

R-0559

Vergelijking landschapsecologische modellen van het Instituut voor Bos en  
Natuuronderzoek (IBN-DLO) en het Staring Centrum, Instituut voor  
Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)

J. Graveland & J.P. Knaapen

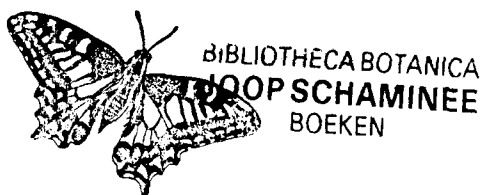
ibn-dlo



sc-dlo



Intern rapport  
Wageningen, februari 1998



R-0559

**Vergelijking landschapsecologische modellen van het Instituut voor Bos en  
Natuuronderzoek (IBN-DLO) en het Staring Centrum, Instituut voor  
Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)**

**J. Graveland & J.P. Knaapen**

Intern rapport

Instituut voor Bos en Natuuronderzoek (IBN-DLO)  
Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)

Wageningen, februari 1998

E - 949574

## Inhoudsopgave

VOORWOORD .....	4
1 INLEIDING .....	7
1.1 Achtergrond en doel.....	7
1.2 Leeswijzer .....	8
2 METHODEN .....	9
3 BESCHRIJVING VAN DE MODELLEN.....	11
3.1 Algemeen .....	11
3.2 Milieu-modellen voor de nationale schaal .....	14
3.2.1 SMART2/MOVE .....	14
3.2.2 DEMNAT.....	15
3.2.3 STONE.....	16
3.3 Kennis-systemen .....	17
3.3.1 GREINS .....	17
3.3.2 LEDESS .....	19
3.3.3 LARCH.....	21
3.4 Ondersteunende simulatiemodellen .....	23
3.4.1 METAPHOR.....	23
3.4.2 DIASPORE .....	24
3.4.3 WINK.....	24
3.4.4 GRIDWALK & POLYWALK.....	25
3.5 Bos-modellen .....	27
3.5.1 ALBOS.....	27
3.5.2 FORGRO.....	27
3.5.3 FORGRA.....	28
3.5.4 FORSPACE.....	28
3.5.5 LSFMS .....	28
3.6 Wad-modellen.....	29
3.6.1 DYNAMIG .....	29
3.6.2 EXE3 .....	29
3.6.3 DEplete .....	29
4 EVALUATIE .....	30
4.1 Kwaliteitsaspecten.....	30
4.2 Aansluiting bij marktfragen.....	31
4.3 Lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden .....	34
4.3.1 Samenvatting van lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden .....	34
4.3.2 Regionale milieuscenario-studies.....	36
4.3.3 Nationale milieuscenario-studies .....	36
4.3.4 Regionale natuurstudies .....	38
4.3.5 Nationale natuurstudies .....	41
4.3.6 Conclusie.....	42
5 AANBEVELINGEN.....	44
5.1 Algemeen .....	44
5.2 Lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden .....	44
5.3 Tot slot .....	47
BIJLAGE: SCHEMATISCH OVERZICHT VAN KENMERKEN VAN MODELLEN .....	51

## VOORWOORD

In het toegepaste landschapsecologisch onderzoek van Instituut voor Bos en Natuuronderzoek (IBN-DLO) en het Staring Centrum (SC-DLO) wordt voor allerlei doeleinden, schaalniveaus en klanten gebruik gemaakt van modellen. Dit varieert van voorspellingsmodellen voor verspreiding van dieren op het niveau van een landinrichtingsproject tot modeltoepassingen voor een breed spectrum op landelijk niveau in het kader van het natuurplanbureau.

In vrijwel alle fasen van het onderzoek worden modellen gebruikt, vanaf de eerste zoekende vingeroefeningen van onderzoekers om hypothesen te formuleren tot en met het overdragen van uitgerijpte kennis aan gebruikers in de praktijk en beleidswereld ter ondersteuning van beslissingen. Het landschapsecologisch onderzoek vormt daarop geen uitzondering. Niemand twijfelt aan de grote betekenis van modellen als *tool*. Er is echter sprake van een grote pluriformiteit in modellen, er bestaan grote verschillen in uitwerking, fouten- en gevoeligheidsanalyse, koppelingsmogelijkheden en de mate waarin modellen op bruikbaarheid getoetst zijn. Tenslotte zijn er verschillen in de mate waarin zij voor derden toegankelijk gemaakt worden. Investerings in modelontwikkeling en -verbeteringen kunnen efficiënter zijn als verschillende partijen zich meer van elkaars werk en voornemens op de hoogte zouden stellen. Daarbij geldt dan weer als handicap dat een aantal modellen slecht gedocumenteerd zijn, en dat veel informatie in PC's en de hoofden van enkelingen is opgeslagen.

Investerings in modellen zijn doorgaans groot en het efficiënt omgaan met al gedane investeringen en het goed overdenken van nog te investeren tijd en geld is dus geboden. In allerlei opzichten wordt gepoogd in gezamenlijke programma's waar IBN en SC in participeren, in de afstemming van direct aanpalende programma's en in formele samenwerkingsverbanden zoals het Natuurplanbureau zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van bestaande kennis en voornemens voor nieuw onderzoek af te stemmen zodat voor onderzoekers en eindgebruikers een zo doorzichtig en efficiënt mogelijke praktijk ontstaat.

De voorliggende rapportage heeft tot doel gehad de landschapsecologische modellen van IBN en SC met hulp van de modellenmakers te inventariseren, volgens een vaste systematiek te rubriceren en op sterkte/zwakte te beoordelen in de specifieke context van het toepassingsbereik en op grond daarvan aanbevelingen te doen. Deze hebben betrekking op overlap, lacunes, modelkoppeling, maar ook op de vraag of er wel voldoende gegevens zijn de modellen te voeden met betrouwbare gegevens.

Aan de auteurs van IBN en SC is gevraagd deze analyse uit te voeren en vooral om hun conclusies en aanbevelingen onbevagen, zonder aanzien des persoons of instituuats aan het papier toe te vertrouwen. Die onbevagenheid is vereist omdat veel onderzoekers van nature geneigd zijn het eigen model het beste te vinden, optimistisch te zijn over extrapoleerbaarheid naar andere domeinen dan waar de modellen voor gemaakt zijn. Bij beoordeling van andermans modellen zal een onderzoeker zich veelal niet realiseren dat die soms voor andere doelen en schaalbereiken gemaakt zijn en *last but not least* speelt niet alleen wetenschappelijke maar ook commerciële competitie een rol. Dat is niet een zaak tussen individuele onderzoekers alleen, er speelt soms ook instituutsprestige. De auteurs zijn naar ons idee er goed in geslaagd zich aan die handicaps te onttrekken en hebben naar ons gevoel een aantal rake conclusies getrokken.

Een opmerking omtrent de reikwijdte van de rapportage. Deze is omwille van de tijd expliciet beperkt tot de werkterreinen van de twee DLO instellingen waar landschapsecologisch onderzoek wordt bedreven. Er is dus niet een inventarisatie met een veel grotere actieradius gemaakt door ook modellen van andere, m.n. universitaire instellingen te maken. Evenmin is er een formele vraag- of marktverkenning, al hebben de auteurs zich er zo goed mogelijk in proberen te verplaatsen. Een en ander betekent dat aan een van de doelstellingen van deze rapportage, namelijk een hulp te zijn bij het programmeren van nieuw onderzoek, pas goed beantwoord kan worden als er ook een adequate omgevingsanalyse aan wordt gekoppeld.

Wat is er ons inziens bereikt met de rapportage en wat kan/zal ermee worden gedaan ?

- Naar ons idee is er een goed overzicht ontstaan van leemtes en overlap in modellen. Dat betekent dat modelverbetering meer gericht kan worden.
- Er is verheldering aangebracht omtrent de toepassingsbereiken van modellen: voor welk soort vragen, voor welke schalen zijn modellen nu eigenlijk wel en niet gemaakt ? Hoewel de rapportage niet bedoeld is als catalogus voor derden is het een uitstekende basis om desgewenst zo iets te maken in brochure-vorm.
- Er is goed zicht verschaft op mogelijkheden voor modelkoppelingen
- Er is per model aangegeven wat de stand van zaken is m.b.t. documentatie en betrouwbaarheidscontrole
- Er is een niet mis te verstane conclusie omtrent de noodzaak om in basis (input) gegevens te investeren (actuele ruimtelijke informatie; biotoop- en standplaatseisen; tijdreeksen.
- Er wordt terecht op gewezen dat een meer geregeld en intensiever contact tussen de instellingen omtrent lopend en voorgenomen onderzoek een aantal zaken kan verbeteren. Zulks zal door de desbetreffende programmaleiders worden opgepakt.
- Van groot belang is ook de vaststelling dat bij uitstek in het kader van de natuurplanbureaufunctie behoefte is aan een set goed afgestemde, geteste en gedocumenteerde modellen, hetgeen waarschijnlijk voor een deel van de hier beschreven modellen (en daarmee verbonden data) een extra inzet op korte termijn vraagt.
- Met beide voorgaande punten lijkt de afstemming redelijk geregeld. De suggestie om een centraal en formeel meldpunt van modellen in te stellen wordt vooralsnog niet overgenomen.
- Omtrent wederzijdse beschikbaarstelling en daarbij te hanteren condities wordt een gezamenlijk voorstel voorbereid; binnen het samenwerkingsverband Natuurplanbureau zijn daarvoor al regelingen getroffen.

Wij danken de opstellers van deze rapportage voor hun deskundige en onafhankelijke analyse.

De initiatiefgroep,

Bert Harms  
Jan Klijn  
Paul Opdam  
Dick Verkaar

# 1 INLEIDING

## 1.1 Achtergrond en doel

Een overleggroep, bestaande uit P. Opdam, D. Verkaar, J. Klijn en B. Harms heeft in het najaar van 1996 het initiatief genomen om een inventarisatie en evaluatie te maken van bestaande en in ontwikkeling verkerende landschapsecologische modellen bij IBN en SC-DLO. In deze rapportage is niet verkend wat er bij andere instellingen aan modellen voorhanden is.

De doelen van deze exercitie waren:

- Volgens consistente systematiek inzicht te geven aan medewerkers bij beide instellingen in aard, gerichtheid en kwaliteit van modellen (informatie intern).
- Op grond van gesignaleerde eigenschappen aanbevelingen te doen met betrekking tot overlap, lacunes, koppelbaarheid en betrouwbaarheid. Een en ander om - na een adequate verkenning extern - ontwikkelingen (inclusief koppeling) beter te richten (programmering).
- Na en op grond van het eerste en tweede punt zo mogelijk voor de buitenwacht (klanten, gebruikers) aan te geven wat beide instellingen (in combinatie) kunnen aanbieden.

Aan deze laatste doelstelling is om redenen van tijd geen uitvoering gegeven.

De auteurs van dit rapport is gevraagd dit project uit te voeren.

Tegelijkertijd met deze verkenning liep er een aantal vergelijkbare verkenningen, binnen DLO-instituten, tussen instituten en buiten DLO. We noemen hier het projecten Ecosysteem-Effect-Modellering (EEM), een concern-SEO "Verkenning en Integratie van modellen op bedrijfs- en regionaal niveau", een concern SEO m.b.t. populatiedynamische modellen en een concern-stimuleringsproject Natuurontwikkeling Nationaal. Ook is er een aantal studies uitgevoerd naar koppeling of ter vergelijking van een beperkt aantal modellen (bijv. Olff 1995, Farjon et al. 1997, Wiertz & van Ek 1997). Dit rapport geeft een algemeen overzicht en een typering van de modellen en geeft daarnaast inzicht in overlap, lacunes en koppelingsmogelijkheden van landschapsecologische modellen in een brede zin des woords. De resultaten van deze studie zullen in het SEO-project "Verkenning en Integratie van modellen of bedrijfs- en regionaal niveau" worden ingebracht.

Vanwege het grote aantal modellen en de beperkte tijd bleek het nauwelijks mogelijk onderzoek te doen naar de betrouwbaarheid van de modellen of naar technische haken en ogen van koppelbaarheid. Door de breedte van de studie was het echter beter mogelijk een goed overzicht te geven en lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden dan bij meer diepgaande studies van een klein aantal modellen.

Bij een aantal modellen konden we pas in een laat stadium over aanvullende technische informatie beschikken. Daardoor was het niet mogelijk deze modellen te bespreken. Het betreft de modellen FORGRO, FORGRA, FORSPACE en LSFSM die zijn en worden ontwikkeld bij de afdeling Bos en Natuurontwikkeling (BNO) van het IBN-DLO en EXE3, DYNAMIG en DEplete die worden ontwikkeld bij de afdeling Aquatische Ecologie (AE) van het IBN-DLO. De bij AE ontwikkelde modellen kenmerken zich door een grote mate van detaillering in de gesimuleerde processen en in verwerkte ecologische kennis. Ze hebben wel wat raakvlakken met de landschapsecologie (bijv. wat is optimale trekstrategie gegeven de (verandering in) kwaliteit van de waddegebieden langs de trekroute), maar wijken door hun beheersgebied (Waddegebieden), schaal (Europees) en mate van specialisatie (steltlopers) nogal af van de overige hier besproken modellen. In het kader van deze verkenning merken we op dat het niet nuttig lijkt de verdere ontwikkeling van deze modellen af te stemmen op de ontwikkeling van de andere hier besproken modellen. Hun betekenis ligt vermoedelijk vooral in de mogelijkheid om ze te gebruiken om meer globale modellen te toetsen of hier aan gegevens te leveren.

## 1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de gevolgde werkwijze besproken. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de modellen, waarbij een rubricering is aangehouden naar beheersdomein en type model. In hoofdstuk 4 worden de modellen geëvalueerd. Eerst worden kwaliteitsaspecten behandeld, vervolgens de vraag in hoeverre de modellen aansluiten bij de belangrijkste vragen van klanten. Daarna wordt een overzicht gegeven van lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden. In paragraaf 4.2 worden kort de belangrijkste conclusies genoemd, in de daarop volgende paragrafen worden deze aspecten uitgebreider beschreven, waarbij de modellen gegroepeerd zijn naar beheersdomein en schaalniveau. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.

## 2 METHODEN

In het najaar van 1996 is aan de ontwikkelaars van modellen met een landschapsecologische strekking een enquêteformulier opgestuurd waarop gegevens konden worden ingevuld over de volgende aspecten:

- vorm van output (groei, kans op aanwezigheid van soorten etc.)
- niveau (individu, soort, ecosysteem, landschap)
- schaalniveau (van lokaal tot Europees)
- beheersdomein (milieu zoals verzuring en verdroging, ruimtelijke aspecten zoals versnippering en ruimtelijke planvorming, terreinbeheer waaronder beheer van natuurterrein of natuurontwikkeling)
- gebruikerstypen (van experts tot planvormers)
- concrete gebruikers zoals natuurplanbureau, beleidsdirecties en waterschappen
- beschikbaarheid (intern en voor derden)
- aard van model (dynamisch of statisch, deterministisch of stochastisch, expertkennis of mechanistisch, al of niet ruimtelijk expliciet etc.)
- ecosysteemcomponent (abiotische eigenschappen, vegetatie/flora of fauna)
- oplossend vermogen (oppervlakte-eenheden waarmee gewerkt wordt)
- werkt model met ruimtelijke data op basis van polygonen of op basis van raster-GIS
- grootte van tijdstappen en tijdhorizon (dagen (decennia))
- betrouwbaarheid (is model gekalibreerd, gevalideerd, gevoeligheids- of onzekerheidsanalyse uitgevoerd)
- technische aspecten: programmeertaal, type database (GIS-raster of -polygonen, Oracle)

De informatie van de formulieren is ongewijzigd opgenomen in een spreadsheet (bijlage 1).

Verder kon een korte karakteristiek worden gegeven van het model. Deze informatie is opgenomen in de beschrijving van de modellen (par. 3.1).

Vervolgens is aan de modelmakers gevraagd om technische rapporten en andere basisdocumenten. Deze zijn doorgewerkt. Bij een aantal modellen bleek dergelijke informatie niet of nauwelijks beschikbaar. Dat is bij de modelbespreking aangegeven. Redenen die werden opgegeven voor het gebrek aan documentatie waren tijdgebrek (opdrachtgevers zijn primair in resultaten geïnteresseerd en niet in modelinformatie zelf) en het feit dat veel modellen nog voortdurend in ontwikkeling zijn.

Aanvullende informatie werd verzameld via interviews.

Aan de hand van deze informatie is een beschrijving gemaakt van de modellen (hoofdstuk 3). Vervolgens zijn de modellen gerubriceerd langs een aantal assen om overlap en lacunes op het spoor te komen (fig. 1, tabel 1 en 2). Tenslotte is een overzicht gemaakt van overlap, lacunes en koppelingsmogelijkheden.

De resultaten van deze inventarisatie en van de evaluatie zijn aan de modellenmakers voorgelegd op een workshop die op 20/8/97 werd gehouden. Deze workshop had een tweeledig doel: a) de modellenmakers in de gelegenheid te stellen commentaar te leveren op onze bevindingen en conclusies, b) aanvullende informatie te krijgen. Bij de bespreking van de modellen werd een indeling in drie clusters (op grond van schaalniveau en beheersdomein) aangehouden: natuur-regionaal, natuur-nationaal en milieu-nationaal. Ook is aan hen gevraagd nog eens goed naar de tabel te kijken en aan te geven of de informatie van de formulieren correct was weergegeven en nog steeds geldig was. Aanwezig waren naast ondergetekenden: Diana Prins en Jana Verboom van het IBN-DLO en Joke Bakker, Frank van der Bolt en Hans Kros van het SC-DLO. De tabel, een overzicht van overlap, lacunes en koppelingsmogelijkheden en een vragenlijst is voor de workshop aan de uitgenodigden toegestuurd met een verzoek om commentaar. Eventueel commentaar is in dit rapport verwerkt. Vervolgens is ook het conceptrapport ter becommentariëring voorgelegd aan de modellenmakers. Ook dit commentaar is verwerkt.



We danken Joke Bakker, Frank van der Bolt, Anne Buit, Hans Farjon, Bert Harms, Jan Klijn, Hans Kros, Diana Prins, Paul Opdam, Han Runhaar, Jan Verboom en Dick Verkaar voor hun commentaar op concepten van dit rapport.

## 3 BESCHRIJVING VAN DE MODELLEN

### 3.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de modellen besproken. Elke bespreking begint met een algemene beschrijving. Daarin wordt ook aangegeven waarom het model is ontwikkeld. Tevens wordt hier ingegaan op de voor- en nadelen van het model ten opzichte van vergelijkbare modellen die in deze verkenning zijn onderzocht. Vervolgens wordt aangegeven welke input het model nodig heeft en welke output wordt geleverd. Daarna wordt een overzicht gegeven van de sterke en zwakke punten van het model. Tenslotte volgen gegevens over de operationaliteit, de mate waarin het model getoetst is (kalibratie etc.) en de wijze waarop het model is gedocumenteerd.

Bij de beschrijvingen worden de modulen als volgt aangeduid: LEDESS-SHAPE betekent module SHAPE binnen model LEDESS. Koppeling van modellen wordt als volgt aangeduid: SMART/MOVE. We geven hier een korte toelichting op de gebruikte termen. Kalibratie betekent het toetsen van het model aan de hand van de gegevens waarmee het model werd opgetuigd. Als de uitkomsten afwijken van de werkelijkheid, kan het model desgewenst worden aangepast. Validatie is een stap verder. Daarbij wordt het model getoetst aan een andere dataset dan waarmee het model is opgebouwd.

Gevoeligheidsanalyses zijn beperkingen met het model waarbij wordt nagegaan hoe gevoelig de modeluitkomsten zijn voor de instelling van de parameter waarden. Met andere woorden: er wordt nagegaan welke parameters het meest bepalend zijn voor de uitkomsten. Onzekerheidsanalyses zijn analyses waarbij wordt nagegaan hoe onzekerheden in de parameterwaarden doorwerken in de modeluitkomsten en hoe betrouwbaar de modeluitkomsten zijn. Op het enquêteformulier werd trouwens niet gevraagd of onzekerheidsanalyses waren uitgevoerd. Sommige modellenmakers gaven zelf aan dat deze analyses waren uitgevoerd. Dat is bij de modelbeschrijvingen aangegeven. Als er bij onderstaande modelbeschrijving een vraagteken bij onzekerheidsanalyses staat, dan betekent dit dat de modellenmaker geen opmerking maakte over onzekerheidsanalyses.

In de hierna volgende beschrijving zijn de modellen ingedeeld naar beheersdomein en naar de aard van de modellen (kennissysteem of simulatiemodel). Een indeling naar marktfragen had eveneens voor de hand gelegen, maar het bleek niet mogelijk de modellen op deze wijze overzichtelijk te rubriceren. Voor een vergelijking van marktfragen en modellen verwijzen we naar par. 4.2.

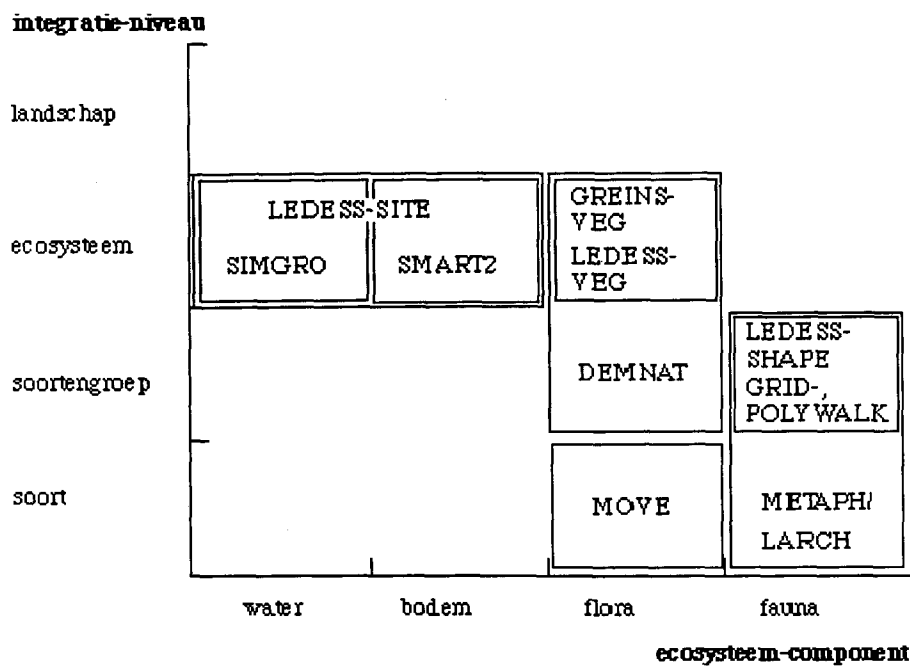
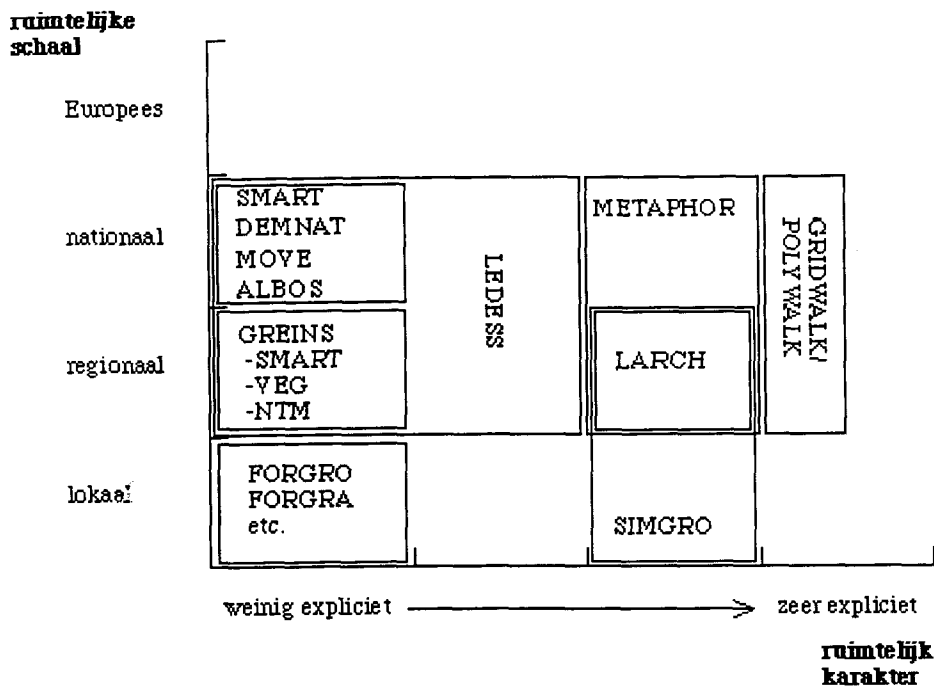
Een overzicht van de informatie over de modellen wordt gegeven in een spreadsheet (bijlage 1). Samenvattingen van deze spreadsheet zijn opgenomen in een aantal kleinere tabellen in de tekst. Tabel 1 bevat een overzicht van een aantal technische aspecten van de "zuiver" landschapsecologische modellen. Tabel 2 bevat een overzicht van een aantal toepassingskenmerken van algemene kennismodellen. Figuur 1 geeft een positionering van de modellen naar schaalniveau van toepassing, ruimtelijk karakter, integratieniveau en ecosysteem-component. Deze figuur vraagt wellicht enige toelichting. Onder "ruimtelijk karakter" wordt verstaan: de mate waarin het gemodelleerde proces en de daarbij gebruikte parameters afhankelijk zijn van de ruimtelijke positie. Dit komt tevens tot uiting in de mate van ruimtelijk detail van in- en output. "Integratieniveau" heeft betrekking op de output (doelparameters) van het model (bijvoorbeeld: DEMNAT modelleert weliswaar aspecten van water en bodem maar doet uitspraken over ecosysteemtypen en soortengroepen).

**Tabel 1. Type-kenmerken van de meeste van de besproken modellen.**

Model module	SMART/ MOVE	DEMNA T	GREINS 2	GREINS SIMGR O	GREINS VEG	GREINS NTM	LEDESS SITE	LEDESS VEG	LEDESS SHAPE	LARCH	META-PHOR	GRID-, POLYWALK
Expert-kennis/ Statistisch	S	E	-	-	E	E, S	E	E	E	E, S	-	-
Mechanistisch	M	-	M	M						(M)	M	M
Deterministisch/ Stochastisch	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	S	S
Statisch/ Dynamisch	S	S	D	D	S	S	S	S	S	S	D	D
Ruimtelijk, niet in GIS/ in GIS	R	G	R	G	-	-	G	G	G	G	R/G	G

**Tabel 2. Toepassings-kenmerken van de besproken kennismodellen.**

Model	SMART/MOVE	DEMNA T	GREINS	LEDESS	LARCH
<b>evalueert</b>	milieuscenario's	milieuscenario's	nat. ontwikkelingsplannen	verandering ruimtegebruik	
<b>doel</b>	ondersteuning mlieubeleid	ondersteuning mlieubeleid	ondersteuning inrichting/beheerskeuzen	ondersteuning ruimtelijk en natuurbeleid	ondersteuning ruimtelijk en natuurbeleid
<b>schaal</b>	nationaal	nationaal	regionaal	regionaal/nationaal	regionaal
<b>ingreep/input</b>	atmosferische depositie/hydrologie	hydrologische veranderingen	hydrologie/depositie inrichting/beheer	ruimtegebruik, incl. nat. ontwikkeling	ruimtegebruik, incl. nat. ontwikkeling
<b>bepaalt effect op</b>	voorkomen plantesoorten	ecotopen, botanische volledigheid botanische volledigheid	hydrologie, bodem vegetatie, natuurwaarde	vegetatie, fauna	fauna



Figuur 1. Schematische weergave van de besproken modellen naar ruimtelijke schaal en ruimtelijk karakter en naar integratieniveau en gemodelleerde ecosysteem-component.

## 3.2 Milieu-modellen voor de nationale schaal

### 3.2.1 SMART2/MOVE

Dit betreft de koppeling van een standplaatsmodel (SMART2) aan een floraresponsmodel. Het model voorspelt op nationale schaal de kans op voorkomen van plantensoorten als functie van vocht, atmosferische depositie, nutriënten, pH en zout. Het bestaat uit een proces-geïoriënteerd bodemmodel en een statisch afgeleid vegetatie-effect model, gebaseerd op gekalibreerde expertonderdelen. MOVE is gebaseerd op een combinatie van Ellenberg-getallen en regressievergelijkingen die zijn afgeleid uit vegetatieopnamen en metingen van bodemeigenschappen. Thans is voor 700 soorten een amplitude vastgesteld van de genoemde factoren waarbinnen de soort voorkomt. MOVE en SMART2 zijn schaalonafhankelijk. De kans op het voorkomen van soorten wordt voorspeld op basis van abiotische condities en vrijwel los van de vegetatie-context (vegetatie-samenstelling). Wel wordt gewerkt met een zeer grove indeling in vegetatie-structuurtypen. De toepassingsschaal wordt vooral bepaald door de beschikbare vegetatie- en bodemgegevens en de resolutie van de gegevens met betrekking tot hydrologie en zure depositie. Helaas ontbreekt het aan een landelijke gegevensbestand met kwantitatieve informatie over het voorkomen van soorten per km<sup>2</sup>. Alleen aan- of afwezigheid is bekend. Voorspellingen met SMART2/MOVE over de effecten van bijvoorbeeld verzuringsscenario op het voorkomen van soorten zijn daardoor slechts beperkt mogelijk.

#### **Input**

Kaarten met gegevens over bodemeigenschappen (vocht, pH, nutriënten, zout), zure depositie en aard van de vegetatie (bos, grasland, etc.).

#### **Output**

Kaarten en tabellen met kans op voorkomen van soorten.

#### **Sterkte**

- beide modellen werken met inzichtelijke (mathematische) rekenregels (i.t.t. DEMNAT); dat geldt ook voor de relatie tussen standplaatsfactoren en kans op voorkomen van planten.
- model is daardoor inzichtelijk en controleerbaar;
- er wordt gebruik gemaakt van bodemmodule SMART2, waarin effecten van strooiselval en depositie worden verdisconteerd (bij DEMNAT niet);
- in potentie geschikt voor bepaling effecten van alle milieuthema's.

#### **Zwakte**

- invoer moet aan hoge eisen voldoen;
- het model wordt tot op heden uitsluitend gebruikt voor niet bemeste, vochtig tot droge ecosystemen (uitbreiding naar bemeste en natte ecosystemen is in studie);
- alleen aan- of afwezigheid van soorten;
- vrijwel geen vegetatiecontext.

**Status:** operationeel, wordt verder ontwikkeld.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie -, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Documentatie:** Artikelen en rapporten over afzonderlijke modellen, niet over koppeling (?). Zie bronnen. Geen technische handleiding.

**Informatie:** H. Kros (SC), J. Wiertz (RIVM).

**Bronnen:** Latour en Reiling 1991, Kros et al. 1995.

### 3.2.2 DEMNAT

Het model DEMNAT (Dosis-Effect Model NATuur-Terrestrisch) voorspelt de verandering in volledigheid van soortgroepen van natte en vochtige ecosystemen (alleen vegetatie) onder invloed van ingrepen in de waterhuishouding op landelijke schaal. Deze ingrepen kunnen zijn: grondwaterstanddaling en -stijging, inlaat van water en veranderingen in kwelregime. DEMNAT is met name ontwikkeld en gebruikt om effecten van verdroging te voorspellen. Het model is thans eigendom van RIZA en RIVM. Voor de karakterisering van vegetatie en bodems wordt gewerkt met een door het Centrum voor Milieukunde in Leiden (CML) ontworpen systeem van ecotopen en ecoseries. DEMNAT werkt met dosis-effectrelaties waarbij voor alle mogelijke combinaties (van bodem en vegetatie) de abiotisch respons is geïntegreerd met de biotische respons van de vegetatie. Een voordeel is dat een zeer verfijnde gebiedschematisatie kan worden gebruikt (tot op 0,25 ha). Een tweede voordeel is dat de relaties zijn gebaseerd op praktijkervaringen en daardoor minder gevoelig zijn voor fouten in de parametrisatie dan een dynamisch model. Bezwaar is dat daarbij zwaar wordt geleund op deskundigen-oordeel. In feite vormen de relaties dus een black box; er is weinig inzichtelijkheid en controleerbaarheid. DEMNAT houdt nu geen rekening met strooiselval en depositie. De uitvoer bestaat uit de zogenaamde CML-ecotooptypen. Daarnaast wordt uitvoer gegeven in de vorm van volledigheid van ecotooptypen (zijn alle potentiële soorten aanwezig) en de natuurwaarde van de verwachte soorten (gebaseerd op zeldzaamheid). Dit sluit dus niet aan op de natuurdoeltypenbenadering bij het beleid. Aan een vertaalslag wordt momenteel gewerkt.

#### Input:

- kaart met bodemgegevens;
- hydrologische schematisatie;
- kennis-tabellen;
- verandering in waterhuishouding (scenario, maatregelen).

#### Output

Kaarten en tabellen met procentuele verandering in aanwezigheid van bepaalde soortgroepen, de mate van volledigheid en de natuurwaarde.

#### Sterkte

- gedetailleerde ruimtelijke schaal waarop kan worden gekeken m.b.t. de abiotische eenheden; dat is van groot belang in verband met de grote betekenis van kleinschalige ruimtelijke variatie in vochttoestand voor voorkomen van soorten.
- kwaliteit van voorspellingen.

#### Zwakte

- weinig transparant doordat veel gebruikt wordt gemaakt van expertkennis;
- ingewikkelde en ondoorzichtige methodiek om voorkomen van soorten te koppelen aan bodemeenheden;
- alleen al of niet voorkomen soorten in km-vak wordt voorspeld, niet de mate van voorkomen;
- minder of niet geschikt voor natuurherstel (vernatting) en daardoor beperkte waarde voor natuurontwikkeling;
- vegetatiecontext ontbreekt (nauwelijks informatie over vegetatietype of -structuur).

**Status:** operationeel, wordt verder ontwikkeld.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie -, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Documentatie:** goed, diverse artikelen en rapport (Witte *et al.* 1992), geen technische handleiding.

**Informatie:** H. Runhaar (SC).

**Bronnen:** Witte *et al.* (1992), Wiertz & van Ek (1996).

### 3.2.3 STONE

STONE (Samen Te Ontwikkelen Nutriëntenemissie model) is het interdepartementale consensusmodel van DLO, RIZA en RIVM en berekent op landelijke en regionale schaal de N- en P-belasting van grond- en oppervlaktewater met een tijdstap van 10 dagen. Het is nog niet operationeel. Doel is de evaluatie van landbouwbeleid (mest), natuurbeleid (verandering grondgebruik), verdrogingbeleid en maatregelen op regionale schaal die een veranderd grondgebruik, mestaanwending en hydrologisch regime tot gevolg hebben. STONE wordt ontwikkeld op basis van het MOZART-model voor hydrologie (RIZA), het CLEAN-model voor de mestaanwending (RIVM), het OPS-model voor de depositie (RIVM) en het ANIMO-model voor de uitspoeling van meststoffen (SC-DLO). De eerste release zal betrekking hebben op cultuurgronden, maar het model heeft ook betrekking op natuurgebieden.

#### **Input**

Gegevens over mestgift, depositie, verandering in grondgebruik (in het bijzonder landbouw naar natuur) en in vochttoestand.

#### **Output**

Uitspoeling van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater.

#### **Sterkte** (in context van deze verkenning)

Integratie van kennis over factoren die standplaatseigenschappen bepalen.

#### **Zwakte** (in context van deze verkenning)

- nog geen doorvertaling naar effecten op flora en fauna;
- niet zonder meer geschikt voor toepassing in natuurterreinen (m.m. P. Groenendijk; zal naar verwachting in toekomst ontwikkeld worden).

**Status:** nog niet operationeel.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie +(?), gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Documentatie:** concept gebruikershandleiding (Beusen et al. 1997).

**Informatie:** P. Groenendijk (SC).

**Bronnen:** Beusen et al. 1997.

### 3.3 Kennis-systemen

#### 3.3.1 GREINS

Doel van GREINS (Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie Instrumentarium voor Natuurontwikkelings-scenario's) is het evalueren van scenario's voor natuurontwikkeling op basis van standplaatsfactoren (bodem, hydrologie), vegetatie-ontwikkeling, atmosferische depositie van zure en eutrofiërende stoffen, waterbeheer, landinrichting en terreinbeheer. GREINS bestaat uit een kennismodel voor vegetatie-ontwikkeling (VEG1), een regionaal hydrologisch model (SIMGRO), een deterministisch standplaatsmodel voor modellering van bodemverzuring (SMART2) en een natuurtechnisch model (NTM) dat de potentiële natuurwaarden berekent. Aan de hand van deze potentiële natuurwaarden kunnen scenario's worden geëvalueerd.

De volgorde van werken in GREINS is als volgt. Eerst wordt een fysiotoptypologie en -kaart gemaakt, vervolgens een natuurdoeltypentypologie en -kaart. Daarna wordt met het vegetatiemodel de vegetatiesuccessie gesimuleerd. Daarna wordt het hydrologisch model geïmplementeerd. Daarna wordt het standplaatsmodel geïmplementeerd en worden ecotopen gegenereerd. Vervolgens wordt de natuurwaarde van de ecotopen bepaald. Daarmee worden de scenario's geëvalueerd.

De vegetatieontwikkelingsmodule GREINS-VEG1 geeft aan hoe de vegetatiestructuur zal zijn na 10, 30 en 100 jaar, in afhankelijkheid van het gevoerde beheer en van de abiotische Ausgangssituatie (=fysiotooptype, in het bijzonder vocht, pH en nutriënten). Dit model is een expertmodel, waarbij rekenregels zijn ontwikkeld om de kennis over begrazing te verwerken. De module GREINS-SIMGRO beschrijft de waterhuishouding op regionale schaal. Het model is ontwikkeld om de effecten van ingrepen of veranderingen in de waterhuishouding te voorspellen. Daartoe zijn grondwaterstroming, verdamping en oppervlaktewater, en hun interacties, in het model opgenomen. De module GREINS-NTM2 bepaalt op basis van berekende abiotische waarden (pH, N- en vochtbeschikbaarheid) de natuurwaarde. De natuurwaarde die wordt toegekend aan een combinatie van abiotische waarden (matrixcel) wordt gekijkt aan de hand van de huidige situatie, waarvoor zowel abiotische gegevens als vegetatieopnamen beschikbaar zijn. De door GREINS-NTM-2 bepaalde natuurwaarde wordt gebruikt om natuurscenario's te vergelijken.

GREINS vertoont gelijkenis met LEDESS, vooral wat betreft de vegetatie-ontwikkelingsmodules (zie hierna). Het belangrijkste verschil is echter dat GREINS een apart dynamisch-hydrologisch en een verzuringmodel bevat. GREINS-VEG verschilt van LEDESS-VEG doordat dat er een terugkoppeling plaatsvindt van de vegetatie naar de bodem (verandering in nutriëntentoestand, vocht, strooiselophoping) en dat veranderingen in milieu (verzuring) worden verdisconteerd. Verder worden effecten van beheer gemodelleerd, met name die van begrazing. Een nadeel van het model is dat het veel gegevens vergt en voor elk nieuw gebied weer veel nieuwe gegevens nodig zijn, met name ten aanzien hydrologie. Een voordeel is dat uitspraken kunnen worden gedaan op relatief gedetailleerd niveau. Momenteel is GREINS operationeel voor deelgebieden in het gebied van de Drentse Aa. Verder wordt de vegetatie-ontwikkeling beschreven in de vorm van vegetatiestructuurtypen, en niet in de vorm van vegetatietypen of soorten (geldt ook voor LEDESS). Evaluatie van scenario's vindt niet plaats op basis van te verwachten plantensoorten maar op basis van potentiële natuurwaarden. Dit beperkt de mogelijkheden om de uitkomsten van GREINS te toetsen aan de praktijk, en maakt het bijvoorbeeld onmogelijk om het natuurbeleid te evalueren op basis van gerealiseerde plantensoorten (Wiertz & van Ek 1996). Aan een vertaling van vegetatiestructuurtypen naar plantensoorten wordt momenteel wel gewerkt.

De exacte geografische posities van vegetatiestructuurtypen is niet vastgelegd in GREINS. Dat is technisch wel mogelijk, maar dan wordt het model te ingewikkeld en verlopen de simulaties te traag. Alleen het aandeel van een bepaald vegetatiestructuurtype binnen een rekeneenheid is bekend (Kemmers et al. 1997). Het is dus bijvoorbeeld niet duidelijk of het tien kleine snippers betreft of een aaneengesloten gedeelte.

Een belangrijk probleem vormt momenteel de ruimtelijke schaal van de basisinformatie. Er kunnen nu onrealistische combinaties van fysiotopten met vegetatietypen ontstaan: zure vegetatie op basische grond,



moerasvegetatie op droge bodems. Verder is de terugkoppeling van vegetatiestructuurontwikkeling naar hydrologisch model wel (bijvoorbeeld: bos verdampt, waardoor de bodem uitdroogt), maar naar het standplaatsmodel (SMART2) nog niet operationeel. In de nabije toekomst zal deze terugkoppeling moeten worden gerealiseerd. Probleem bij de terugkoppeling naar het standplaatsmodel is dat de modellering van de strooiselproductie thans alleen gebaseerd is op literatuuronderzoek en expertkennis, en niet is geverifieerd. Aan dit laatste wordt door het AB-DLO nu gewerkt. Overigens gelden bovenstaande problemen van een gebrek aan detaillering ook voor de andere hier besproken modellen (LEDESS, DEMNAT).

### **Input**

GREINS bestaat uit een koppeling van modellen waarbij de uitvoer voor het ene model de invoer voor het andere model vormt. De basisinvoer bestaat uit bodemgegevens en gegevens over beheer.

### **Output**

kaarten en tabellen met natuurwaarde (maat voor voorkomen van waardevolle soorten);  
“tussenproducten” hebben betrekking op de output van de afzonderlijke modules voor bodem, water en vegetatiestructuur.

### **Sterkte**

- relatief grote mate van detaillering in de simulatie van de wisselwerking tussen bodem en vegetatie;
- voor het eerst wordt gepoogd kennis m.b.t. bodem, verzuring, eutrofiëring, hydrologie, vegetatie en beheer te integreren;
- omzetten van waarde vrije gegevens in niet-waarde vrije, voor beleid relevante grootheid (natuurwaarde).

### **Zwakte**

- vergt gedetailleerde ruimtelijke data, waardoor het model thans alleen voor (delen van) Drentse Aa operationeel is. Een beperking is dat de vegetatieontwikkeling niet wordt gemodelleerd maar vast ligt en is gebaseerd op deskundigenoordeel (als bij LEDESS);
- doet geen uitspraken over kans op voorkomen van soorten, wat toetsingsmogelijkheden voor model en bruikbaarheid voor evaluatie van natuurbeleid (veelal gebaseerd op doelsoorten) beperkt;
- evenals andere op deskundigenoordeel gebaseerde kennissystemen, is de inzichtelijkheid beperkt: de relatie tussen gebruikte kennis en (de betrouwbaarheid van) de uitkomsten is niet altijd zichtbaar;
- de grofheid van de schematisatie van bodemgegevens vormt een probleem; maar dat is een dataprobleem, en niet een beperking van het model;
- evenals andere op deskundigenoordeel gebaseerde kennissystemen, is de inzichtelijkheid van sommige onderdelen beperkt: de relatie tussen gebruikte kennis en (de betrouwbaarheid van) de uitkomsten is niet altijd zichtbaar.

**Status:** prototype gereed.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie -, validatie -, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Documentatie:** uitgebreide serie rapporten van modules, runs en resultaten van GREINS. Nog geen technische handleiding, maar deze is naar verwachting binnen enkele maanden gereed.

**Informatie:** H. Kros (SC, SMART2), F. v.d. Bolt (SC, SIMGRO), D. Prins (IBN, VEG), E. Schouwenberg (IBN, NTM)

**Bronnen:** Heijmans (1996), Prins *et al.* 1996, Prins *et al.* 1997-a, Prins *et al.* 1997-b, Wiertz & van Ek (1996), Kemmers & van der Bolt (1997), Kemmers *et al.* (1997), Schouwenberg *et al.* (1997)

### **3.3.2 LEDESS**

LEDESS (Landscape Ecological Decision Support System) is een beslissingsondersteunend systeem dat ruimtelijke plannen toetst op ecologische realiseerbaarheid en de gevolgen voor de natuur. Het heeft modules voor de bodem (fysiotopen), vegetatie en fauna.

De basis voor LEDESS vormen een rasterbestand met abiotische en biotische informatie, kennistabellen over standplaats, vegetatieontwikkeling en ecologische infrastructuur en implementatie van deze kennis in een GIS. Eerst wordt abiotische informatie (primaire standplaatskenmerken zoals grondsoorten en grondwatertrappen) in de module SITE omgezet in fysiotopen en wordt een vegetatiestructuurtypologie (module VEG). Uit een combinatie van fysiotopen en huidige vegetatiestructuur ontstaat een ecotopenkaart. De ecotopen vormen de basis van het model. De vegetatieontwikkeling wordt voorspeld aan hand van vegetatiereeksen, die afhankelijk zijn van natuurdoeltypen, beheersvormen en het fysiotoop. Huidige kennis over vegetatieontwikkeling, gebaseerd op bestaande bronnen en expert-kennis, is hiervan de basis. De natuurdoeltypologie voor landelijke toepassing sluit aan op die van het IKC.

In geval van een vergelijking van scenario's worden deze scenario's zoveel mogelijk omgezet in natuurdoeltypen. Dan gaat de module LEDESS-SITE na of de natuurdoeltypen wel kunnen worden gerealiseerd op de fysiotopen waarop ze zijn gepland. Is dat niet het geval, dan worden beheersingrepen zoals peilverhoging voorgesteld om het gewenste natuurdoeltype alsnog te realiseren, of worden alternatieve natuurdoeltypen voorgesteld.

Vervolgens simuleert de module VEG de ontwikkeling van de vegetatie in de tijd. Deze ontwikkeling wordt gestuurd door het gekozen natuurdoeltype, het fysiotoop en de beheersvorm. De relatie tussen deze stuurfactoren en de vegetatieontwikkeling is in principe deterministisch. Recent is wel de mogelijkheid

toegevoegd om de relatieve kansrijkdom te bepalen van vegetatiedoelen op fysiotoepen. Afhankelijk van de specifieke toepassing, kan uitvoer gegeven worden van de verwachte vegetatie op verschillende tijdstippen na aanvang van de ontwikkeling of alleen van de eindsituatie. De basiseenheden van LEDESS-VEG zijn vegetatiestructuurtypen. Door combinatie met de fysiotoepen ontstaan ecotopen, die meer informatie bevatten over de botanische samenstelling dan de structuurtypen alleen.

In de module LEDESS-SHAPE worden de dieren gegroepeerd tot ecologische soortgroepen, met min of meer overeenkomstige habitateisen en oppervlaktebehoefte. Voor elke soortgroep wordt per ecotooptype de geschiktheid als leefgebied, foerageergebied en voortplantingsgebied in tabelvorm vastgelegd.

Daarnaast zijn gegevens over de oppervlaktebehoefte van individu en populatie, versnipperingstolerantie en dichtheden in verschillende ecotopen opgenomen. Aan de hand hiervan worden de oppervlakte aan aaneengesloten geschikt habitat ("potentiële leefgebieden") en de draagkracht van de afzonderlijke leefgebieden bepaald.

LEDESS-SHAPE onderscheidt zich van LARCH omdat habitatkwaliteit op een systematische wijze is gekoppeld aan informatie over bodem en vegetatie. In LARCH ontbreekt deze directe koppeling en wordt habitatkwaliteit ad hoc of op basis van een ecotopen-GIS bepaald.

### **Input**

- kaarten van bestaande fysiotoepen en vegetatiestructuur en van de huidige verspreiding van diergroepen;
- kennistabellen van de relaties tussen fysiotoop, ingrepen en vegetatiestructuurtype, vegetatieontwikkelingsreeksen, en van relaties tussen vegetatiestructuur/ecotopen en diergroepen, oppervlakte-eisen en fusieafstanden;
- ruimtelijke scenario's, uitgewerkt op kaarten in de vorm van natuurdoeltypen.

### **Output:**

- kaarten van aangepaste huidige situatie. Als gewenste natuurdoeltypen niet kunnen worden gerealiseerd waar ze zijn gepland, worden suggesties gedaan voor andere natuurdoeltypen of voor beheersmaatregelen om het gewenste natuurdoeltypen toch te realiseren (b.v. grondwaterstandverhoging).
- kaarten van de vegetatieontwikkeling (bijvoorbeeld na 0, 10, 30 en 100 jaar, o.i.v. van (veranderende) abiotische condities en beheer. Deze kaarten dienen als input voor habitatgeschiktheid-bepaling in SHAPE en eventueel voor invoer in de dispersiemodellen GRIDWALK of POLYWALK).
- kaarten van habitatgeschiktheid na 10, 30 en 100 jaar, vnl. gebaseerd op vegetatiestructuur en soortspecifieke ruimtelijke eisen. Kaarten vormen tevens input voor faunadispersie-modellering).

### **Sterkte**

- veel bestaande kennis wordt geoperationaliseerd, geïntegreerd en omgezet in kaartbeelden (relevant voor beleid, planning);
- modulaire opbouw in gestandaardiseerde GIS-omgeving;
- gestandaardiseerde in- en uitvoer in kaartbeelden van bodem, flora en fauna;
- door eenvoudige structuur is nieuwe kennis gemakkelijk in te bouwen.

### **Zwakte**

- er is erg veel zogenaamde expertkennis ingestopt, waarbij de conclusie vaak is gebaseerd op een aantal overwegingen en getallen, zonder dat die zelf aan worden geduid. Dit komt de inzichtelijkheid niet ten goede.
- er worden erg veel aannamen gedaan. Dit betreft veronderstellingen ten aanzien van het al dan niet kunnen realiseren van natuurdoeltypen in een bepaald fysiotoop, de vegetatieontwikkeling (richting en snelheid van ontwikkeling) en ten aanzien van habitateisen, ruimtebehoefte, dispersievermogen en home range van dieren. Dit vergroot de kans op onjuiste uitspraken en maakt het lastig om de betrouwbaarheid van de uitkomsten te beoordelen.
- het model is deterministisch en houdt dus geen rekening met milieu- en demografische stochasticiteit.

- (ten opzichte van GREINS) er zijn geen terugkoppelingsmechanismen van de vegetatie naar de bodem) ingebouwd.

Verder bepaalt de schaal waarop de (GIS)-gegevens beschikbaar zijn de mate van ruimtelijk detail. Op landelijk niveau is deze meestal vrij grof (1 km<sup>2</sup>), hetgeen tot het “uitsmeren” van ruimtelijke heterogeniteit leidt. Dat is overigens geen tekortkoming van het kennismodel maar van de data.

**Status:** operationeel, wordt verder ontwikkeld.

**Betrouwbaarheid:** (voor landelijke toepassing) kalibratie -, validatie +/- (alleen module VEG), gevoeligheidsanalyse +/- (alleen module SHAPE).

**Documentatie:** zie bronnen. Technische handleiding aanwezig (Bakker *et al.* 1996).

**Informatie:** J. Knaapen (SC).

**Bronnen:** Harms *et al.* 1995; Bakker *et al.* 1996; Buit en Farjon 1997.

### 3.3.3 LARCH

LARCH (Landscape Assessment and Rules for the Configuration of Habitat) is een deterministisch kennismodel dat een verband legt tussen landschapsstructuur en biodiversiteit. Het bepaalt voor een omgrensd gebied welk deel van de soorten die er kunnen voorkomen een duurzame populatie kan vormen. Het expertdeel vertaalt ruimtelijke GIS-kenmerken van de structuur van het landschap naar ruimtelijke kengetallen voor het leefgebied van indicatorsoorten. Deze worden vergeleken met matrices die de ruimtelijke voorwaarden voor duurzame populaties bevatten (oppervlakte-eisen voor Minimum Viable Population (=minimale grootte waarbij populatie nog levensvatbaar is), kernpopulatie en reproductieve eenheid (doorgaans een paartje). Deze kengetallen worden afgeleid uit expertkennis, extrapolatie van empirische gegevens en resultaten van simulaties met stochastische modellen voor netwerkpopulaties (METAPHOR). Het model bepaalt dan voor welke indicatorsoorten het door de gebruiker ingestelde niveau van duurzaamheid gehaald wordt.

LARCH is thans operationeel voor een 70-tal vogel- en een tiental zoogdiersoorten, enkele soorten insecten waaronder vlinders en een aantal soorten in het water levende ongewervelden (macrofauna). Verschillen in habitatkwaliteit worden op een vergelijkbare wijze als in METAPHOR verdisconteerd. De relatie tussen landschap en mate van dispersie kan gedeeltelijk worden verwerkt. Effecten van lijn-vormige barrières worden thans verdisconteerd in de vorm van overgangskansen (tussen landschappelijke elementen). Momenteel wordt gewerkt aan het inbouwen van effecten van ‘weerstand’ van het landschap op de dispersie. Bij weerstand moet men denken aan het gemak of de bereidheid van dieren om een bepaald type landschap te doorkruisen, maar ook aan het feit dat een aantrekkelijk landschap de dispersie kan beperken omdat dieren het betreffende landschap niet willen verlaten. Verder ligt het in de bedoeling om de dispersiemodule die thans voor METAPHOR wordt ontwikkeld ook geschikt te maken voor gebruik in LARCH.

Ten aanzien van de beoordeling van duurzaamheid van populaties heeft LARCH twee voordelen ten opzichte van LEDESS-SHAPE. LEDESS-SHAPE evalueert alleen de duurzaamheid van afzonderlijke deelpopulaties terwijl LARCH daarnaast ook de duurzaamheid van het populatienetwerk evalueert (de metapopulatie). Verder betreft het oordeel over duurzaamheid van deelpopulaties in LEDESS-SHAPE uitsluitend expert-kennis, terwijl ze bij LARCH in belangrijke mate is gebaseerd op simulaties met METAPHOR, waardoor effecten van demografische en milieustochasticiteit beter kunnen worden verdisconteerd. Een ander voordeel ten opzichte van LEDESS-SHAPE is dat meer kennis over habitat-eisen, populatiedynamica en effecten van ruimtelijke rangschikking is verwerkt. Daardoor kunnen meer gedetailleerde uitspraken (lager schaalniveau, op soortniveau) worden gedaan dan in het geval van LEDESS-SHAPE. LARCH kent ook nadelen ten opzichte van LEDESS-SHAPE. Allereerst is LARCH niet gekoppeld aan een GIS-bestand met gegevens over abiotiek (bodem, hydrologie) en vegetatie. Dit beperkt het onderscheidend vermogen en het verkrijgen van inzicht in betekenis van abiotiek voor draagkracht en voor duurzaamheid van populaties en in de betekenis van beheersvarianten. Bovendien moet de habitatkwaliteit in LARCH daardoor bij veel toepassingen telkens opnieuw worden gegenereerd. Dit probleem behoort binnenkort voor een deel tot het verleden omdat LARCH dan gebaseerd zal zijn op

gegevens over draagkracht voor 120 verschillende ecotopen (ecotoop is bepaalde combinatie van vegetatie en bodem; bijvoorbeeld loofbos op kleigrond) en een ecotopenkaart met rastercellen van 250 bij 250 m. Omdat LARCH niet is gekoppeld aan een vegetatie-ontwikkelingsmodel kunnen geen uitspraken worden gedaan over de ontwikkeling van habitatgeschiktheid en duurzaamheid in de tijd, hetgeen bij LEDESS-SHAPE wel mogelijk is.

### **Input**

Dataset met oppervlakten, afstanden en omrekenfactoren voor draagkracht per natuurdoeltype of andere door de gebruiker onderscheiden landschappelijke eenheden zoals ecotopen en vegetatiestructuurtypen.

### **Output**

- uitspraken over de duurzaamheid van ruimtelijk gestructureerde populaties en deelpopulaties;
- kaarten met informatie over duurzaamheid en te verwachten grootte van populaties.

### **Sterkte**

- operationalisatie en integratie van gedetailleerde kennis over habitatkwaliteit en effecten van ruimtelijke rangschikking van landschappelijke elementen;
- vertaling in kaartbeelden (relevant voor beleid, planning);
- door eenvoudige structuur is nieuwe kennis gemakkelijk in te bouwen.

### **Zwakte**

- (nog) geen systematische basis m.b.t. abiotiek en vegetatie (structuur), waardoor effecten van plannen/scenario's op habitatkwaliteit niet eenvoudig te bepalen zijn (wordt aan gewerkt);
- (nog) geen mogelijkheid tot bepalen van veranderingen in habitatkwaliteit en duurzaamheid ten gevolge van successie;
- evenals andere op deskundigen-oordeel gebaseerde kennissystemen, is de inzichtelijkheid beperkt: de relatie tussen gebruikte kennis en (de betrouwbaarheid van) de uitkomsten is niet altijd zichtbaar.

**Status:** operationeel, wordt verder ontwikkeld, status gedeeltelijk afhankelijk van toepassing (verschillende typen in ontwikkeling).

**Betrouwbaarheid:** voor deel soorten: kalibratie +, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse +.

**Documentatie:** redelijk, loopt achter. Technische handleiding: Meeuwsen 1997.

**Informatie:** R. Reijnen (IBN)

**Bronnen:** Kalkhoven *et al.* 1996, Meeuwsen 1997, Kalkhoven & Meeuwsen 1997

## 3.4 Ondersteunende simulatiemodellen

### 3.4.1 METAPHOR

Het model METAPHOR (METApopulation model FOR ecological impact assessment) beschrijft de populatiedynamiek van soorten in een landschap met ruimtelijk gescheiden habitatplekken. Het is expliciet ruimtelijk, stochastisch (zowel demografische stochasticiteit als omgevingsfluctuaties) met verschillende mogelijkheden voor het inbouwen van effecten van dichtheidsafhankelijkheid en sociale structuur. Een aparte module (werknaam SLICE) wordt gebruikt om dispersierelaties vast te stellen. Het model is individu-gebaseerd, in tegenstelling tot het *patch*-gebaseerde WINK. In METAPHOR worden mogelijke verschillen in habitatkwaliteit tussen habitatplekken op twee manieren verdisconteerd. Er is een parameter (waarde tussen 0 en 1) waarmee de draagkracht van een gebied kan worden aangegeven en er is een parameter waarmee verschillen in geboorte en sterfte gerelateerd aan habitatkwaliteit kunnen worden weergegeven. De habitatkwaliteit wordt constant verondersteld. Het tussen liggende landschap wordt min of meer homogeen verondersteld. Momenteel wordt in samenwerking met Lutz Tischendorf van de universiteit van Leipzig een dispersiemodule ontwikkeld voor gebruik binnen METAPHOR, die wel expliciet rekening houdt met heterogeniteit en barrières in het landschap (zie ook de beschrijving van GRID- en POLY WALK).

#### Input

- kaart met ligging van habitatplekken in omringende voor onderzochte niet geschikte landschap;
- life history parameters (leeftijdsafhankelijk reproductief succes en sterfte, migratie, dispersie per sexe en leeftijd en hun standaarddeviatie);
- Kalibratie kan met gegevens over presentie/absentie in deelgebieden (liefst tijdsreeks daarvan).

#### Output

- verloop in ontwikkeling van aantal individuen in hele metapopulatie of in habitatplek;
- aanduidingen van duurzaamheid van deel- en metapopulaties.

#### Sterkte

METAPHOR is het enige model binnen de reeks bestudeerde modellen dat rekening houdt met populatiedynamische processen, inclusief demografische stochasticiteit en dat de effecten van de aanwezigheid van naburige populaties op de aantalontwikkeling in de gemodelleerde populatie modelleert.

#### Zwakte

- houdt (nog) geen rekening met de invloed van heterogeniteit van het landschap op dispersie (wel bij POLYWALK en GRIDWALK) en met veranderingen in habitatkwaliteit (denk aan successie); aan beide aspecten wordt momenteel gewerkt.
- de uitkomsten van METAPHOR blijken erg gevoelig voor waarden van een parameter waar juist weinig van bekend is, namelijk dispersie (Verboom 1996): dat is echter geen tekort van het model maar een tekort van de data.

**Status:** operationeel, wordt verder ontwikkeld.

**Betrouwbaarheid:** voor deel van de diersoorten: kalibratie +, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse +.

**Documentatie:** nogal fragmentarisch. Wordt aan gewerkt. Geen technische handleiding.

**Informatie:** J. Verboom (IBN).

**Bronnen:** Verboom 1996, Farjon *et al.* 1997.

### 3.4.2 DIASPORE

Een gedeeltelijk deterministisch en gedeeltelijk stochastisch model dat de kolonisatie voorspelt door bosplanten van nieuw aangelegd boshabitat in cultuurlandschap vanuit bestaande populaties in oud(er) bos. In type 1 wordt dispersie afhankelijk verondersteld van verbindende elementen tussen bosjes (Kamperfoelie). In type 2 vindt dispersie plaats onafhankelijk van al of niet bestaan van verbindingen (Amerikaanse Vogelkers). Het model heeft een deterministisch en een stochastisch deel. Deterministisch: groei en zaadproductie in eenmaal gekoloniseerde *patches*. Stochastisch: het koloniseren van die *patches*. Het model is in technische zin voor ca. 75% gelijk aan METAPHOR. Het model verschilt van METAPHOR door een aantal vereenvoudigende aannames: a) er vindt geen extinctie plaats in een eenmaal gekoloniseerde *patch*. b) de productie van zaden is alleen een functie van kwaliteit, oppervlakte van de *patch*, en tijd die verstrijkt na vestiging.

#### Input

Als METAPHOR.

#### Output

Als METAPHOR

#### Sterkte

Is momenteel enige model waarin effecten van versnippering op planten kunnen worden geëvalueerd.

#### Zwakte

- slechts beschikbaar voor twee soorten bosplanten;
- demografische aspecten zijn zeer sterk versimpeld; gebruikswaarde lijkt daarom vooral in modelleren van dispersie te liggen.

**Status:** prototype. Verdere ontwikkeling vindt plaats in vorm van METAPHOR-plant

**Betrouwbaarheid:** kalibratie +, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse?

**Documentatie:** fragmentarisch, in wetenschappelijke publicaties. Geen technische handleiding.

**Informatie:** C. Grashof-Bokdam en J. Verboom (IBN).

**Bronnen:** Verboom 1994; Bokdam 1997 (hoofdst. 4).

### 3.4.3 WINK

Het model WINK (WINKing patches model) beschrijft de dynamiek van kolonisaties en extincties in een landschap met ruimtelijk gescheiden habitatplekken. Plekken kunnen in twee toestanden verkeren: leeg (en koloniseerbaar) of bezet (met kans op lokale extinctie). Het model kan worden gebruikt om verschillende configuraties van habitat te vergelijken wat betreft duurzaamheid van metapopulaties. Doel van WINK is om met zo weinig mogelijk gegevens zoveel mogelijk het gedrag van een metapopulatie te kunnen beschrijven en voorspellen. Om die reden is WINK ontwikkeld naast METAPHOR, een model dat veel meer eisen stelt aan de kennis over demografische parameters. WINK benadert metapopulatie van precies de andere kant als METAPHOR. METAPHOR werkt vanuit de individu, WINK vanaf het niveau van de metapopulatie. WINK is dus *patch*-gebaseerd, METAPHOR individu-gebaseerd. M.b.v. regressietechnieken wordt het effect van gebiedsgrootte en weerstand van het landschap (connectedness) berekend op extinctie en kolonisatie (Verboom 1996: 106). De eerste resultaten wezen uit dat om bruikbare resultaten te krijgen meer kennis nodig was om het model te parametriseren dan aanvankelijk werd gedacht (mond. meded. Verboom). WINK en vergelijkbare 'knipperbol' modellen staan beschreven in hoofdstuk 8 in Verboom (1997).

#### Input

Tijdsree van aan- en afwezigheid van soort in een groep *patches* (alle *patches* in een gebied).

### **Output**

Overzichten, onder andere in vorm van kaart, met ontwikkeling in tijd van kolonisatie en extinctie van afzonderlijke habitatplekken, percentage bezette plekken, kans op duurzaamheid.

### **Sterkte**

Poogt met zo weinig mogelijk kennis de processen van kolonisatie en extinctie zo goed mogelijk te simuleren.

### **Zwakte**

Uitkomsten van model in huidige vorm passen onvoldoende op waargenomen gegevens.

**Status:** operationeel. Wordt voornamelijk niet verder ontwikkeld.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie +, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse ?.

**Documentatie:** zie bronnen. Geen technische handleiding. Informatie: J. Verboom (IBN).

**Informatie:** J. Verboom (IBN)

**Bronnen:** Verboom 1996.

## **3.4.4 GRIDWALK & POLYWALK**

GRIDWALK en POLYWALK zijn respectievelijk raster- en vectorgeoriënteerde *correlated random walk* modellen voor de simulatie van dispersiebewegingen van een individueel dier door een heterogeen landschap. Het looppad wordt in eerste instantie door toeval bepaald, waarbij de kans om naar een naburige rastercel of polygoon te lopen afhangt van de habitatkwaliteit in de huidige en in die naburige rastercel of polygoon. Desgewenst kan ook een voorkeurslooprichting worden ingesteld. De verblijftijd in een rastercel of polygoon wordt bepaald door de aantrekkelijkheid van het landschapstype (ecotoop) en de dispersieweerstand ervan. De modellen onderscheiden absolute en relatieve barrières. Het belangrijkste doel van deze modellen is om de onderlinge bereikbaarheid van ruimtelijk begrensde leefgebieden (of "habitatclusters") te bepalen en te laten zien waar de belangrijkste barrières, corridors en *bottle necks* voor de dispersie zitten.

POLYWALK is ontwikkeld naast GRIDWALK om de voordelen van een vector-georiënteerd GIS te benutten in de simulatie van dispersie van dieren. Dit betreft vooral het in potentie veel grotere ruimtelijke detail (geen "hoekige landschappen") en de mogelijkheid om lijnvormige elementen als corridor of barrière te definiëren. POLYWALK heeft nog een aantal voordelen ten opzichte van GRIDWALK: de bewegingsrichting en stapgrootte van dieren is continu variabel (bij GRIDWALK vier of acht richtingen) en POLYWALK is schaalafhankelijk. Nadeel van POLYWALK is dat gedetailleerde input nodig is en dat de GIS-voorbewerkingen veel tijd kosten. POLYWALK wordt in de praktijk dan ook vooral gebruikt in kleinschalige projecten of grootschalige projecten met een geringe resolutie, GRIDWALK vooral in grootschalige projecten. In principe zijn beide modellen echter te gebruiken op lokaal, regionaal en nationaal niveau.

POLYWALK heeft in tegenstelling tot GRIDWALK een modulaire opbouw. Modules die gereed zijn, worden gekenmerkt door: random beweging (kleine zoogdieren), richtingsvoorkeur (o.a. marterachtigen), homing (o.m. amfibieën).

Uit gevoeligheidsanalyses bleek dat de modellen het gevoeligst zijn voor parameters die landschapseigenschappen beschreven, en tamelijk robuust ten aanzien van het gebruikte algoritme.

Een voordeel van GRID- en POLYWALK ten opzichte van de huidige dispersiemodule SLICE van METAPHOR is dat er expliciet rekening wordt gehouden met de heterogeniteit van het landschap. Bovendien worden in GRID/POLYWALK alle mogelijke looppaden onderzocht. GRID/POLYWALK zijn in belangrijke mate complementair aan METAPHOR. GRID- en POLYWALK simuleren in tegenstelling tot METAPHOR niet de demografie van de deelpopulaties in een metapopulatie. De



modellen zijn in het verleden met succes (technisch en inhoudelijk) aan elkaar gekoppeld in een project waarin de dispersie van dassen in Midden-Nederland werd gesimuleerd (Schippers *et al.* 1996).

### **Input**

- kaart met typen landschap (ecotopen);
- kaart met ligging (potentiële) leefgebieden;
- kaart met lineaire barrières;
- kennistabellen m.b.t. habitatgeschiktheid, verblijfsduur, sterftekansen van/in ecotopen en barrières;
- stuurfiles m.b.t. modelparameters.

### **Output**

- connectiviteitsmatrix met onderlinge bereikbaarheden van leefgebieden, uitgedrukt in fractie dieren dat vanuit bronpopulatie andere populaties bereikt;
- kaart met looppatronen;
- kaart en tabel met bezoekfrequenties per rastercel of polygoon;
- kaart en tabel met sterfte in het landschap en op infrastructuur.

### **Sterkte**

De modellen integreren gegevens over dispersie-eigenschappen van dieren, kwaliteit en weerstand van landschap en barrières van verschillende plaatsen (heterogeniteit van landschap) tot een samenhangend plaatje van de dispersieweerstand en connectiviteit van het landschap.

### **Zwakte**

Er worden veel aannames gedaan over belangrijke parameters zoals kwaliteit en residentietijd in rastercel of polygoon, mortaliteit bij oversteken van barrières zoals wegen, terwijl deze slechts ten dele met literatuurgegevens onderbouwd kunnen worden. Het betreft hier een dataprobleem. Operationaliseerbare gegevens over habitatkwaliteit en met name dispersie zijn schaars en veelal anekdotisch van aard.

**Status:** beide operationeel, POLYWALK wordt nog verder ontwikkeld.

**Betrouwbaarheid:** GRIDWALK kalibratie +, validatie +, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse +; POLYWALK kalibratie ±, validatie -, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse +.

**Documentatie:** vrij uitgebreide modelbeschrijvingen in wetenschappelijke publicaties (zie bronnen).

GRIDWALK: technische handleiding, POLYWALK technische handleiding in bewerking.

**Informatie:** J. Knaapen (SC).

**Bronnen:** Schippers *et al.* 1996, Bakker *et al.* 1997a, b.

## 3.5 Bos-modellen

### 3.5.1 ALBOS

ALBOS is een geografisch informatiesysteem met gegevens over bodem, grondwatertrappen en de ligging van bossen en natuurterreinen in Nederland. Aan hand van geclusterde bodemgegevens is een beoordelingstabel gemaakt door medewerkers van SC-DLO en IKC en zijn op grond daarvan voor alle groeiplaatsen in Nederland interpretaties uitgevoerd met betrekking tot de a) geschiktheid voor bosdoeltypen, b) gevoeligheid voor verzuring, en c) de gevoeligheid voor grondwaterstandverlaging. Het systeem is uit te breiden met nieuwe interpretaties. Doel van het kennismodel is het operationeel maken van kennis over relaties tussen bos en bodem.

Binnen ALBOS vindt een groeiplaatsbeoordeling plaats, op grond waarvan via een aantal stappen aan de hand van bodem- en grondwatergegevens, en van huidig bodemgebruik, aan elk kaartdeel een bosdoeltype wordt toegekend.

#### Input

- bodemgegevens;
- ligging van bos- en natuurgebieden;
- bosdoeltypen.

#### Output

- geschiktheidkaart voor bosdoeltypen;
- kaart met aanvullende bodemkundige info;
- kaart met verzuringgevoelige gronden.

#### Sterkte

Operationaliseert bestaande kennis over relatie bosbodem in voor gebruikers goed toegankelijke vorm.

#### Zwakte

- kwalitatieve interpretatie van groeiplaatsgegevens;
- interpretatie op basis van bodemkundige kaarten 1:50.000 is erg globaal en onvoldoende om vast te stellen wat meest geschikte boomsoort ter plekke is.

Problemen met betrekking tot de bodemgegevens:

- de bodemgegevens zijn nogal gedateerd.
- op de bodemkaart is wel aangegeven wanneer er grote kleinschalige ruimtelijk variatie is in bodemsamenstelling, maar niet waar welk bodemtype ligt;
- er bestaan op arme podzolen vaak verschillen in mineralenrijkdom die voor bosbouw van belang zijn, maar deze verschillen staan niet op de bodemkaart aangegeven.

**Status:** operationeel.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie +, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse +.

**Documentatie:** zie bronnen voor modelbeschrijving en technische handleiding.

**Informatie:** W. de Vries (SC).

**Bronnen:** De Vries et al 1992.

### 3.5.2 FORGRO

FORGRO (Forest GROwth) simuleert de primaire productie en groei van bomen in relatie tot standplaatsfactoren. Het betreft een fysiologisch gewasgroeimodel. FORGRO vindt op dit moment

vooral toepassing in het klimaatonderzoek. Het wordt gebruikt om mogelijke effecten van global change op karakteristieke bostypen in een transect door Europa te kwantificeren.

**Status:** operationeel.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie +, gevoeligheidsanalyse +, onzekerheidsanalyse +.

**Documentatie:** fragmentarisch aanwezig in wetenschappelijke publicaties. Geen technische handleiding. Wordt aan gewerkt.

**Informatie:** F. Mohren (IBN).

### 3.5.3 FORGRA

Het bosontwikkelingsmodel FORGRA (FOrest GRAzing, voorheen FORDEVEL) is ontwikkeld om effecten van bosbegrazing op de bosontwikkeling (bijvoorbeeld verjonging) te analyseren. Het is een dynamisch simulatiemodel. De basiseenheid is een verjongingsplek binnen een bostype. Deze verjongingseenheid ontstaat bij aanplant, storm, sterfte van een dominante boom e.d. Naast begrazing (door edelhert, ree, rund of paard) worden ook standplaatseigenschappen, beheer en boomsoort-samenstelling in de analyses meegenomen. Hoofddoel is veranderingen in samenstelling en structuur van een bos te beschrijven bij diverse begrazing- en beheerscenario's. De interpretatie vindt gedeeltelijk plaats op landschapsniveau, met name wat betreft effecten van begrazing op bos- en heidelandenschappen.

**Status:** prototype gereed, model wordt verder ontwikkeld, nog niet operationeel. **Betrouwbaarheid:** kalibratie -, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Bron:** Jorritsma *et al.* 1997. Technische modeldocumentatie is in voorbereiding.

**Informatie:** I. Jorritsma (IBN)

### 3.5.4 FORSPACE

FORSPACE (voorlopig acroniem voor FOrest development in a SPAtial ContExt) is een dynamisch simulatiemodel om de effecten van grootschalige verstoringen op de ontwikkeling van een boslandschap te kunnen verkennen en voorspellen. Bij verstoringen moet men denken aan grootschalige landschapvormende processen, zoals brand, windworp en begrazing. Dit model bevindt zich in de eerste ontwikkelingsfase en bouwt voort op FORGRA.

**Status:** in ontwikkeling, nog niet operationeel. **Betrouwbaarheid:** kalibratie -, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Documentatie:** nog niet aanwezig. Geen technische handleiding.

**Informatie:** F. Mohren (IBN)

### 3.5.5 LSFSM

LSFSM (voorlopige acroniem voor Large Scale Forest Scenario Model) is een eenvoudig prognosemodel voor de groei en structuur van bos, in combinatie met oppervlaktestatistieken (project, regio, land, Europa). Het wordt nu in samenwerking met het European Forest Institute in Finland ontwikkeld tot een raamwerk voor scenario-analyse voor het Europese bos.

**Status:** in ontwikkeling, nog niet operationeel.

**Betrouwbaarheid:** kalibratie -, gevoeligheidsanalyse -, onzekerheidsanalyse -.

**Documentatie:** nog niet aanwezig. Geen technische handleiding.

**Informatie:** G.-J. Nabuurs en F. Mohren (IBN).

## 3.6 Wad-modellen

### 3.6.1 DYNAMIG

DYNAMIG (Dynamic Model of Optimal Migration) berekent de optimale trekstrategie voor steltlopers en andere trekvogels (welke gebieden moeten wanneer worden bezocht en met welk gewicht moet verder worden getrokken). Het model kan worden gebruikt om gevolgen van veranderingen in habitat voor de trek te onderzoeken.

**Informatie:** B. Ens (IBN).

**Bronnen:** Weber et al. 1998.

### 3.6.2 EXE3

Dit model berekent de effecten van schelpdiervisserij op het gewichtsverloop, de verspreiding en de overleving van Scholeksters en Kanoetstrandlopers. Het model opereert in principe op estuariumniveau maar het is mogelijk om de lange termijnconsequenties voor de populatie door te rekenen. EXE3 bouwt voort op EXE2 dat uitgebreid wordt beschreven in Goss-Custard (1996).

**Informatie:** B. Ens (IBN).

**Bronnen:** J.D. Goss-Custard (ed.) 1996.

### 3.6.3 DEplete

DEplete berekent de effecten van allerlei menselijke ingrepen, zoals schelpdiervisserij, op de verspreiding en mortaliteit van groepen voedselzoekende vogels. Beoogt een versimpeling te zijn van model EXE3. Het is mogelijk om lange termijnconsequenties voor de populatie door te rekenen.

**Informatie:** B. Ens (IBN).

**Bronnen:** Van der Meer en Ens 1997.

## 4 EVALUATIE

### 4.1 Kwaliteitsaspecten

We bespreken in deze paragraaf twee kwaliteitsaspecten: de mate waarin kalibratie, validatie en gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd en de mate waarin de modellen en de daar in verwerkte kennis zijn gedocumenteerd. Het belangrijke aspect van betrouwbaarheid - zit het model wetenschappelijk verantwoord in elkaar en doet het werkelijk wat het moet doen - kon in het kader van deze verkenning niet goed worden beoordeeld. Wij beperken onze uitspraken over betrouwbaarheid tot opmerkingen over de mate waarin kalibratie, validatie en gevoeligheidsanalyses hebben plaatsgevonden, en de mate waarin een model is gedocumenteerd.

Volgens de opgave op de enquêteformulieren is van 20 van de 24 in deze verkenning bekeken modellen een prototype of een operationeel model aanwezig. Bij STONE, FORSPACE, LSFSM en LARCH-LOC is dat niet het geval (LARCH-LOC is nu wel operationeel, mond. meded. R. Reijnen). Van deze 20 modellen zijn er 6 nog in het geheel niet gekalibreerd. Van de overige modellen is op zijn minst één versie of toepassing gekalibreerd. Vaak is een model bijvoorbeeld slechts voor een aantal plant- of diersoorten gekalibreerd.

SMART/MOVE, SMART2 (wel gevalideerd!), DEMNAT, ALBOS, GREINS-VEG en DYNAMIG). Van de 20 modellen of modules zijn er slechts 5 gevalideerd: SMART2, FORGRA, GRIDWALK, EXE3, DEplete. Bij 14 van de 20 modellen zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.

Het is opmerkelijk dat SMART/MOVE en DEMNAT kennelijk niet zijn gekalibreerd, omdat deze modellen al enige jaren bestaan en in de toekomst waarschijnlijk veel gebruikt zullen gaan worden, bijvoorbeeld in het kader van de Natuurverkenningen. Verder valt op dat STONE is gekalibreerd, terwijl er nog geen prototype is. Waarschijnlijk betreft de kalibratie hier de deelmodellen zoals STONE-ANIMO en is het integrerende model zelf nog niet gekalibreerd.

Het aantal gevalideerde modellen is erg laag. Dat is zorgelijk want een aantal van die modellen, zoals LEDESS en LARCH, zijn en worden voor belangrijke verkennende studies gebruikt (Natuurverkenningen). Omdat modellen steeds belangrijker worden als beleidsondersteunend instrument, is het van groot belang dat de modellen worden gevalideerd.

Er moet een belangrijke kanttekening worden gemaakt bij de opgaven van de modellenmakers over kalibratie, validatie en onzekerheidsanalyses. Uit opmerkingen van de modellenmakers op de enquêteformulieren en in gesprekken bleek dat sommigen veel kritischer zijn ten opzichte van de betrouwbaarheid van hun modellen dan anderen, en daardoor minder snel geneigd zijn aan te geven dat hun modellen zijn gekalibreerd en gevalideerd. Die verschillen in beoordeling door de modellenmakers worden in de hand gewerkt door het feit dat de begrippen als kalibratie en validatie niet nauw omschreven zijn, en doordat de mate waarin modellen zijn gekalibreerd of gevalideerd sterk kan verschillen tussen versies en tussen toepassingen. Modellen als LARCH en LEDESS zijn bijvoorbeeld voor sommige diersoorten en gebieden wel gevalideerd, maar voor andere niet.

We merken verder op dat het uitvoeren van kalibraties, validaties en gevoeligheidsanalyses niet alleen belangrijk is voor de betrouwbaarheid van de modellen op zich, maar dat dit kenmerk van betrouwbaarheid ook een positief signaal geeft richting klant. We volstaan hier dus met bovenstaande algemene conclusies. Als men de mate waarin modellen zijn gekalibreerd en gevalideerd wil laten meewegen bij keuzes met betrekking tot verder modelontwikkeling in de toekomst, dan zal men opnieuw samen met de modellenmakers een overzicht moeten maken van de precieze actuele stand van zaken met betrekking tot kalibratie e.d.

We stellen vast dat de mate waarin (versies, toepassingen van) modellen zijn gekalibreerd en gevalideerd slecht is gedocumenteerd. Dat geldt eveneens voor de keuzes en overwegingen bij het omzetten van gegevens uit onder andere de literatuur in parameterwaarden die in het module worden gebruikt, of bij het inzetten van expertkennis. Een goede, voor ieder toegankelijke documentatie met betrekking tot het inbouwen van expertkennis in de modellen is des te belangrijker omdat de meeste modellen in belangrijke mate rond deze expertkennis zijn opgebouwd (tabel 1).

Het gebrek aan documentatie betreft ook de technische handleidingen. Uit bronnenonderzoek en gesprekken met de modellenmakers bleek dat er eigenlijk alleen goede technische handleidingen zijn voor LEDESS, GRIDWALK, DEMNAT, ALBOS, EXE3 en DEplete. Voor LARCH bestaat een verouderde handleiding.

Er zijn twee redenen voor de gebrekkige documentatie. De opdrachtgevers zijn er doorgaans niet in geïnteresseerd, dus is er geen geld om er tijd aan te besteden. En de meeste modellen worden steeds verder ontwikkeld, waardoor handleidingen voortdurend achterlopen, en dus weinig nuttig lijken. Deze documentatie is echter om een aantal redenen heel belangrijk:

- Continuïteit. Goede documentatie garandeert continuïteit: als de modellenmaker wegvalt kunnen collega's doorgaan met het toepassen en het verder ontwikkelen van het model.
- Kwaliteit/betrouwbaarheid. Deze documentatie stelt collega's en derden in staat inzicht te krijgen in de werking van het model, waardoor discussie en meningsvorming kan ontstaan en het mogelijk wordt het model te verbeteren.
- Certificering. In de nabije toekomst wordt goede documentatie mogelijk noodzakelijk omdat (potentiële) klanten dit eisen.
- Kennisintegratie. Documentatie vergroot de snelheid waarmee nieuwe kennis kan worden ingebouwd. De mensen die deze kennis kunnen leveren maar die het model niet goed kennen, weten zo beter wat precies van hen verwacht wordt en zijn beter in staat na te gaan of de kennis op een juiste wijze in het model wordt ingebouwd.

We bevelen daarom aan de documentatie zo snel mogelijk ter hand te nemen, en de achterstand in te lopen.

## 4.2 Aansluiting bij marktfragen

Voor welke vragen van klanten kunnen de modellen worden ingezet?

We zijn nagegaan in hoeverre de hier besproken modellen (kunnen) worden ingezet bij het beantwoorden van vragen van feitelijke en potentiële klanten van het IBN en het SC. In het kader van de concern-SEO "Verkenning van modellen op bedrijfs- en regionaal niveau" (informatie: J. Steenvoorden, SC-DLO), waarbij acht DLO instituten betrokken zijn, is een overzicht gemaakt van deze vragen. De vragen zijn in onderstaand overzicht samengevat.

Wat zijn de gevolgen voor de natuur van mogelijke economische ontwikkelingen in het landelijk gebied (witte gebieden en Ecologische Hoofdstructuur)? Bij de gevolgen moet men denken aan zaken als ruimtebeslag, versnippering door nieuwe infrastructuur en milieu-effecten.

1. Wat is de kansrijkdom voor natuur, wat zijn de potentiële natuurwaarden, in relatie tot abiotische omstandigheden en ruimtelijke aspecten? Voorbeelden van achterliggende vragen zijn waar natuurontwikkeling het beste kan plaatsvinden en welke natuurdoeltypen ergens kunnen worden gerealiseerd. Ook hier gaat het om verkennende studies.
2. Wat zijn de effecten op de natuur van grootschalige beleidsmaatregelen zoals vernatting, realisatie van de EHS en beperking van de emissies van schadelijke stoffen?
3. Wat zijn de effecten op de natuur van beoogde veranderingen in grondgebruik, zoals een ander landbouwkundig gebruik of stadsuitbreiding?

4. Wat zijn de actuele en potentiële natuurwaarden van een gebied, door middel van welke ingrepen of beheersmaatregelen kunnen die potentiële natuurwaarden worden ontwikkeld, of hoe kan de biodiversiteit het beste worden vergroot?
5. Hebben het beleid, de inrichtingsmaatregelen of het beheer het beoogde effect?

In alle gevallen wordt met natuur bedoeld flora én fauna. Met name bij de beantwoording van vragen 1-3 spelen vrij globale verkenningen/scenariostudies en voorspellingen op landelijk niveau een belangrijke rol. De vragen onder 4 en 5 hebben meer betrekking op het regionale of lokale niveau en vereisen daarom meer gedetailleerde kennis. De vragen en de daarvoor benodigde kennisproducten laten zich naar schaalniveau en mate van detaillering van de benodigde kennis indelen naar de opeenvolgende fasen in de beleidscyclus: planvorming (landelijk of regionaal), inrichting (regionaal, lokaal), beheer (lokaal) en evaluatie (landelijk tot lokaal).

**Tabel 3. Indeling van de besproken modellen naar de marktvrage en het object waarop de doelparameters betrekking hebben.**

MARKTVRAAG	OBJECT DOELPARAMETERS				
	bodem	water	vegetatie/flora	fauna	natuurwaarde
<b>Planvorming</b>					
o abiotische kansrijkdom-studies		SIMGRO			
o scenariostudies					
o milieubeheer	SMART2	SIMGRO	S/MOVE, GREINS, FORGRO	DEplete, DYNAMIG, EXE3	DEMNAT, GREINS
o natuurontwikkeling		GREINS	S/MOVE, GREINS, LEDESS	LEDESS, LARCH, METAPHOR, GRID- POLYWALK	DEMNAT, GREINS
o functie-veranderingen			LEDESS	LEDESS, LARCH, GRID- POLYWALK	
<b>Inrichting</b>					
o vergelijking inrichtingsalternatieven	GREINS	GREINS	GREINS, LEDESS, DIASPORE	LEDESS, LARCH	GREINS
<b>Beheer</b>					
o vergelijking beheersvarianten			FORGRO, FORGRA, (GREINS), (LEDESS)	DEplete, DYNAMIG, EXE3, (LEDESS), (LARCH)	
o omvormingsbeheer			FORGRO, FORGRA (GREINS), (LEDESS)	(LEDESS), (LARCH)	
o vershraling, vernatting	SMART2, STONE?	SIMGRO	(GREINS), (LEDESS)		
Evaluatie/monitoring					

In tabel 3 zijn de modellen volgens deze indeling gerubriceerd. Deze tabel heeft nog enige toelichting. De term *functieveranderingen* duidt op zaken als een veranderend landbouwkundig gebruik of de

omzetting van landbouwgrond in natuurgebied. Voorbeelden van *omvormingsbeheer* zijn de omvorming van productiebos in multifunctioneel bos en het niet langer maaien van rietland om een successie tot moerasbos mogelijk te maken.

In de kolom natuurwaarden zijn alleen de modellen die een module bevatten waarin natuurwaarden worden berekend. Andere modellen, zoals LEDESS en LARCH, leveren weliswaar uitvoer aan de hand waarvan natuurwaarden kunnen worden berekend, maar de berekening van natuurwaarden is als zodanig niet in het model opgenomen.

Bij het beheer zijn de modellen GREINS, LEDESS en LARCH tussen haakjes gezet. Effecten van beheer worden slechts heel globaal gemodelleerd. Zo wordt wel onderscheid gemaakt tussen begrazing en maaien, waar is het niet mogelijk de effecten van verschillende maairegiems of maten van begrazingsdruk door te rekenen.

Het valt op dat geen van de modellen thans wordt gebruikt voor evaluatie (monitoring), terwijl modellen daarbij juist van grote betekenis kunnen zijn. Een belangrijke reden is waarschijnlijk dat evaluerende studies nog nauwelijks zijn uitgevoerd. We bevinden ons momenteel nog in de fase daarvoor. Momenteel worden er allerlei meetnetten opgezet. De volgende stap - het vergelijken van behaalde resultaten met beoogde resultaten - is nog nauwelijks gezet. Juist bij die tweede stap kunnen modellen een belangrijke rol spelen, omdat ze inzicht kunnen geven waarom de voorspellingen niet overeenkomen met de werkelijkheid. Om deze rol te kunnen vervullen is het echter noodzakelijk om meetnetten zo op te zetten dat de resultaten ervan zich laten vertalen in termen waarmee de modellen kunnen rekenen. Wij bevelen dan ook aan dat de modelontwikkelaars er op toe zien dat de ontwikkeling van meetnetten en modellen op elkaar worden afgestemd.

In de tweede plaats valt op dat er weinig modellen zijn die de effecten van inrichting en beheer op de natuurwaarden berekenen. Er zijn slechts twee modellen waarin dit expliciet gebeurt, en dan alleen voor planten. Dat heeft ons inziens twee oorzaken: er zijn nog geen modellen of systemen waarin natuurwaarden met betrekking tot dieren worden berekend en er zijn momenteel geen modellen waarin effecten van beleid, inrichting en beheer op zowel flora als fauna op een geïntegreerde wijze worden bekeken.

In de derde plaats blijken er weinig modellen te bestaan die effecten van beheersvarianten op lokaal niveau kunnen modelleren. De eigenschappen van de modellen die er wel zijn laten zien waar de schoen wringt. Zowel de bos- als de wadmodellen kenmerken zich door een grote mate van detaillering van de ecologische processen en data. Dat is mogelijk omdat er veel bekend is over de relaties tussen bodemeigenschappen en houtproductie en tussen bodemeigenschappen, het voorkomen van schelpdieren en de voedselopname van wadvogels. Wij denken dat het hier echter uitzonderingen betreft en schrijven het ontbreken van modellen op lokaal niveau toe aan gebrek aan operationele kennis over de relevante processen.

Sommige landschapsecologische modellen kunnen vaak niet direct worden ingezet voor het beantwoorden van vragen van klanten, maar zijn daar ook niet primair voor bedoeld. Met name de modellen METAPHOR en POLYWALK zijn in de eerste plaats bedoeld om inzicht te krijgen in het belang van populatiedynamische en stochastische processen. Deze modellen leveren kennis op die in kennissystemen zoals LARCH en LEDESS kan worden gebruikt voor het beantwoorden van vragen van klanten. Naast het wetenschappelijke belang dragen ze dus wel bij aan het beantwoorden van klantvragen, maar indirect.

Er bestaat op het ogenblik geen goed overzicht van marktfragen en al of niet daarvoor ontwikkelde modellen. In bovengenoemde concern-SEO is wel een overzicht gemaakt van niet door DWK gefinancierde projecten waarbij modellen (niet alleen landschapsecologische) zijn gebruikt. Wij bevelen aan om aan de hand van onze indeling van modellen naar globale marktfragen (tabel 3) en het SEO-overzicht na te gaan voor welke concrete marktfragen landschapsecologische modellen al worden



ingezet of zouden kunnen worden ingezet en voor welke marktvragen modellen nog (verder) ontwikkeld dienen te worden

### **4.3 Lacunes, overlap en koppelingmogelijkheden**

#### **4.3.1 Samenvatting van lacunes, overlap en koppelingmogelijkheden**

##### *Lacunes*

Lacunes in het modelinstrumentarium zijn lastig aan te geven zonder overzicht van de marktvragen waaraan gewerkt dient te worden. Dit laatste is een lacune op zich: een helder overzicht van marktvragen en de mate waarin deze gedekt zijn door modellen. Hieraan wordt overigens wel gewerkt binnen het SEO-project "Verkenning en integratie van modellen op bedrijfs- en regionaal niveau".

Wellicht de meest opvallende lacune is het ontbreken van modellen waarmee de consequenties van inrichting en beheer op lokale schaal op standplaats/habitatgeschiktheid voor vegetatie en fauna kunnen worden geëvalueerd.

Op regionaal en landelijk niveau ontbreekt het aan een operationele modelketen waarin (op enige schaal) een door koppeling aanwezig is van abiotiek via vegetatie en habitatkwaliteit voor de fauna naar demografische aspecten. De bestaande modellen vormen al wel voldoende basis voor een dergelijke keten, er dient alleen nog gekoppeld te worden.

Daarnaast lijken de abiotische modellen (SMART, STONE-ANIMO) in hun huidige vorm nog niet optimaal geschikt voor het voorspellen van veranderingen in nutriëntenstatus van natuurterreinen en natuurontwikkelingsgebieden.

Verder is er nog geen operationele methode om de ver-thema's uit het milieubeleid te evalueren met betrekking tot de fauna. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de schamele hoeveelheid beschikbare kennis op dit gebied, wat op zichzelf een duidelijk punt van aandacht is.

Ook met betrekking tot de vegetatie valt op dit gebied in theorie nog veel te verbeteren: DEMNAT evalueert alleen hydrologische ingrepen, en in GREINS kunnen milieu-effecten op de vegetatie in principe bepaald worden maar alleen voor zover deze tot uiting komen in de vegetatiestructuur of in natuurwaarden. GREINS is alleen operationeel op regionaal niveau voor één gebied. Effecten op plantesoorten kunnen alleen nog bepaald worden met een model dat niet van DLO is: MOVE.

Ten aanzien van de organismen die gemodelleerd worden valt op dat er (binnen IBN en SC) relatief weinig gemodelleerd wordt aan plantesoorten: er is geen (botanisch) standplaatsmodel. (nog) geen demografisch model en dispersie wordt slechts op regionaal niveau gemodelleerd voor twee soorten. Ook zijn er nog geen metapopulatiemodellen ontwikkeld voor aquatische organismen, terwijl versnippering, milieustochasticiteit (denk aan éénmalige lozingen) en demografische stochasticiteit waarschijnlijk grote invloed hebben op het voorkomen van deze organismen.

Er zijn nog geen kennisystemen ontwikkeld die zowel de natuurwaarden van flora als van fauna evalueren. Dergelijke systemen zijn wel zinvol, omdat de floristische en faunistische natuurwaarde van een plek sterk van elkaar kunnen verschillen.

De grenzen aan het modelleren van natuur en natuurontwikkeling worden op dit moment eerder gesteld door beperkingen van de beschikbare ruimtelijke data dan door het modelinstrumentarium. Vooral op landelijk niveau is het gemis aan ruimtelijk expliciete actuele gegevens over de combinatie van bodem, grondwater en vegetatie onder het schaalniveau van de vierkante km een groot probleem. Dit gezegd zijnde, is er nog steeds flinke verbetering mogelijk van de inbreng van aanwezige empirische kennis -

vooral over habitateisen van de fauna - in de modellering. Daar wordt overigens momenteel hard aan gewerkt, met name op het IBN-DLO.

#### *Overlap*

Als je het hele scala aan modellen overziet, valt het met de overlap tussen de bestaande modellen nogal mee. Er zijn echter twee paren van modellen die een zeer duidelijke overlap hebben in hun toepassingsmogelijkheden. LARCH overlapt met de fauna-module van LEDESS (SHAPE), waar het de bepaling van habitatgeschiktheid en van de duurzaamheid van afzonderlijke populaties betreft. GREINS-VEG lijkt zeer sterk op de vegetatiemodule van LEDESS-VEG voor regionale toepassing. Concept en structuur van beide modellen zijn grotendeels gelijk, zij het dat in GREINS ook milieumodules aanwezig zijn die in LEDESS ontbreken. Het valt te voorzien dat in de nabije toekomst een nog veel grotere overlap gecreëerd gaat worden tussen LEDESS en GREINS (s.l.). Er wordt gedacht over toepassing van GREINS op nationaal niveau en uitbreiding van GREINS met een landelijke fysiotopentypologie en koppeling met een habitatmodule voor de fauna. Deze aspecten zijn in LEDESS reeds aanwezig en operationeel. Ook de voorgenomen ontwikkeling van een nieuwe dispersiemodule voor METAPHOR zal tot een dubbele leiden met de bestaande modellen GRIDWALK en POLYWALK. Verder is er sprake van overlap tussen DEMNAT en SMART/MOVE. De abiotische aansturing van beide modellen lijkt al veel op elkaar en zal te zijner tijd waarschijnlijk samengaan. De biotische responsmodules geven een vergelijkbaar type uitkomst maar zijn technisch en conceptueel verschillend. Er wordt overigens gewerkt aan afstemming tussen beide modellen (Runhaar, m.m.)

#### *Koppeling*

De meest voor de hand liggende mogelijkheden voor koppeling van modellen zijn LEDESS(-SITE/VEG/SHAPE) aan LARCH en METAPHOR aan GRID/POLYWALK. De eerste reeks betreft kennismodellen, gericht op de toepassing. De tweede reeks bevat mechanistische simulatiemodellen die vooral bedoeld zijn voor kennisontwikkeling, theorievorming en toetsing. Ook GREINS kan aan LARCH gekoppeld worden, zij het dat in dat geval nog ontbreekt aan een operationele doorvertaling van de fysiopen- en vegetatiestructuurtypologie naar habitatgeschiktheid voor de fauna (bij LEDESS aanwezig). De modellen uit de tweede reeks worden veelal gebruikt ter onderbouwing en voeding van de modellen uit de eerste reeks.

De eerstgenoemde koppeling maakt een keten van kennismodules compleet door toevoeging van het aspect duurzaamheid aan een keten waarin scenario's via ingrepen doorvertaald worden naar vegetatieontwikkeling en habitatkwaliteit. De laatstgenoemde koppeling voegt de effecten van de heterogeniteit van het tussenliggende landschap op de mate van bereikbaarheid toe aan de demografie van deelpopulaties.

Bij beide koppelingsmogelijkheden is de koppelbaarheid reeds onderzocht of in de praktijk bewezen en gaat het om min of meer gelijksoortige modellen.

Voor de evaluatie van zowel natuur- als milieuscenario's op nationaal niveau lijkt een koppeling van LEDESS en LARCH met DEMNAT (evt. MOVE) kansrijk. Er ontstaat dan een modelketen van onderling compatibele kennisystemen waarmee zowel vegetatiestructuur als soortengroepen (en de onderlinge samenhang) kan worden voorspeld. Koppeling van LEDESS/LARCH met MOVE is ook mogelijk (reeds verkend; Farjon et al. 1997).

In deze verkenning zijn ook een aantal modellen van buiten DLO bekeken, namelijk die waarvan DLO medegebruiker is. Er zijn er echter nog meer, bijvoorbeeld een vegetatieresponsmodel bij het KIWA (NICHE). Het is mogelijk dat koppeling van deze modellen onderling of met de DLO-modellen betere resultaten geven dan de hierboven aanbevolen koppelingsmogelijkheden. De beperkte tijd en de aard van de verkenning (in principe gericht op DLO-modellen) lieten het echter niet toe al deze mogelijkheden te onderzoeken.

Hierna volgt een uitgebreidere bespreking van lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden. Daarbij worden de modellen besproken aan de hand van een indeling naar schaalniveau van toepassing en beheersdomein (milieu- of natuurstudies).

Tabel 4. Indeling van de besproken modellen naar schaalniveau van toepassing en beheersdomein. Tussen haakjes: model wordt in dit hoofdstuk niet (b.v. DYNAMIG) of alleen als module (b.v. SMART2) besproken.

	Regionaal	Nationaal
Milieu-studies	(SIMGRO) (SMART2) STONE	STONE SMART/MOVE DEMNAT
Natuur-studies	GREINS LEDESS DIASPORE METAPHOR/LARCH GRID-, POLYWALK (FORGRA) (FORSPACE) ALBOS (DYNAMIG)	LEDESS METAPHOR/LARCH GRID-, POLYWALK (LSFSM) (EXE3) (DELETE)

#### 4.3.2 Regionale milieuscenario-studies

Bij de door het SC uitgevoerde scenariostudies op regionaal niveau (b.v. studies van de regionale hydrologie) wordt zelden modelmatig onderzocht wat de consequenties van abiotische veranderingen voor de biotiek zijn. Omgekeerd wordt bij het modelmatig evalueren van natuurontwikkelingsprojecten (b.v. Gelderse Poort Project) meestal geen milieu-aspecten betrokken. Behalve GREINS, waarbij de "insteek" vooral natuurontwikkeling is, zijn ons geen gevallen bekend van een gecombineerde inzet van milieu- en natuurmodellen op regionale schaal. Wel houdt het model FORGRO rekening met milieu-effecten (bodemverzuring). Dit is overigens een lacune op zich, waarin GREINS wellicht kan voorzien. Een verbetering zou dan kunnen zijn de operationalisering van de invloed van verzurings- en hydrologische effecten op de vegetatie en/of op plantesoorten.

In de ons bekende regionale milieuscenario-studies is meestal nauwelijks sprake van een landschapsecologische context. Deze cluster wordt daarom niet verder behandeld.

#### 4.3.3 Nationale milieuscenario-studies

Binnen deze cluster zijn abiotische modellen beschikbaar die betrekking hebben op standplaats-eigenschappen (SMART) en hydrologie (diverse, deels niet-DLO) en modellen die het voorkomen van plantesoorten (MOVE) of soortengroepen (DEMNAT) in afhankelijkheid van abiotische condities voorspellen. Daarnaast is het interdepartementale model STONE in ontwikkeling, dat nutriëntenemissie kan bepalen.

##### *Lacunes*

Ten aanzien van de biotische responsmodule liggen bij DEMNAT beperkingen in het ontbreken van een kwantitatieve maat voor de flora (alleen aan/afwezigheid) en in het feit dat voor veel km-vakken de gegevens onvoldoende betrouwbaar blijken en daarom buiten beschouwing zijn gelaten. MOVE heeft als belangrijkste beperking dat het vooral soorten uit natuurgebieden betreft en dat ook het statistisch verband tussen abiotiek en presentie van soorten op dergelijke systemen zijn gebaseerd. De mate waarin inmiddels empirische onderbouwing van de responscurven is bereikt, is ons onduidelijk. Beide modellen zijn sterk in het evalueren van de (veelal negatieve) effecten van milieuveranderingen maar vooral DEMNAT lijkt minder geschikt voor het evalueren van (op positieve verandering gerichte)

natuurontwikkelingsscenario's (denk aan vernatting en verschraling). Dit hangt samen met de beschikbare empirische kennis en het feit dat ecosystemen veelal veel trager reageren op herstel dan op aantasting of de veranderingen zelfs irreversibel zijn.

Bij de biotische responsmodules van beide modellen wordt gewerkt met soorten(-groepen). Er zijn voor de hand liggende redenen om ook voorspellingen te willen doen over milieu-effecten op het niveau van systemen of vegetaties. Daarnaast is het ontbreken van de biotische context (de levensgemeenschap) als factor in de modellering van het voorkomen van plantesoorten een inhoudelijk gemis. DEMNAT gaat weliswaar uit van ecosysteemtypen (de ecotopen) maar omdat op landelijke schaal hierover geen verspreidingsgegevens bestaan, worden deze afgeleid uit floragegegevens. Deze gegevens zijn echter slechts beschikbaar op het grove niveau van de vierkante kilometer en betreffen slechts aan- of afwezigheid.

Het is enigszins verbazend dat voor wellicht het grootste probleem van de Nederlandse natuur, namelijk vermesting, binnen DLO nog geen optimaal bruikbaar model bestaat. SMART is ontwikkeld voor de modellering van verzuring in bossen en korte, vochtige tot droge vegetaties. Het berekent naast de pH ook omzettingen van N (immobilisatie, nitrificatie, denitrificatie). Het is vooralsnog echter minder geschikt voor de voorspelling van N in natte situaties en bij verschralingbeheer. De P-huishouding vormt een complicerende factor bij verschraling. Over de invloed ervan op het voorkomen van plantesoorten is weinig bekend. De P-huishouding wordt binnen SMART niet gemodelleerd. ANIMO (op te nemen in STONE) is gedetailleerder waar het de N-huishouding betreft en bevat bovendien de P-huishouding, maar is in de bestaande vorm(en) ook niet geschikt voor bovengenoemde situaties. STONE zal deze lacune naar verwachting gaan dekken voor agrarisch gebied. Op termijn (3 jaar?) is ook toepassing op natuurterreinen voorzien. De oplossing ligt waarschijnlijk in de integratie en aanpassing van beide modellen.

De opvattingen over de bruikbaarheid van deze modellen voor N- en P-modellering lopen overigens uiteen. Deze materie verdient wellicht nadere bestudering door een brede groep van betrokkenen.

Er is nog geen expliciete modelmatige doorvertaling van milieu-effecten naar de fauna voorhanden. Indien mogelijk, lijkt dit een zinvolle aanvulling op het bestaande instrumentarium. Een verkennende studie, uitgevoerd in opdracht van het RIVM (Verboom et al., 1996) komt tot de conclusie dat een evaluatie van milieu-effecten op de fauna in principe mogelijk moet zijn met METAPHOR/LARCH. De milieu-effecten kunnen op de fauna inwerken via de kwaliteit van het habitat (bv. voedselaanbod en vegetatiestructuur) of "direct" de reproductie en sterfte van soorten beïnvloeden (bv. toxische stoffen). In het eerste geval lijkt het beter aan te sluiten bij bestaande modelketens, waarin effecten van milieuveranderingen op de vegetatie (zoals in GREINS, echter alleen nog regionaal) en de habitatkwaliteit in afhankelijkheid van vegetatie en bodem (zoals in LEDESS) worden bepaald (zie ook Farjon et al., 1997). In het tweede geval kunnen effecten worden vertaald in demografische parameters zoals in METAPHOR zijn opgenomen. Over geen van beide typen effecten lijkt echter voldoende bekend om tot een verantwoorde modellering te komen.

#### *Overlap*

Er is een duidelijke overlap in de biotische responsmodules van DEMNAT en MOVE. Beide modules beschrijven de reactie van soorten (-groepen) op veranderingen in de primaire standplaatsfactoren. MOVE leent zich in principe voor de bepaling van zowel de effecten van verdroging, verzuring als vermesting. De abiotische condities worden bepaald met behulp van SMART en het hydrologische model LGM. DEMNAT is toegesneden op de verdrogingproblematiek en gebruikt voor de hydrologische modellering NAGROM/LGM/MOZART. De abiotische "onderbouw" van beide modellen lijkt al sterk op elkaar en dit wordt in de toekomst naar verwachting alleen maar sterker (Runhaar, m.m.). De biotische responsmodules verschillen echter nogal in concept en techniek. De biotische responsmodule van MOVE voorspelt het voorkomen van plantesoorten op basis van Ellenberggetallen (en een zekere mate van empirische onderbouwing). DEMNAT is meer gericht op hydrologische maatregelen en is (mede door de empirische onderbouwing) sterker in het voorspellen van de biotische reactie daarop. Het heeft dosis-effect-modules voor allerlei ingrepen op de primaire standplaatsfactoren vocht, voedsel-

rijkdom en zuurgraad. Deze zijn gebaseerd op deskundigen oordeel. Voor een overzicht van de bestaande overlap tussen beide modellen en op stapel staande afstemmingsacties, zie Wiertz en van Ek. (1996).

#### *Koppelingsmogelijkheden*

Voor de toevoeging van het niveau van de vegetatie(-structuur) aan DEMNAT of MOVE ligt een koppeling met een GREINS-VEG of LEDESS-achtige model voor de hand. Nadeel van GREINS-VEG is dat het vrij specifiek voor het regionaal niveau is ontwikkeld. Wel is er al een operationele koppeling met SMART. LEDESS is qua structuur en databehoefte voor landelijke toepassingen geschikt en als zodanig reeds in NVK-verband gebruikt. Bovendien zijn er al operationele bestanden van de actuele vegetatie en bodem en is een deel van de vegetatieontwikkelingsreeksen gevuld. Een koppeling met MOVE is reeds verkend (Farjon et al., 1997). De meerwaarde van deze koppeling wordt pas volledig gerealiseerd als MOVE uitgebreid wordt met "responsies" voor de vegetatiestructuur: veranderingen in vegetatiestructuur kunnen dan immers ook doorwerken in de soortensamenstelling. Ook een koppeling met DEMNAT is mogelijk en ligt wellicht iets meer voor de hand omdat DEMNAT en LEDESS uitgaan van vergelijkbare data en basiseenheden (ecotopen). Bovendien komen beide modellen conceptueel vrij sterk overeen. Een beperking hiervan is echter dat - naast effecten van inrichtingsmaatregelen - alleen hydrologische ingrepen geëvalueerd kunnen worden.

Ten behoeve van de evaluatie van milieu-effecten op de fauna zou gewerkt kunnen worden met de volgende koppeling: hydrologisch model/SMART -> LEDESS-SITE, VEG -> LEDESS-SHAPE -> METAPHOR/LARCH, waarbij "directe" effecten vanuit de abiotische modellen kunnen worden doorgegeven aan METAPHOR/LARCH. Zoals reeds gezegd, is het echter zeer de vraag of er voldoende bekend is over milieu-effecten op de fauna om deze koppeling te operationaliseren.

#### **4.3.4 Regionale natuurstudies**

Binnen deze cluster zijn modellen beschikbaar die betrekking hebben standplaats eigenschappen, hydrologie, standplaatsgeschiktheid (vegetatie), habitatgeschiktheid (fauna), en op dispersiemogelijkheden (flora en fauna) en populatiedynamica van metapopulaties (fauna). Dit zijn: SMART, SIMGRO, LEDESS, GREINS, LARCH, METAPHOR, WINK, DIASPORE en GRIDWALK/POLYWALK. Over FORGRO, FORGRA, FORSPACE en LSFSM is te laat informatie ontvangen. Deze worden hier niet behandeld.

#### *Lacunae*

Een grote lacune is de vrijwel totale afwezigheid van modellen die het voorkomen van soorten op lokaal niveau voorspellen, in afhankelijkheid van standplaats/habitatkwaliteit en demografische factoren. Hierbij valt zowel te denken aan modellen die in te zetten zijn bij inrichtingsvraagstukken (landinrichting, opdrachten LD) als bij beheersvragen van terreinbeherende instanties. Dat geldt vooral voor planten (GREINS en LEDESS doen geen uitspraken op soortniveau) maar ook voor dieren. De bestaande modellen zijn qua inhoudelijk en ruimtelijk detailleringniveau eerder regionaal te noemen en niet geschikt voor beheersvragen (zoals bijvoorbeeld de effecten van rietbeheer op het voorkomen van rietzangers). Reden: kennisachterstand?

Daarnaast ontbreekt het ook op de hogere schaalniveaus vrijwel aan modellen of model-ketens die het mogelijk maken om effecten van ruimtelijke veranderingen (versnippering of juist uitbreiding van leefgebieden ten gevolge van functieveranderingen of natuurontwikkeling) en veranderingen in habitatkwaliteit (door beheer of successie) met elkaar te vergelijken. LEDESS kan hiertoe gerekend worden maar hierin ontbreekt een expliciete demografische evaluatie. LARCH kent geen koppeling met bodem- of vegetatiemodules, waardoor veranderingen in bodemeigenschappen of vegetatie niet kunnen worden doorvertaald naar consequenties voor fauna (hier wordt overigens wel aan gewerkt). Deze lacune levert ondermeer problemen op bij de evaluatie van scenario's (Immers, scenario a kan in ruimtelijk opzicht beter zijn dan scenario b, maar slechter in termen van habitatkwaliteit: of misschien

bieden beide scenario's überhaupt geen perspectief omdat de habitatkwaliteit onvoldoende is voor wat men wil; denk aan rietmoerasontwikkeling in stroomgebied van Rijn). In principe kan deze lacune opgevuld worden door koppeling van het bestaande instrumentarium (zie volgende par.).

Metapopulatie- en dispersiemodellen richten zich nu vrijwel uitsluitend op fauna, terwijl planten waarschijnlijk gevoeliger zijn voor habitatfragmentatie dan dieren (immers niet mobiel). Het enige model op dit gebied is thans DIASPORE. Hierin zijn een aantal zeer belangrijke vereenvoudigende veronderstellingen opgenomen. Het is ook slechts voor twee soorten ingevuld. Kennisachterstand is waarschijnlijk de oorzaak van de geringe vorderingen op dit terrein. Momenteel wordt wel een METAPHOR-plant ontwikkeld voor akkeronkruiden.

Het verdient aanbeveling te bezien in hoeverre uitbreiding van het aantal soorten (verbreidingstypen) als verdere uitwerking van demografische aspecten mogelijk is.

Verder zijn er binnen DLO weinig modellen die betrekking hebben op aquatische organismen. Er is wel een expert systeem voor het voorkomen van macrofauna in afhankelijkheid van waterkwaliteit (EKO) en er wordt gewerkt aan een expert systeem voor waterplanten. Voor vissen is echter geen expert systeem beschikbaar en het aspect versnippering wordt nog op geen enkel wijze gemodelleerd. De reden zal ook hier kennisachterstand zijn, maar anderzijds is er juist bij veel aquatische organismen een groot effect van versnippering te verwachten, omdat het aquatische habitat sterker is versnipperd dan het drastische habitat, en het terrestrische habitat voor veel aquatische soorten een zeer grote barrière vormt (denk aan vissen). Momenteel wordt een begin gemaakt met het inbouwen van kennis over versnipperingsaspecten en habitatkwaliteit voor vissen en macrofauna in LARCH.

Ook het modelleren van waterkwaliteit lijkt op de weg van DLO-modellereurs te liggen, alsmede het koppelen van hiervan aan een (te ontwikkelen) kennismodel voor habitatgeschiktheid voor vissen. Juist hier zou ook het belang van inbouwen van stochasticiteit in habitatkwaliteit van belang kunnen zijn (dat zit thans in geen enkel metapopulatie- of dispersiemodel)- denk aan grootschalige overstromingen.

Er zijn thans nog geen modellen waarin de natuurwaarden van de flora en fauna kan worden "opgeteld" of tenminste vergeleken. Dergelijke modellen kunnen wellicht zinvol zijn, want de floristische en faunistische natuurwaarden kunnen sterk van elkaar verschillen. Een goed voorbeeld vormen veenmosrietlanden die botanisch vaak erg belangrijk zijn, maar uit faunistisch oogpunt nauwelijks.

Met name (maar niet alleen) bij de ruimtelijk expliciete (demografische) modellen lijkt de modellering voor te lopen op de empirische kennis. METAPHOR is voor zover bekend slechts gekalibreerd voor enkele soorten en ruimtelijke patronen dat hoofdzakelijk op lokaal niveau. POLY/GRIDWALK zijn slechts eenmaal (in samenhang met METAPHOR) gekalibreerd voor de das. Over de levensvatbaarheid van metapopulaties is slechts van enkele soorten echt wat bekend. Het is daarom zeer belangrijk om meer empirisch onderzoek te doen naar versnipperingseffecten op de fauna op landelijk niveau. Maar het lijkt een illusie om op afzienbare termijn (enkel jaren) onderzoeksresultaten te verwachten die zich lenen voor de kalibratie of validatie van modellen die demografische processen simuleren op landelijk niveau. Het toepassen van modellen als METAPHOR en POLY/GRIDWALK op soorten waarvoor niet gekalibreerd of gevalideerd kan worden (met parameterschattingen op basis van deskundigenoordeel) geeft waarschijnlijk wel inzicht in algemene verbanden maar hun toepassing is beperkt door het gebrek aan empirisch onderzoek ter onderbouwing en validering. Kennissystemen als LARCH en LEDESS zullen dus nog lang moeten steunen op deskundigenoordeel.

#### *Overlap*

Er bestaat thans overlap tussen LARCH en de module SHAPE van LEDESS. Bij SHAPE wordt zowel habitatkwaliteit als oppervlakte en de draagkracht bepaald. LARCH veronderstelt input van derden over de ligging, grootte en kwaliteit van habitatplekken en bepaalt op basis daarvan verschillende duurzaamheidsparameters. De overlap heeft betrekking op het bepalen van draagkracht en van de duurzaamheid van afzonderlijke populaties. Er wordt gewerkt aan een methode om habitatkwaliteit te bepalen in LARCH op basis van een eigen ecotopensysteem, terwijl dit in LEDESS al is geopera-

tionaliseerd. Het verdient aanbeveling om de ontwikkeling van LEDESS-SHAPE en LARCH op elkaar af te stemmen en te komen tot één modelcluster.

Verder bestaat er ogenschijnlijk grote overlap tussen DIASPORE en METAPHOR. Deze overlap zal in de toekomst weggewerkt worden als "METAPHOR-PLANT" ontwikkeld wordt.

WINK beoogt in belangrijke mate hetzelfde als METAPHOR en LARCH. In METAPHOR wordt getracht inzicht te krijgen in betekenis van onderliggende mechanismen voor aantalverloop in metapopulatie, WINK en LARCH zijn echter sterker op directe toepassing gericht.

Zowel GREINS als LEDESS zijn operationeel voor toepassing op regionaal niveau. Daar waar LEDESS op dit niveau wordt ingezet bestaat een grote overlap met GREINS-VEG. Afgezien van de koppeling met SMART (die ook voor LEDESS verkend is en uitvoerbaar blijkt; Farjon et al., 1997) en het aspect begrazing, zijn modelconcept en structuur vrijwel identiek. Dit vraagt om een keuze in termen van welk model onder welke omstandigheden te gebruiken.

Ook is er enige overlap tussen GRID/POLYWALK en de bereikbaarheids-module van METAPHOR. De laatste is een kaartbewerking waarmee het "zicht" vanuit de ene deelpopulatie (en daarmee de kans op het bereiken ervan) op de andere wordt bepaald. Een veel grotere overlap zal echter ontstaan als een recent voornemen wordt uitgevoerd om een dynamische dispersiemodule te ontwikkelen voor METAPHOR. Het is onduidelijk of hiervoor voldoende inhoudelijke argumenten bestaan. Overleg hierover tussen betrokkenen lijkt gewenst.

### *Koppeling*

We beschikten slechts over te beperkte informatie over de bosmodellen FORGRO, FORGRA, FORSPACE en LSFSM voor een goede beoordeling. Het lijkt echter de moeite waard, met name bij de gedetailleerde modellen FORGRO en FORGRA, na te gaan in hoeverre deze modellen kunnen worden gebruikt om de meer globale modellen GREINS-VEG, LEDESS-VEG en ALBOS te onderbouwen of te toetsen. Het verdient aanbeveling de koppeling LEDESSVEG aan LARCH verder te operationaliseren. Dit is op het moment de enige voor handen zijn de combinatie waarin zowel (inrichtingsmaatregelen), vegetatie, (fauna-)habitatkwaliteit als demografische aspecten kunnen worden geëvalueerd. Gegeven het feit dat de koppeling tussen LEDESS-SHAPE en METAPHOR verkend en werkbaar bevonden is (Farjon et al. 1997), mag aangenomen worden dat ook de koppeling LEDESS-shape/LARCH goed mogelijk is. LARCH heeft hierbij de voorkeur boven METAPHOR omdat het, evenals de LEDESS-modules, een kennissysteem is. Lijkt perspectiefvol. In theorie kan in deze keten ook GREINS-VEG worden opgenomen in plaats van LEDESS-VEG. Het nadeel hiervan is echter het ontbreken van een faunamodule. Bij deze koppelingen doet zich wel het probleem voor dat er in veel gevallen onvoldoende operationele kennis aanwezig is over habitateisen van de fauna. Vaak is die kennis niet aanwezig, maar nog vaker is die kennis wel aanwezig, maar is zij niet vertaald in eenheden waar de modellen mee kunnen rekenen. Dit is een belangrijk punt van aandacht. Hierbij dient kennis niet alleen "uit de kast gehaald" te worden maar ook geïnterpreteerd te worden in termen van modelparameters. Bovendien gaapt er nog een gat tussen de modellen die habitatkwaliteit voorspellen en de demografische modellen. De koppeling tussen habitatkwaliteit en processen als geboorte en sterfte lijkt - voor zover dit geprobeerd is - moeilijk expliciet te maken. Dit is een belangrijk punt van aandacht voor het empirisch onderzoek.

METAPHOR simuleert de populatiedynamica van afzonderlijke populaties en metapopulaties, rekening houdend met demografische en milieustochasticiteit. In die zin neemt het model binnen de bestudeerde landschapsecologische modellen een unieke positie in. Het is echter niet mogelijk habitatkwaliteit af te leiden uit gegevens over bodem, hydrologie en vegetatie. Daardoor moet voor elke soort en soortgroep habitatkwaliteit telkens opnieuw worden gedefinieerd. Het ligt dus voor de hand METAPHOR te koppelen aan modellen waarmee bodemkundige en hydrologische en vegetatiekenmerken kunnen worden vertaald in habitatkwaliteit, bijvoorbeeld op basis van fysiotopten en vegetatiestructuurtypen. Voorbeelden zijn GREINS en LEDESS.

Verder wordt het landschap tussen de populaties als homogeen beschouwd. Daardoor is het niet mogelijk om dispersie te modelleren in relatie tot de (vaak heterogene en complexe) structuur van het tussenliggende landschap. Dat is onbevredigend omdat dispersie een zeer belangrijke parameter blijkt te zijn. De effecten van heterogeniteit van het landschap worden wel meegenomen in de dispersiemodellen POLYWALK en GRIDWALK. Een koppeling tussen METAPHOR en GRIDWALK is in de praktijk gebracht en blijkt goed te werken (Knaapen et al. 1995).

Het ligt dus voor de hand METAPHOR te koppelen aan modellen waarin rekening wordt gehouden met de heterogeniteit van de habitatplekken en het landschap ertussen. De effecten van heterogeniteit van het landschap worden wel meegenomen in de dispersiemodellen POLYWALK en GRIDWALK. Een dergelijke koppeling is in de praktijk gebracht en blijkt goed te werken. Het verdient daarom aanbeveling deze koppeling verder te operationaliseren en de modellen te integreren. In combinatie met het hiervoor genoemde bestaat dan de mogelijkheid van een (relatief snelle) modelketen opgebouwd uit kennis-systemen of een (meer bewerkelijke) combinatie van een kennisstelsel voor de kwalitatieve aspecten en een dynamische simulatiemodel voor de ruimtelijke aspecten.

Het IBN werk momenteel samen met de universiteit van Leipzig aan een nieuwe dispersiemodule (voor gebruik binnen METAPHOR en andere ruimtelijke modellen) die rekening houdt met de heterogeniteit van het landschap en de aanwezigheid van barrières daarin. Hierbij is dus niet gekozen voor (aanpassing van) GRID/POLYWALK. Medewerkers van het IBN stellen dat het feit dat POLYWALK en GRIDWALK niet object-georiënteerd zijn hun flexibiliteit en koppelbaarheid aan andere modellen beperkt, en daarmee hun bruikbaarheid (mond. meded. Vos 1997). Discussie daarover is nog gaande.

#### 4.3.5 Nationale natuurstudies

Binnen deze cluster zijn modellen beschikbaar die betrekking hebben standplaats eigenschappen, hydrologie, standplaats geschiktheid (vegetatie), habitat geschiktheid (fauna), en op dispersie-mogelijkheden (flora en fauna) en populatiedynamica van metapopulaties (fauna). Dit zijn: SMART, ALBOS, LEDESS, [GREINS, niet operationeel], LARCH, METAPHOR, WINK, DIASPORE en GRIDWALK/POLYWALK.

De modellen DYNAMIC, EXE3 en DEplete staan nogal apart van de rest. Bovendien was hierover tot voor kort onvoldoende documentatie ontvangen. Deze modellen worden hier daarom buiten beschouwing gelaten.

#### *Lacunes*

Evenals op regionaal niveau, ontbreekt het op landelijk niveau geheel aan metapopulatiemodellen voor planten. Ook aan het modelleren van dispersie van planten over grotere afstanden lijkt zich nog niemand te hebben gewaagd (DIASPORE heeft betrekking op lokaal en regionaal niveau). Dit terwijl op theoretische gronden te verwachten is dat versnippering voor veel plantensoorten een groot probleem is. Metapopulatiemodellen op landelijke schaal en gegevens over dispersie over grote afstand kunnen nuttig zijn om de kansrijkdom te bepalen van het realiseren van natuurdoeltypen, indien zaadbronnen zich op relatief grote afstand bevinden.

Bij de modellen voor standplaats en habitatkwaliteit (ALBOS, GREINS, LEDES-VEG en -SHAPE) lijkt verbetering mogelijk en nodig van het doorsluizen van de aanwezige empirische kennis naar de modelbouwers. Voor landelijke toepassingen lijkt echter de grootste beperking op dit moment te liggen in het ruimtelijke detailleringniveau van de beschikbare data. Er is bijvoorbeeld geen landelijk GIS-bestand met informatie over het kwantitatieve voorkomen van flora en vegetatietypen (b.v. oppervlakte of abundantie per km<sup>2</sup>). Het voor de Natuurverkenningen gebruikte LKN-bestand bevat de oppervlakte aan vegetatiestructuurtypen (ecotopen) per km<sup>2</sup>-blokken in ha nauwkeurig maar de locatie van afzonderlijke elementen binnen de km<sup>2</sup> is onbekend. Daardoor moeten allerlei kunstgrepen uitgehaald worden om de koppeling met de bodem te leggen. Hier wordt overigens op een aantal fronten aan gewerkt (diverse acties aan LGN, Basiskaart Natuur).



Het ontbreken van landelijke GIS-bestand met informatie over het kwantitatieve voorkomen van flora en vegetatietypen (b.v. oppervlakte of abundantie per km<sup>2</sup>) is een groot gemis. Dit verklaart uiteraard ook waarom er op dit terrein geen goede modellen bestaan.

Verder gelden hier dezelfde problemen ten aanzien van empirische kennis en data als op regionaal niveau.

#### *Overlap*

ALBOS geeft op landelijk niveau aan waar welke bostypen kunnen voorkomen op basis van op het SC aanwezige abiotische databestanden. LEDESS kan hetzelfde leveren op basis van de landelijke fysiotopekaart en de beschikbare vertaaltabellen. Hier lijkt dus overlap te zijn. Wellicht zijn er meer specifieke landelijke bestanden aanwezig die bruikbaar zijn voor natuurstudies. Afstemming hiertussen is nodig, zeker met het oog op de NVK.

Bij natuurstudies op nationaal niveau worden grotendeels dezelfde modellen gebruikt als op regionaal niveau. Hier treedt dan ook in principe dezelfde overlap op: tussen LEDESS-SHAPE en LARCH en (in de toekomst wellicht) de dispersiemodule van METAPHOR en GRID/POLYWALK. Verder zijn er plannen om de vegetatiemodule van GREINS geschikt te maken op nationaal niveau (SEO concern-stimuleringsproject Natuur nationaal) en om tevens een habitatgeschiktheidsmodule toe te voegen. Hiermee wordt naar verwachting een duidelijke doublure gecreëerd met LEDESS (zowel met VEG als met SHAPE). De argumentatie hiervoor is onduidelijk en lijkt niet alleen inhoudelijk van aard te zijn. Hier lijkt onderling overleg tussen de betrokken instituten op zijn plaats.

Op het gebied van de natuurwaardering hebben DEMNAT, SMART/MOVE en GREINS/NTM hun eigen methodiek. DEMNAT leidt de natuurwaarde af van het ecosysteemtype, het NTM van de standplaats en MOVE baseert zich op plantesoorten. Niet alleen de methode maar ook de eigenlijke waardering zelf verschillen. Omdat de waardering uiteindelijk in alle gevallen op (het mogelijke voorkomen van) plantesoorten is gebaseerd, moet het mogelijk zijn om tot een consensus te komen over de waarde van de soorten en de systemen waarin zij voorkomen. Mits hierover landelijke overeenstemming kan worden bereikt, moet ook gestreefd worden naar afstemming van de methode (zie ook Wiertz en van Ek, 1996).

#### *Koppelingsmogelijkheden*

ALBOS kan wellicht gebruikt worden ter aanvulling of toetsing van LEDESS en daarnaast wellicht gebruikt worden in de NVK.

De koppeling LEDESS(VEG-SHAPE)- LARCH /METAPHOR is ook op nationaal niveau een voor de hand liggende koppeling. Door koppeling met SMART (zie regionale natuurstudies) kunnen zowel nationale milieu als natuur-scenario's worden doorgerekend.

Verder verdient het ook ten behoeve van natuurstudies (zoals de NVK) aanbeveling te bezien of LEDESS en DEMNAT (evt. MOVE) gekoppeld kunnen worden, zodat voorspellingen gedaan kunnen worden over zowel soortengroepen als vegetatiestructuur en de samenhang tussen beide.

Voor de koppeling van METAPHOR aan GRID/POLYWALK gelden ook dezelfde mogelijkheden als op regionaal niveau.

### **4.3.6 Conclusie**

De bestaande modellen op gebied van dispersie en populatiedynamica overziende ontstaat de indruk dat de ontwikkeling van modellen de laatste jaren harder is gegaan dan het beschikbaar komen van kennis over biotoopeisen van fauna. In zekere zin was hier sprake van een inhaalslag: er waren nog nauwelijks landschapsecologische modellen, terwijl er al wel veel kennis was over habitateisen. Thans heeft de modelontwikkeling echter een fase bereikt waarin de effectiviteit van verdere ontwikkeling en verfijning

sterk wordt beperkt door gebrek aan bruikbare empirische kennis, vooral over de fauna. Ook de op zichzelf snelle ontwikkelingen op het gebied van GIS hebben niet kunnen voorkomen dat zowel op regionaal als op landelijk schaalniveau de beschikbare ruimtelijke data vaak onvoldoende gedetailleerd zijn voor goed modelgebruik. Deze data verschillen van geval tot geval maar zijn vaak verre van optimaal. Het gebrek aan kennis en data maakt het ook lastig om verantwoorde gevoeligheidsanalyses uit te voeren.

Het vergroten van de detaillering van de ruimtelijke databestanden en het operationaliseren van empirische kennis kosten veel tijd. Ze zijn echter betrekkelijk eenvoudig te realiseren en leiden waarschijnlijk tot een belangrijke verbetering van de kwaliteit van de verkenningen en voorspellingen. Het inbouwen van meer kennis over ecologische relaties in modellen kan er ook toe leiden dat de modellen ingewikkelder worden, hetgeen ten koste kan gaan van het inzicht dat ermee kan worden verworven (Scheffer en Beets 1995). Hiervoor dient wel gewaakt te worden.

## 5 AANBEVELINGEN

### 5.1 Algemeen

Er stond ons geen systematisch overzicht van marktfragen en al of niet daarvoor ontwikkelde modellen ter beschikking. Voor een goede beoordeling van de relevantie van gesignaleerde inhoudelijke lacunes en koppelingsmogelijkheden, zou dit wel wenselijk zijn geweest. We bevelen daarom aan dat een overzicht wordt gemaakt van deze vragen. Basisgegevens hiervoor zijn verzameld in het kader van het SEO-project Verkenning en integratie van modellen. Op basis hiervan kan nagegaan worden welke modellen ingezet zijn voor welke vragen, waar nog onbenutte potenties liggen voor inzet van bestaande of te ontwikkelen modellen en waar te grote overlap is tussen modellen bij de marktfragen waarvoor ze ingezet worden.

Het blijkt dat medewerkers slecht op de hoogte zijn van de verkennende acties. Dat leidt tot dubbel werk en tot aarzeling en weerstand om aan inventarisaties als deze mee te werken. In de toekomst moeten medewerkers beter worden geïnformeerd over het doel van deze acties. Om overlap te voorkomen zouden uitvoerenden beter moeten worden geïnformeerd over andere lopende acties.

Er dient een meldpunt te komen waar gegevens over al ontwikkelde en nieuw te ontwikkelen databases en modellen kunnen worden gedeponereerd en opgevraagd.

Er dienen afspraken te worden gemaakt over welke modellen en ruimtelijke databases voor welke toepassingen (marktfragen) kunnen en zullen worden gebruikt.

Ontwikkeling van nieuwe modellen dient uitsluitend plaats te vinden na afstemming met DLO-collega's (ook buiten het eigen instituut) die aan soortgelijke modellen werken.

Het verdient sterke aanbeveling om discussies over gebruik van modellen en discussies bij onderzoeksprogrammering minder langs instituuetslijnen en meer met inhoudelijke argumenten te voeren.

In aansluiting op het vorige punt: veel van de hierboven aanbevolen koppelingsmogelijkheden zijn alleen te operationaliseren als er duidelijke afspraken worden gemaakt tussen de afzonderlijke instituten en afdelingen. Dit betreft afspraken over gebruiksrechten en verantwoordelijkheden en over kosten en baten bij de ontwikkeling, de toepassing en de eventuele verkoop van de modellen.

### 5.2 Lacunes, overlap en koppelingsmogelijkheden

#### Lacunes

##### *kennis*

Zowel uit de workshop als uit de analyse van de afzonderlijke modellen komt naar voren dat er nog steeds grote behoefte is aan meer empirische gegevens ter onderbouwing en kalibrering/validering van de modellen. Dit zal deels bereikt kunnen worden door verdergaande operationalisatie van bestaande gegevens, deels zal dit ook door empirisch onderzoek verkregen moeten worden. Het antwoord op de vraag welke gegevens dienen te worden verzameld, dient mede te worden bepaald aan de hand van gevoeligheidsanalyses (bijv. is er meer behoefte aan dispersiegegevens of aan gegevens over biotoop-eisen) en door de aard van de data die de modellen vragen.

Het operationaliseren van habitateisen van dieren dient te worden geüniformeerd. Nu bestaan er verschillende systemen om habitatkwaliteit weer te geven, die onderling moeilijk vergelijkbaar en

uitwisselbaar zijn. Daarover dient zo breed mogelijk (DLO, RIZA, RIVM etc.) overleg te worden gevoerd).

Er dient te worden nagegaan of bestaande kennis met betrekking tot effecten van "ver-thema's" op fauna kan worden gemodelleerd. Als dat door kennisgebrek niet haalbaar is, dient aanvullend onderzoek plaats te vinden.

#### *data*

De beperkte mate van gedetailleerdheid van ruimtelijke data is een groot probleem. Vaak komt kritiek op de wijze van toepassen van bepaalde modellen neer op de onvolkomenheid van de ruimtelijke data. Het is van groot belang dat er meer gedetailleerde ruimtelijke databases worden ontwikkeld, met name op het gebied van vegetatie en flora, en op landelijk niveau. Daarbij moet worden nagegaan aan welk type gegevens de meeste behoefte bestaat, zowel gezien vanuit de marktfragen als vanuit onderzoeksoogpunt.

#### *modellen*

DEMNET en SMART/MOVE lijken (nog) niet goed in staat effecten van vernatting respectievelijk vershraling op planten te voorspellen. Dit zijn echter wel belangrijke thema's bij natuurontwikkeling. Om de toepasbaarheid te vergroten zou het aanbeveling verdienen om in DEMNET dosis-effect functies op te nemen die het mogelijk maken milieuthema's zoals vermessing en verzuring te analyseren.

Er bestaat overlap tussen MOVE en DEMNET met betrekking tot de abiotische aansturing, de output en zeker de natuurwaardering. Er dient te worden nagegaan in hoeverre deze overlap kan worden beperkt. Gedeeltelijk wordt daar al aan gewerkt.

De bestaande abiotische modellen (ANIMO, STONE, SMART) zouden beter geschikt moeten worden gemaakt voor het voorspellen van veranderingen in nutriëntentoestand van natuurterreinen en natuurontwikkelingsgebieden. Bij SMART/MOVE zou gekeken kunnen worden naar het opnemen van het effect van P-beschikbaarheid op planten, mits de kennis daarover dit toelaat.

We bevelen aan dat kennismodellen (à la GREINS/LEDESS) worden ontwikkeld waarmee de consequenties van inrichting en beheer op lokale schaal op standplaats- en habitatgeschiktheid voor vegetatie respectievelijk fauna kunnen worden geëvalueerd.

In aanvulling hierop bevelen we aan dat voor de modellering van het voorkomen van plantesoorten een standplaatsmodel wordt ontwikkeld voor gebruik op lokaal/regionaal niveau waarin ook demografische aspecten en dispersie (incl. zaadbank-aspecten) worden opgenomen. Een dergelijk model is bij het IBN (afdeling LE) in ontwikkeling.

### **Model-overlap**

Er is overlap tussen LEDESS-SHAPE en LARCH. Momenteel wordt gesproken over het koppelen van LARCH en GREINS, in het kader van het project "Natuur nationaal". Er bestaat in principe nauwelijks verschil tussen GREINS en LEDESS in de modellering van de vegetatie-ontwikkeling (m.u.v. beheer). Dat betekent dat bij de koppeling van LARCH aan GREINS bij het bepalen van de habitatkwaliteit het werk dat verricht is bij het ontwikkelen van LEDESS-SHAPE wordt overgedaan. Dat lijkt ons ongewenst. We bevelen daarom aan dat expliciet wordt gemaakt in welk opzicht de bestaande modules tekort schieten (conceptueel/technisch, en met betrekking tot marktfragen) en dat bestaande modules en ervaringen als uitgangspunt worden genomen bij verbetering en uitbouw van faunamodules. Dit vraagt wel om daadwerkelijke samenwerking tussen IBN en SC. Zie ook de paragraaf over koppeling.

Er is al een belangrijke mate van overlap tussen GREINS-VEG en LEDESS-VEG, in het bijzonder ten aanzien van de vegetatie-ontwikkeling, waar het regionale toepassingen betreft. In het kader van het project "Natuur nationaal" wordt momenteel ook gedacht aan het opschalen van GREINS tot nationaal

niveau. Als deze optie gerealiseerd wordt, zal de overlap tussen GREINS en LEDESS-VEG nog veel verder toenemen. Er dient een inhoudelijke discussie plaats te vinden met alle betrokkenen om na te gaan hoe deze overlap kan worden beperkt, wat de functie/niche van beide modellen dient te zijn (bijv. in termen van schaalniveaus) en in welke richting de modellen zich dienen te ontwikkelen.

### **Modelkoppeling**

Bestaande modellen op gebied van abiotiek, vegetatie, habitatkwaliteit en populatiedynamiek voor fauna dienen aan elkaar te worden gekoppeld (doorkoppeling van vegetatie naar habitatkwaliteit voor fauna bestaat wel, maar daarbij wordt geen rekening gehouden met stochastische, demografische processen).

Gezien de ervaring die al is opgedaan met de modellering van habitatkwaliteit in LEDESS, en de directe koppeling aan een GIS-database met gegevens over bodemeigenschappen, bevelen we concreet aan de koppeling van LARCH aan LEDESS-SHAPE tot stand te brengen. LARCH kan dan gebruikt worden voor het aspect ruimtelijke rangschikking (duurzaamheid), LEDESS-SHAPE voor het aspect habitatkwaliteit. Deze mogelijkheid is al verkend in het rapport "Naar een koppeling van natuurmodellen voor nationale milieu- en natuurverkenningen" (Farjon et al. 1997). Dat rapport vormt hiervoor een goed vertrekpunt.

Het operationaliseren van habitateisen van dieren dient te worden geüniformeerd. Nu bestaan er verschillende systemen om habitatkwaliteit weer te geven. Daarover dient zo breed mogelijk (DLO, RIZA, RIVM etc.) overleg te worden gevoerd.

Het verdient aanbeveling om na te gaan of de output van GREINS en LEDESS-VEG kan worden uitgebreid met gegevens over het voorkomen van plantesoorten. Koppeling van GREINS of LEDESS-VEG aan MOVE of DEMNAT ligt dan voor de hand.

Daarbij verdient het aanbeveling de floraresponsmodules zodanig aan te passen dat de mate van voorkomen (abundantie) binnen ruimtelijke eenheden wordt voorspeld. In de huidige versie geven MOVE en DEMNAT alleen aan- of afwezigheid van een soort.

In verband met de overlap tussen ALBOS en LEDESS verdient het aanbeveling na te gaan of ALBOS in LEDESS kan worden geïntegreerd. Het is ook de moeite waard na te gaan of de gegevens die door modellen als FORGRO en FORGRA worden gegenereerd kunnen worden gebruikt als input voor LEDESS of GREINS of om de uitkomsten van ALBOS te toetsen.

In het verleden zijn POLYWALK/GRIDWALK en METAPHOR met succes aan elkaar gekoppeld. De modellen vullen elkaar goed aan. Momenteel worden echter bij het IBN (afdeling LE) nieuwe dispersie-modellen ontwikkeld die in belangrijke mate hetzelfde doen als GRIDWALK en POLYWALK. Het verdient aanbeveling om met alle betrokkenen te discussiëren over de inhoudelijke voor- en tegens van de twee benaderingen en dan pas te besluiten welke methode zal worden gevolgd.

Wij concluderen dat een aantal modelvergelijkingen en koppelingsmogelijkheden nog onvoldoende tegen elkaar is afgewogen en dat er geen consensus over bestaat. Wij konden door de beperkte ons ter beschikking staande tijd niet altijd tot duidelijke aanbevelingen komen over de gewenste richting. We stellen daarom voor door middel van een aantal workshops tot consensus te komen. Dergelijke bijeenkomsten kosten veel tijd, maar die investering is gering in vergelijking met de tijd die wordt geïnvesteerd in modelontwikkeling, zeker als doublures plaatsvinden. Bij deze discussies dienen de marktfragen leidraad te zijn.

### 5.3 Tot slot

Een probleem bij deze verkenning was dat een aantal modellen slecht zijn gedocumenteerd. We noemen het gebruik van SIMGRO in GREINS, WINK en LARCH en FORGRA en LFSM. De makers onderkennen dit en noemen als oorzaken de voortdurende verbetering van modellen en de onmogelijkheid de benodigde tijd in rekening te brengen bij opdrachtgevers. Toch is dit onbevredigend. Het staat een goede verkenning in de weg en het beperkt de mogelijkheden van derden om opbouwende kritiek te leveren. Ook vermindert het de geloofwaardigheid van uitspraken over de mogelijkheden van eigen modellen en zwakheden van andere modellen. Een betere documentatie van de genoemde modellen is beslist wenselijk. Daarbij hoort ook een expliciet versiebeheer: niet alleen aan het model knutselen maar ook de handleiding up to date houden en bij alle referenties aan modellen de versie noemen. In aansluiting hierop verdient ook de wijze van documenteren aandacht. Ook bij de beter gedocumenteerde modellen blijkt het voor buitenstaanders vaak uiterst moeilijk om zicht te krijgen op de relatie tussen het model en de empirie: op welke kennis en inzichten is het model gebaseerd, welke data zijn gebruikt en welke data ontbraken. Gebrek aan documentatie wreekt zich ook bij het verder ontwikkelen van modellen en brengt daarmee de continuïteit in gevaar. Dit probleem speelt het sterkst bij de kennissystemen.

Veel modellen zijn niet of slecht gekalibreerd noch gevalideerd. Gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses ontbreken veelal ook. Dat is zorgwekkend want modellen worden in toenemende mate gebruikt voor belangrijke verkennende en voorspellende studies (Natuurverkenningen) en worden dus steeds belangrijker als beleidsondersteunend instrument. Het is van groot belang dat kalibratie, validatie, gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses als middelen ter controle en verbetering van de betrouwbaarheid van de modellen serieuzer aangepakt worden. Het merendeel van de modellen blijkt niet of slechts zeer losjes gekalibreerd of gevalideerd te zijn. Opvattingen over wat een degelijke kalibratie/validatie is lopen sterk uiteen tussen modellenmakers. Ook op dit punt geeft de documentatie (als al aanwezig) meestal onvoldoende zicht op de gevolgde werkwijze. Bij gedeeltelijke kalibratie/validatie (alleen bepaalde soorten of situaties) dient duidelijk te zijn om welk gedeelte het gaat en ook hier dient duidelijk te zijn om welke versie het gaat (en welke recente toevoegingen dus niet meegenomen zijn). Wij onderkennen het probleem dat bij kennismodellen en beslissingsondersteunende systemen de aard van de data een formele kalibratie/validatie moeilijk maakt. We bevelen aan dat beide instituten zich beraden op de vraag hoe ook hierbij meer zicht verschaft kan worden op de betrouwbaarheid van de modellen. Een eerste stap kan zijn het maken van een overzicht van de actuele stand van zaken bij alle modellen met betrekking tot kalibratie, validatie, gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses.

Er bestaat in toenemende mate de neiging modellen te zien als vervanger van kennis en data. Zowel de modellenbouwers als de empirisch ingestelde onderzoekers vinden dit een gevaarlijke ontwikkeling. Ze bevelen enerzijds aan zwaar in te zetten op het operationeel maken van bestaande gegevens over standplaatseigenschappen en biotoepeisen van respectievelijk planten en dieren, dan wel die gegevens te verzamelen. Anderzijds wordt gevraagd om inzet op het ontwikkelen van meer gedetailleerde ruimtelijke databases. Het antwoord op de vraag welke gegevens en data dienen te worden verzameld, dient te worden bepaald aan de hand van gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses en door de aard van de data die de modellen vragen.

## Literatuur

- Bakker, J., J.P. Knaapen & P. Schippers (1997). Fauna dispersal modelling: a spatial approach. In: K. Canters (ed.). *Habitat fragmentation & infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht/The Hague. Published by the Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft.
- Bakker, J., J.P. Knaapen & P. Schippers (1997). Connectivity analysis and evaluation of measures by means of fauna dispersal modelling. In: K. Canters (ed.). *Habitat fragmentation & infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering.* 17-21 September 1995, Maastricht/The Hague. Publ. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft.
- Bakker, J., W.B. Harms, W.C. Knol, J. Roos-Klein Lankhorst & P. Verweij (1996). *Landscape Ecological Decision & Evaluation Support System LEDESS. GIS Application Manual, version 1.0 (concept)*, Staringcentrum SC-DLO, Wageningen.
- Beusen, A. W., H. Boogaard, P.A. Finke, B. Gehrels, P. Groenendijk, J.A. van Jaarsveld en O.M. Knol. 1997. *Gebruikershandleiding STONE 1.0. DLO-Staring Centrum rapport. Concept.*
- Buit, A.M.C.F. & J.M.J. Farjon. 1997. *LEDESS-Nederland: een landschapecologisch beslissingsondersteunend systeem voor nationale verkenningen; Modelconcept, databestanden en kennistabellen voor standplaats en vegetatiemodule. DLO-Staring Centrum rapport 564, Wageningen.*
- De Vries, F. & E.J. Al (1992). *De groeiplaatsgeschiktheid voor bosdoeltypen in beeld met ALBOS. Rapport 234, Staringcentrum SC-DLO, Wageningen.*
- Farjon, J.M.J., J. Verboom, A.M.C.F. Buit, R.P.B. Foppen, R. Jochem & W.C. Knol (1997). *Naar een koppeling van natuurmodellen voor nationale natuur- en milieuverkenningen. Rapport in opdracht van RIVM. Concept juni 1997. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Staringcentrum SC-DLO, Wageningen.*
- Goss-Custard, J.D. (ed.) (1996). *The Oystercatcher, from individuals to populations.* Oxford University Press, Oxford.
- Grashof-Bokdam, C. (1997). *Colonization of forest plants: the role of fragmentation. Proefschrift Rijksuniversiteit Leiden.*
- Harms, W.B., W.C. Knol & J. Roos-Klein Lankhorst (1995). *Het LEDESS model. Een gebiedsgericht kennismodel bij scenario's voor natuurontwikkeling. Landschap 12: 83-97.*
- Heijmans, M.M.P.D. (1996). *Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Ontwikkelings-Scenario's (GREINS). Floristische natuurwaardering, gerelateerd aan vegetatiestructuurtypen en fysiotopen. NBP-onderzoeksrapport 9. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.*
- Jorritsma, I.T.M., G.M.J. Mohren, S.E. van Wieren, A.F.M. van Hees, H.H. Bartelink, G.J. Nabuurs & P.A. Slim (1997). *Bosontwikkeling in aanwezigheid van hoefdieren: een modelbenadering.* In: S.E. van Wieren, G.W.T.A. Groot Bruinderink, I.T.M. Jorritsma & A.T. Kuiters (red.). *Hoefdieren in het boslandschap.* Backhuys Publishers, Leiden.
- Kalkhoven, J., R. van Apeldoorn, P. Opdam & J. Verboom (1996). *Worden onze natuurgebieden groot genoeg? Schatting van benodigde oppervlakte leefgebied voor kernpopulaties van een aantal diersoorten. Landschap 13: 5-15.*

Kalkhoven, J.T.R. & H.A.M. Meeuwsen (1997). Fauna en landschap. Naar een planningsmethode voor fauna in landinrichtingsprojecten. Project DLG 9304-02.

Kemmers, R.H. & F.J.E. van der Bolt (1997). Fysiotopentypologie voor beekdallandschappen. Een ruimtelijke schematisering van het beekdallandschap voor Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrument voor Natuurontwikkelings-Scenario's (GREINS). Rapport 502, NBP-onderzoeksrapport 11, Staringcentrum SC-DLO, Wageningen.

Kemmers, R.H., J. Roos, J. Kros & F.J.E. van der Bolt (1997). Structuur methodiek en datamodel van het Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrument voor Natuurontwikkelings-Scenario's (GREINS). Rapport 476, Staringcentrum SC-DLO, Wageningen.

Kros, J., Reinds, G.J., De Vries, W., Latour, J.B. and Bollen, M.J.S. (1995) Modelling of soil acidity and nitrogen availability in natural ecosystems in response to changes in acid deposition and hydrology, Wageningen, SC-DLO Report 95, 90 pp.

Kros, J., G.J. Reinds, D.H. Prins, F.J.E. van der Bolt & R.H. Kemmers (1996). Modelling the response of terrestrial ecosystems to changes in vegetation structure, atmospheric deposition and hydrology. Report..., DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands/Staringcentrum SC-DLO, Wageningen.

Latour, J.B. en R. Reiling, 1991. On the Move: concept voor een nationaal effecten model voor de vegetatie (MOVE). Bilthoven, RIVM rapport 711901003, 23 pp.

Liefveld, W.M., A.H. Prins & G. van Wirdum (1997). NatuurTechnisch Model (NTM-2) B. Kwantificering van de indicatieschalen aan de hand van modeloutput van SMART2 en SIMGRO. NBP-onderzoeksrapport 15. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.

Meeuwsen, H.A.M. (1997). LARCH. Handleiding voor versie 1.12. Interne notitie Afdeling Landschapsecologie IBN-DLO, 11 pp.

Olde Venterink, H. & M.J. Wassen (1997). A comparison of six models predicting vegetation response to hydrological habitat change. *Ecological Modelling* 101: 347-361.

Prins, A.H., G. van Wirdum, W.M. Liefveld & E.P.A.G. Schouwenberg (1997). NBP-deelprogramma Natuurontwikkeling. Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Ontwikkelings-Scenario's (GREINS). Natuurtechnisch model (NTM-2). C. Toepassing en vergelijking van de doorgerekende scenario's. NBP-onderzoeksrapport 16. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.

Prins, A.H. (1995). Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Ontwikkelings-Scenario's (GREINS). Vegetatiemodule GREINS-VEG0. NBP-onderzoeksrapport 6. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.

Prins, A.H., V. Joosten & G. van Wirdum (1996). Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Ontwikkelings-Scenario's (GREINS). Vegetatiemodule GREINS-VEG1. NBP-onderzoeksrapport 8. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.

Schippers, P., J. Verboom, J.P. Knaapen & R.C. van Apeldoorn (1996). Dispersal and habitat connectivity in complex heterogeneous landscapes: an analysis with a GIS-based random walk model. *Ecography* 19: 97-106.

Schouwenberg, E.P.A.G., A.H. Prins & G. van Wirdum (1997). NBP-deelprogramma Natuurontwikkeling. Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Ontwikkelings-Scenario's



(GREINS). Natuurtechnisch model (NTM-2). A. Formulering en ijking aan floristische natuurwaardering. NBP-onderzoeksrapport 14. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.

Stillman, R.A., J.D. Goss-Custard, S. McGrorty et al. (1996). Models of shellfish populations and shorebirds: final report. Report to the Commission of the European Communities, Directorate-General for Fisheries, CEC contract PEM/93/03. Institute of Terrestrial Ecology, Wareham.

Van der Meer, J. & B.J. Ens (1997). Models of interference and their consequences for the spatial distribution of ideal and free predators. *Journal of Animal Ecology* 66: 846-858.

Verboom J., J.H. Faber, J.T.R. Kalkhoven, J.B. Latour, P.F.M. Opdam & L. Posthuma (1995). Milieuverkenningen en fauna. Op weg naar multiple-stress modellen. Rapport in opdracht van RIVM. Rapport 170, Instituut voor Bos en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen.

Verboom, J. (1996). Modelling fragmented populations: between theory and application in landscape planning. Proefschrift Rijksuniversiteit Leiden.

Verboom, J. (1994). Een model voor bosplanten: modelbeschrijving. Interne notitie Afdeling Landschapsecologie IBN-DLO, 2 pp.

Verkaar, H.J. (1990). Corridors as a tool for plant species conservation. In: R.G.H. Bunce & D.C. Howard (eds.). *Species dispersal in agricultural habitats*. Belhaven Press, London. Pp. 82-97.

Wassen, M. & P. Schot (1992). Hydro-ecologische modellen. Mogelijkheden, beperkingen en perspectieven. *Landschap* 9: 83-105.

Weber, T.P., B.J. Ens & A.I. Houston (1998). Optimal avian migration: a dynamic model of fuel stores and site use. *Evolutionary Ecology*, in press.

Wiertz, J. & R. van Ek (1996). Afstemming tussen de modellen DEMNAT, SMART/MOVE en GREINS. Verkenning van de mogelijkheden op korte en langere termijn. RIVM Rapport nr. 715001002, RIZA Werkdocument 96.035X, Bilthoven en Lelystad.

Witte, J.P.M., C.L.G. Groen & J.G. Nienhuis (1994). Het ecohydrologisch voorspellingsmodel DEMNAT-2; conceptuele modelbeschrijving. RIVM-rapport nr. 714305007.

## **BIJLAGE: SCHEMATISCH OVERZICHT VAN KENMERKEN VAN MODELLEN**

In deze tabellen is de (ongewijzigde) informatie opgenomen die modellenmakers en -beheerders door het invullen van de enquêteformulieren (hoofdstuk 2) hebben verstrekt. Tabel A heeft betrekking op de milieumodellen (§ 3.2), de bos- (§ 3.5) en wadmodellen (§ 3.6) en op de kennissystemen GREINS en LEDESS. Tabel B bevat de gegevens van de ondersteunende simulatiemodellen (§ 3.4), van het kennissysteem LARCH en wederom van GREINS en LEDESS. GREINS en LEDESS zijn in beide tabellen opgenomen omdat ze vanwege hun integrerende karakter met veel andere modellen raakvlakken hebben.

na=betreffende vraag was nog niet op formulier aanwezig (enquêteformulier is in loop van project wat verfijnd naar aanleiding van opmerkingen van modellenmakers).

Deze tabellen zijn beschikbaar als EXCEL-bestanden bij Jan Knaapen.



Overzicht van landschapsecologische modellen van SC en IBN: tabel A

Acronym	SMART2	SMARTZIMO	DEMNAT	STONE	ALBOS	FORGRO	FORGRA	FORSPACE	LSFSM	GREINS-SIM	GREINS-VEG	GREINS-NT	LEDESS-VE	LEDESS-SHAPE	DYNAMIG	EXES	DEPLETE
Waterbeheer																	
Rivieren														na			
Grote wateren														na			
Terrijnbeheer																	
Beheer natuurterreinen																	
Ontwikkeling doeltypes in natuurterreinen																	
Natuurontwikkeling																	
<b>3c. Gebruikersstypen</b>																	
Experts (gebruik vraagt veel expertise)																	
Beleidsontwikkelaars																	
Beleiders																	
Planvormers/initiators																	
Concrete gebruikers																	
Natuurplangebureau	na	na		(*)										na			
Milieuplanbureau	na	na				*?								na			
Beleidsdirecties	na	na				na								na			
Provincies	na	na				na								na			
Landinrichting/LBL	na	na				na								na			
Waterschappen	na	na				na								na			
RWS-RIZA/RIKZ	na	na				na								na			
Wegaanleg en -beheer (RWS, PWS)	na	na				na								na			
Anders, nl.			RWM	RWM	SBB												
<b>4. Beschikbaarheid</b>																	
In ontwikkeling																	
Prototype																	
Operationeel																	
Versie nr.																	
Toelichting																	
Gratis leverbaar																	
Leverbaar tegen betaling																	
Op voorwaarden in bruikleen																	
Niet vrij beschikbaar																	
Toelichting																	

3  
bouw voort o. eind '97 wordt

komt voorjaar 1997 beschikbaar, incl. schil met voor en nabewerkingen

3.0  
gereed 31/12/ SC-DL rapport

Serie modellen met loememende complexiteit

2.1  
in overleg met RIVM/RIZA

Beschikbaarheid hangt af van gebruik, is in principe pas v. Nog onduidelijk

i.v.m. uitgebrei

i.o.v EU in ontw.

**Overzicht van landschapsecologische modellen van SC en IBN; tabel A**

Acronym	SMARTZ	SMARTZ/MO	DEMNAT	STONE	ALBOS	FORGR0	FORGRA	FORSFACE	LSFSM	GREINS-SIM	GREINS-VEG	GREINS-NT	LEDESS-VE	LEDESS-SHAPE	DYNAMIG	EXE3	DEPLETE
Deel 2: modelinformatie																	
<b>5. Modelprofiel</b>																	
<u>5a. Typering model</u>																	
Expertkennis																	
Statistisch verband																	
Mechanistisch																	
Deterministisch																	
Stochastisch																	
Statistisch																	
Dynamisch																	
Ruimtelijk op GIS-basis																	
Ruimtelijke structuur, niet op GIS-basis																	
Niet-ruimtelijk																	
<u>5b. Welke ecosysteemcomponent?</u>																	
Abiotisch																	
Vegetatie/flora																	
Fauna																	
Aquatisch																	
Terrestrisch																	
<u>5c. Oplossend vermogen</u>																	
m <sup>2</sup>																	
1-5 ha polygonen																	
10-30 ha polygonen																	
250X250m-grids																	
1 km <sup>2</sup> -grids/ca 100 ha polygonen																	
5x5 km-grids (uurhok) of qua grootte vergelijkb. polygonen																	
Anders, nl																	
<b>5d. Tijdenhorizon</b>																	
Dagen/weeken																	
Maanden/ seizoenen																	
Jaren																	
Decennia																	
<b>5e. Betrouwbaarheid</b>																	
Uitgevoerd:																	
Calibratie																	
Validatie																	
Gevoelheidsanalyse																	
Toelichting																	

binnen km-hok niet nader gespecificeerde eenheden van 0.25-100 ha

pleisterplaats wadplaten/mo wadplaten/mo

(onzekeifheidsanal)  
cal. + val. dienen per onderzoeksoort te ges

?  
?  
in begin van o terminologie onduidelijk



**Overzicht van landschapsecologische modellen van SC en IBN; tabel B**

Acronym	LEDESS-VE	LEDESS-SH	GREINS-SIM	GREINS-VEG	GREINS-NT	GRIDWALK	POLYWALK	METAPHOR	DIASPORE	WINK	LARCH-LOC	LARCH-REG
<b>Deel 1: Gebruiks informatie</b>		na=betreffende opzij niet op formulier aanwezig										
<b>1. Naam</b>												
Volledige naam	Landscape Ec	LEDESS-Spat	GREINS-Sim	GREINS-veg	Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie Instrument	METApopulation model	FOR	Winking patch	Landscape As	Landscape As		
Toelichting			Regional water management	Module Natuur	grid-georiënteerd	vector-georiënteerd	beschrijving v	simulatie van	beschrijving van	dynamiek van	kolonialisaties	
<b>2. Graadmeters</b>												
<b>Soortpopulatie</b>												
Groei												
Potentie voorkomen/geschiktheid als habitatis/standplaats	*									*		
Kans op voorkomen	*								*	*		
Milie van onderbezetting/geraal draagkracht	*								*	*		
Duurzaamheid/overlevingskans									*	*		*
Welke soorten?	alle	strategische soorten die responderen of vegetatie en a	terrestische f	terrestische f	fauna, tot nu t	Kamperfoelie	soorten met lo	doelsoorten, i				
Opmerkingen												
<b>Ecosysteemniveau</b>												
Potentie van voorkomen ecosysteemtype	*											
Soortrijkdom/aantal kensorten	*											
Aantal indicatorsoorten voor milieukwaliteit	*											
% aanwezige doelsoorten	*											
% doelsoorten dat duurzaam aanwezig is	*											
Vegetatiestructuurtype	alle								alle versnippe	bos	alle versnippe	alle
Welke ecosysteemtypen?	*											
Ecologisch rendement (n a.v. opm. bij LEDESS SHAPE)												
<b>Landschapniveau</b>												
Landschappelijk structuurkenmerk	*								*	*		
Belevingswaarde												
<b>3. Gebruikswaarde</b>												
<b>3a. Schaalniveau</b>												
Lokaal/bedrijf												
Regionaal/provincie	*								*	*		*
Nationaal	*								*	*		*
Europees	*								*	*		*
<b>3b. Beheersdomein</b>												
Milieubeheer	*								*	*		*
Verzuring												
Vermesting												
Verdroging/vermatting	in ontw.											
Verontreiniging	in ontw.											
Klimaatverandering	in ontw.											
Ruimtelijk beheer	*								*	*		*
Versnippering	*								*	*		*
Versloning	*								*	*		*
Ruimtelijke planvorming	*								*	*		*
Technische infrastructuur	*								*	*		*
Groene infrastructuur	*								*	*		*

Overzicht van landschapsecologische modellen van SC en IBN; tabel B

Acronym	LEDESS-VE	LEDESS-SH	GREINS-SIM	GREINS-VEG	GREINS-NT	GRIDWALK	POLYWALK	METAPHOR	DIASPORE	WINK	LARCH-LOC	LARCH-REG
Waterbeheer	*	na				*	*					*
Rivieren	*	na				*	*					
Grote wateren												
Terrainbeheer												
Beheer natuurterreinen	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Omvorming doeltypen in natuurterreinen	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Natuurontwikkeling												
<b>3c. Gebruikerstypen</b>												
Experts (gebruik vraagt veel expertise)	*	(*)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Beleidsontwikkelaars	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Beheerders	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Planvormers/initiators	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Concreete gebruikers	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Natuurplanbureau		na				*	*	*	*	*	*	*
Milieuplanbureau	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Beleidsdirecties	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Provincies	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Landinrichting/ILB	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Waterschappen	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
RWS-RIZA/RIKZ	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Wegaanleg en -beheer (RWS, PWS)	*	na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Anders, nl												
In ontwikkeling	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Prototype	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Operationeel	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Versie nr.	1.0		3.0	3.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
Toelichting			komt voorjaar 1997 beschikbaar, incl. schil met voor en na	andere modules (dagvinders uitgebreid met extinctie en voor soorten van oudere bossen)								
Gratis leverbaar		*	?									
Leverbaar tegen betaling		*	?									
Op voorwaarden in bruikleen	*		?			*	*	*	*	*	*	*
Niet vrij beschikbaar			?									
Toelichting			Nog onduidelijk					verantwoord g niet direct ges verantwoord gebruik, alleen binnen IBN-LE				



**Overzicht van landschapsecologische modellen van SC en IBN; tabel B**

Acronym	LEDESS-VE	LEDESS-SH	GREINS-SIM	GREINS-VEG	GREINS-NT	GRIDWALK	POLYWALK	METAPHOR	DIASPORE	WINK	LARCH-LOC	LARCH-REG
Deel 2: modelinformatie									info ontbreekt			
<u>5. Modelprofiel</u>												
<u>5a. Typering model</u>												
Expertkennis	*			*	*	*	*				*	*
Statistisch verband									**?		*	*
Mechanistisch											*	*
Deterministisch		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Stochastisch											*	*
Statisch	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Dynamisch											*	*
Ruimtelijk op GIS-basis	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ruimtelijke structuur, niet op GIS-basis											*	*
Niet-ruimtelijk											*	*
<u>5b. Welke ecosysteemcomponent?</u>												
Abiotisch			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vegetatie/flora			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fauna											*	*
Aquatisch											*	*
Terrestrisch	(*)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<u>5c. Oplossend vermogen</u>												
m <sup>2</sup>												
1-5 ha polygonen			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10-30 ha polygonen			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
250x250m-grids			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1 km <sup>2</sup> -grids/ca. 100 ha polygonen			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5x5 km-grids (uurhok) of qua grootte vergelijkbaar			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Anders, nl						andere grids	andere polygonen					
<u>5d. Tijdenhorizon</u>												
Dagen/weeken			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Maanden/ seizoenen			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Jaren			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Decennia			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<u>5e. Betrouwbaarheid</u>												
Uitgevoerd:			?	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Calibratie			?	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Validatie			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gevoelheidsanalyse			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Toelichting			* (onzeker)	terminologie onduidelijk			calibr. niet af ook onzeker	anal. uitgev.				

**Overzicht van landschapsecologische modellen van SC en IBN; tabel B**

Acronym	LEDESS-VE	LEDESS-SH	GREINS-SIM	GREINS-VEG	GREINS-NT	GRIDWALK	POLYWALK	METAPHOR	DIASPORE	WINK	LARCH-LOC	LARCH-REG
<b>6. Technische informatie</b>												
<b>6a. Programmeertaal</b>												
C++, C	*					*	*	*			*	*
Fortran										*		*
Turbopascal												
Anders, nl...	*	ArcInfo-AML			Dbase					*	Arc/Info-SML	Arc/Info-SML
<b>6b. Database</b>												
GIS-grids	*			*		*		*			*	*
ArcInfo	*							*			*	*
Autocad												
Oracle				*								
Dbase				*								
Delphi												
Anders, nl...												
<b>6c. Vereiste voorzieningen</b>												
Standaard PC			*			*	*	*	*	*	*	*
Workstation	*											
Minicomputer												
<b>6d. Data-invoer</b>												
Vrij beschikbare data	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gebiedsgebonden	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Geautoriseerde bestanden (bv. PGO's)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Afhankelijk van andere modeluitkomsten										*		

\* (log. regr.)

x-y oppervlakte tabel