewel er uiteraard door deze patronen een zeker keuzegedrag in het model gevoegd is, zijn deze patronen teveel verstoord door randomness, chaos en specifieke (in tijd én plaats) situaties.

Concluderend kan daarom gesteld worden dat een instrument als de LeefOmgevingsVerkenner (of een ander ruimtelijk model) een goed hulpmiddel kan zijn bij het onderzoeken van het doorwerken van beleidsopties. Er moet echter wel aan bepaalde voorwaarden voldaan worden. Het bereiken van een volledige betrouwbaarheid (calibratie en validatie) is daarbij vanwege de lange doorlooptijd en grote onzekerheden niet mogelijk. Echter de resultaten van het model moeten in elk geval gebaseerd zijn op realistische en door het verleden correct gebleken principes, opdat de uitkomsten de gebruiker de juiste kant op sturen.

Uit deze algemene conclusies komen de hieronder genoemde aanbevelingen voort.

Aanbevelingen

- Onderzoek uitvoeren naar het gedrag van actoren (bedrijven, huishoudens, recreanten) bij het vestigen en verplaatsen en bepalen welke factoren (economisch, sociaal-cultureel, en overige) dit gedrag veroorzaken.
- De bevindingen uit bovenstaand onderzoek kunnen vervolgens verwerkt worden in een ruimtelijk model als de LOV, waarbij, om de overzichtelijkheid te behouden, enkel de meest invloedrijke gedragsfactoren opgenomen moeten worden. Hierbij dient ook aandacht geschonken te worden aan de relatie die deze factoren met beleid hebben.
- De mogelijkheden onderzoeken om water als dynamische factor in een ruimtelijk model (bijvoorbeeld de LOV) te voegen. Water, in al zijn facetten, kent namelijk een grote mobiliteit. Dit in tegenstelling tot overige fysieke/geologische aspecten die bij het ontwikkelen van het landgebruik bepalend zijn. Hierbij verdient het aanbeveling om het watermodelinstrumentarium van het RIZA (Standaard Raamwerk Water) toe te voegen aan een ruimtelijk model. Dit kan gebeuren door integratie van modellen (samen één model) of door het koppelen van watermodellen aan een ruimtelijke model (de uitvoer van watermodellen dient als invoer voor het ruimtelijk model). Dit laatste heeft gezien de complexiteit sterk de voorkeur.

8 Bronvermelding

8.1 Literatuurlijst

- Adviesgroep bodem en water, Grontmij Oost, 1999. Strategienota stedelijke waterbeheer Bemmelen. Voorstel. Grontmij Oost, Arnhem.
- Anton Snijders, 1998. Water als sturende factor. Een methodiek voor de lokatiekeuze van een stedelijke uitbreiding. TU Delft, Delft
- Commissie Integraal Waterbeheer, 1999. Water in Beeld 1999. Voortgangsrapportage over het waterbeheer in Nederland. Broese en Peerenboom, Breda
- Commissie Integraal Waterbeheer, 2000. Water in Beeld 2000. Voortgangsrapportage over het waterbeheer in Nederland. Broese en Peerenboom, Breda
- Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000. Waterbeleid voor de 21^e Eeuw. Geef water de ruimte die het verdient. S.I., Den Haag.
- Engelen, G., White, R., Nijs, T. de, Uljee, I., 1999. De LeefOmgevingsVerkenner Versie 1.0. 'Proof of Concept'-versie van een integraal model voor het berekenen van het LeefOmgevingsKapitaal in Nederland. RIKS Geo, Maastricht.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1996. ArcView[®] GIS. The Geographic Information System for Everyone[™]. ESRI, Redlands (California, USA).
- Grontmij Groep Arnhem, Waterschap Rijn en IJssel, Provincie Gelderland, 1998. Waterkansenkaart; Water en de locatiekeuze voor wonen en werken toegepast op de Zuidelijke Oude IJsselstreek. Provincie Gelderland, Arnhem.
- Kwaadsteniet, P.I.M. de, Jonkhof, J.F., Tjallingi, S.P., 2000. Leve(n)de stadswateren. STOWA, Utrecht. Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1999. Nota Belvedere. Beleidsnota over de relatie cultuurhistorie en ruimtelijke inrichting. VNG Uitgeverij, Den Haag
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998. Waterkader. Vierde Nota waterhuishouding. Regeringsbeslissing. Ando bv, Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, 1996. Achtergrondnota toekomst voor water. Project Watersysteemverkenningen. RIZA Nota 96.058. RIZA, Lelystad.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Interprovinciaal Overleg, Unie van Waterschappen, 1999. Aanpak wateroverlast. Oplegnotitie Vierde Nota waterhuishouding. RIZA, Lelystad.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer / Rijksplanologische Dienst, 1996. Ruimtelijke Ordening op waterbasis. Acht bouwstenen voor beleidsinnovatie van het Studieprogramma Ruimte Water Milieu. VROM, Den Haag.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1995. Met het oog op de omgeving. Een geschiedenis van de zorg voor de kwaliteit van de leefomgeving. SDU, 1995.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2001. Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening. Regeringsbeslissing. VROM, Den Haag
- N.W. Broodbakker, Fiselier, J.L., Lugt, C.L. van der, 1995. Water in de bebouwde omgeving. IKC-natuurbeheer, Wageningen.
- Nederlands Economisch Instituut, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, 1997. Nederland 2030 Stroomland. Netwerken van verkeer en water als dragers voor ruimtelijke ontwikkeling. Studie in opdracht van de Rijksplanologische Dienst. NEI, Rotterdam
- Projectteam VIJNO-tOETs RIVM, 2000. Analyse departementale ruimteclaims 2030. Advies van het RIVM in samenwerking met Alterra, in het kader van de Milieu- en Natuurplanbureaufunctie. RIVM, Bilthoven.
- Projectteam VIJNO-tOETs RIVM, 2000. tOETs Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening Fase 2 en Fase 3 'Ex ante toets en verkennen beleidsvarianten' versie 3.6. bijdrage Natuur- en Milieuplanburo aan de omgevingseffectentoets 5e nota ruimtelijke ordening. RIVM, Bilthoven.

Research Institute for Knowledge Systems BV, 2000. Sustainable Development of Islands: A Policy Support Framework for the Integrated Assessment of Socio-economic and Environmental Development. RIKS bv, Maastricht.

Rijksinstituut Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, 1998. Integraal Waterbeheer. Collegedictaat. Drukkerij Cabri, Lelystad.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 1993. Nationale milieuverkenning 3; 1993-2015. Samson/Tjeenk Willink, Alphen aan de Rijn.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 1997. Nationale milieuverkenning 4; 1997-2020. Samson/Tjeenk Willink, Alphen aan de Rijn.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2000. Kaartbeelden van Nederland. Toekomstig ruimtegebruik en de consequenties van 3 beleidsvarianten. RIVM, Bilthoven.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, TNO INRO, 2000. Wonen en werken ruimtelijk verkend. Waar wonen en werken we in 2030 volgens een compacte inrichtingsvariant voor Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening? RIVM, Bilthoven.

Rijksplanologische Dienst, 1996. Plannen met Stroom. Ideeën voor de afstemming van ruimtegebruik, water en milieu. Studierapport. Programma Ruimte Water Milieu. RPD, Den Haag.

Rijksplanologische Dienst, 1996. Visie Ecopolis en de Strategie van de Twee Netwerken. RPD, Den Haag.

Segeren, prof. Ir W.A., Hengeveld, ir. H., 1999. Bouwrijp maken van terreinen. Ten Hagen bv, Deventer.

Stichting Planologische Discussiedagen, 1998. Plannen met water. Stichting Planologische Discussiedagen, Delft.

Timmermans, H.J.P., 1998. Ruimtescanner en LeefOmgevingsVerkenner: Een evaluatie. Concept. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.

TU Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Vakgroep Infrastructuur, Sectie Infrastructuurplanning, 1997. Nationaal ruimtelijk beleid. Collegedictaat behorende bij college CT5710. TU Delft, Delft.

Verhaeghe, R.J., Krogt, W.N.M. van der, 1996. Estimation of demands and balancing of resources at basin level. ICID, Cairo.

WL/Delft Hydraulics, TNO, STOWA, LUW, DLO-Staring Centrum, RWS-RIZA, 1999. Vloeiend modelleren in het waterbeheer. Handboek Good Modelling Practice. RIZA, Lelystad.

8.2 Webpagina's

LeefOmgevingsVerkenner RIVM	www.lo.rivm.nl
Ministerie van Verkeer en Waterstaat	www.minvenw.nl
Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer	www.minvrom.nl
Modelistica	www.modelistica.com
Research Institute for Knowledge Systems BV	www.riks.nl
Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening	www.vijfdenota.nl
Waterland	www.waterland.net

9 Samenstelling Afstudeercommissie

Voorzitter	prof. ir. F.M. Sanders
Dagelijks begeleider	ir. R.J. Verhaeghe
Afstudeercoördinator	ir. P. van Eck
Extern begeleider	ir. R.H. van Waveren (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling; RIZA)
Toegevoegd begeleider	prof. ir. E. van Beek