

Het plantendispersiemodel DIMO

Verbetering van de modellering in de Natuurplanner

G.W.W. Wamelink, R. Jochem, J.G.M. van der Gref-van Rossum,
C. Grashof-Bokdam, R.M.A. Wegman, G.J. Franke & A.H. Prins

werkdocumenten



wot
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR
For quality of life

Het plantendispersiemodel DIMO

De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd.

Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu.

WOT-werkdocument **241** is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (EL&I). Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Balans van de Leefomgeving en Thematische Verkenningen.

Het plantendispersiemodel DIMO

Verbetering van de modellering in de
Natuurplanner

G.W.W. Wamelink

R. Jochem

J.G.M. van der Gref-van Rossum

C. Grashof-Bokdam

R.M.A. Wegman

G.J. Franke

A.H. Prins

Werkdocument 241

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2011

Referaat

Wamelink, G.W.W., R. Jochem, J.G.M. van der Greff-van Rossum, C. Grashof-Bokdam, R.M.A. Wegman, G.J. Franke en A.H. Prins (2011). *Het plantendispersiemodel DIMO; verbetering van de modellering in de Natuurplanner*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 241. 96 blz.; 50 Fig.; 7 tab.; 22 ref.; 9 bijl.

Verandering van landgebruik en de daaruit voortvloeiende versnippering maken de dispersie van soorten die afhankelijk zijn van natuurgebieden moeilijker. Daarbij komt dat als gevolg van klimaatverandering dispersie van plantensoorten belangrijker wordt. Om de effecten van deze veranderingen te kunnen inschatten op landelijke en later Europese schaal is het plantendispersiemodel DIMO ontwikkeld. Op basis van dispersiekenmerken voor wind, water en dierlijke dispersie, zaadbank en huidige voorkomen wordt de verspreiding van zaden en de vestiging van soorten op gridbasis gemodelleerd. Het model is gevalideerd voor de exoot *Tengere rus* (*Juncus tenuis*). Sinds de introductie in 1825 heeft deze soort zich vanuit drie punten over Nederland uitgebreid. Het model was goed in staat deze kolonisatie te simuleren. De verspreiding van de soort gebaseerd op waarnemingen sinds 1950 tot aan heden loopt ongeveer tien jaar voor op de modelsimulaties. Een belangrijk onderdeel dat nog mist in het model is het effect van waterdispersie. Hieraan wordt verder gewerkt.

Trefwoorden: Natuurplanner, dispersie voor dieren, model, plantensoorten, waterdispersie, winddispersie, zoochorie

©2011 **Alterra Wageningen UR**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.terra@wur.nl

De reeks WOt-werkdocumenten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit werkdocument is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het document is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

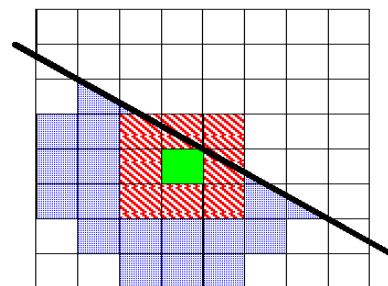
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en Methode	13
2.1 Kaarten	13
2.1.1 Schaal	13
2.1.2 Soortenkaart	13
2.1.3 Zaadbankkaart	15
2.1.4 Barrièrekaart	16
2.2 Dispersieprincipe in DIMO	16
2.3 Winddispersie	17
2.4 Effect van windrichting op winddispersie	18
2.5 Dispersie door dieren	20
2.6 Waterdispersie	21
2.7 Germination delay	22
2.8 Effect van het vegetatietype op de kieming; koppeling met SUMO2	22
2.9 Mathematisch model	23
2.10 Toepassingsgebied	25
2.11 Koppeling met MOVE4 en inbouw in de Natuurplanner	26
2.12 Kwaliteitsborging	26
2.13 Opschaling naar Europa	26
3 Test van het model	29
3.1 Uitgangspunten	29
3.2 Zaadbankkaart	32
3.3 Dispersie	34
3.4 Soortvoorkomen volgens dispersiemodel	36
4 Kalibratie	39
5 Validatie en gevoeligheidsanalyse	41
5.1 Validatie	41
5.2 Gevoeligheidsanalyse	48
6 Discussie	59
6.1 Algemeen	59
6.2 Kritische beschouwing van DIMO	60
Literatuur	63
Bijlage 1 Keuzes, aannamen en gevolgen van de keuzes voor de modeluitkomsten	65
Bijlage 2 Literatuuronderzoek voor de zaadbank	69
Bijlage 3 Samenvatting van de literatuur over dispersie en gegevensbronnen	71

Bijlage 4	Samenvatting van dispersieklassen per soort geschat voor het project <i>Robuuste verbindingzones</i>	73
Bijlage 5	Indeling van plantensoorten per vegetatietype	83
Bijlage 6	Vegetatiekaarten voor DIMO	85
Bijlage 7	Parametercombinaties gebruikt voor de gevoeligheidsanalyse van DIMO	87
Bijlage 8	Euclidische distancekaarten, gebruikt voor de dispersieafstandbepaling in de gevoeligheidsanalyse	89
Bijlage 9	Fout in de berekening van de dispersieafstand in DIMO	91

Samenvatting

Door de intensivering van het gebruik van het landelijk gebied voor onder andere landbouw, infrastructuur, maar ook huizenbouw, zijn veel natuurgebieden en daarmee veel plantensoorten geïsoleerd geraakt. Uitwisseling van genen via zaad of stuifmeel wordt daardoor moeilijker of zelfs onmogelijk. Hierdoor ontstaan lokale populaties die gevoeliger zijn voor (lokaal) uitsterven. Daar komt bij dat als gevolg van klimaatverandering er voor een deel van de plantensoorten de noodzaak aanwezig is om te migreren om geschikt habitatgebied te vinden. Het overleven van soorten is daarmee mede afhankelijk van de connectiviteit van het landschap. Doel van dit onderzoek was daarom de ontwikkeling van een plantendispersiemodel om de dispersie van planten door het landschap op regionale tot Europese schaal te kunnen modelleren.

Het door ons ontwikkelde dispersiemodel (DIMO) is gebaseerd op de dispersiecapaciteit van plantensoorten, inclusief winddispersie en dispersie door dieren, vegetatieve voortplanting en zelf geïndiceerde dispersie, bijvoorbeeld strooien. Waterdispersie is nog niet ingebouwd in deze eerste versie van het model; de grondslagen zijn wel beschreven, evenals de effecten van het landschap op de dispersie. Barrières, zoals wegen, zijn opgenomen in het model en belemmeren de dispersie door middel van dieren (Figuur S1). Dit wordt gecombineerd met eventueel aanwezige mogelijkheid van winddispersie waardoor een barrière toch genomen kan worden door de soort. Het model houdt ook rekening met de huidige verspreiding van de soorten. Hiervoor zijn verspreidingskaarten gemaakt op basis van de inventarisaties door FLORON (FlorBase, www.floron.nl) en gegevens verzameld in het kader van de vegetatie van Nederland, opgeslagen in TURBOVEG.



Figuur S1: Gecombineerde dispersie door wind (rood gestreepte cellen) en dieren (blauwe cellen) vanuit een gridcel (groen). De zwarte lijn geeft een absolute barrière voor dieren weer

Op basis van gegevens uit het verleden is ook een inschatting gemaakt van de aanwezigheid van een zaadbank, waaruit een zaad kan kiemen. Hiervoor is ook gebruik gemaakt van de LEDA-database (www.leda-traitbase.org), die ook gebruikt is voor het schatten van de dispersiekwaliteit van de plantensoorten. De kieming wordt gecorrigeerd voor kiemrust. Voor een soort die niet direct het volgende jaar weer zaad vormt (boomsoorten bijvoorbeeld) duurt de verspreiding daardoor langer. Samen met het effect van predatie is dit verwerkt in een factor, *germination delay*. Deze term kan eventueel ook gebruikt worden voor parameterisatie van het model. Dat is in de hier beschreven versie echter niet gebeurd!

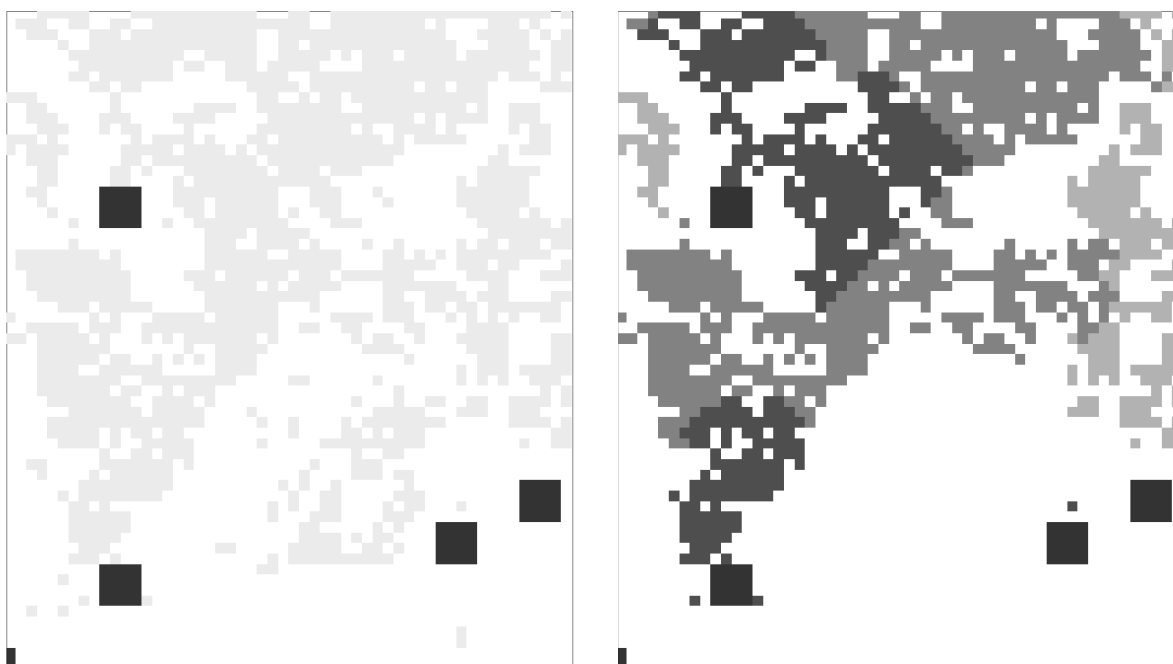
De dispersie wordt gemodelleerd op basis van gridcellen, voorlopig met een gridcellgrootte van 250*250 m, tevens de standaard gridcelgrootte van het model MOVE. Dit model kan de geschiktheid van de bodem aangeven voor een plantensoort gridcel combinatie. Een geschiktheidskaart kan ook op basis van andere gegevens worden gemaakt en als kaart worden aangeboden aan DIMO.

Het model is getest voor een klein groepje plantensoorten met verschillende eigenschappen. Een uitgebreidere test is uitgevoerd voor een fictieve soort, gebaseerd op de gegevens voor *Daucus carota* (wilde peen, zie Tabel S1).

Tabel S1: Dispersie karakteristieken voor de virtuele plantensoort waarmee DIMO getest is. De gegevens zijn gebaseerd op gegevens voor *Daucus carota*.

Parameter	Waarde	Eenheid
Winddispersie	250	m.y ⁻¹
Dierdispersie (absolute barrières)	550	m.y ⁻¹
Germination delay	2	y
Zaadbank levensduur	1	y
Run time	120	y

De resultaten van de modelrun laten zien dat bij een gebrek aan connectiviteit van het landschap er geen dispersie kan plaatsvinden (Figuur S2). Als er wel een goede connectiviteit aanwezig is (verbindingzones bijvoorbeeld) dan vindt er wel dispersie plaats.



Figuur S2: Simulatie van de dispersie van een virtuele plantensoort (zie Tabel S1 voor de karakteristieken) door een landschap na 120 jaar voor een deel van Nederland (ongeveer 10*10 km). De zwarte grote blokken geven de grids waar de soort oorspronkelijk aanwezig is. Links de startsituatie met in principe geschikt habitat in licht grijs. Rechts de eindsituatie na 120 jaar modelrun. Hoe donkerder hoe langer de soort er al aanwezig is. Kolonisatie van het geschikte habitat vindt plaats vanuit de twee linker bronnen, de twee zaadbronnen aan de rechterkant liggen te geïsoleerd. Hierdoor kan van daaruit geen dispersie plaats vinden naar het geschikte habitat, met uitzondering van een gridcel.

Tot slot is het model gevalideerd voor een plantensoort; *Juncus tenuis* (tengere rus). Deze plantensoort is rond 1825 geïntroduceerd op drie plekken in Zuid- en Midden-Nederland en heeft zich van daaruit verspreid over heel Nederland. Met het model is dit nagebootst. Het resultaat was dat de dispersie vrij goed gemodelleerd kan worden, het model loopt ongeveer tien jaar achter vergeleken met de werkelijke situatie. Dat wil zeggen de soort arriveerde ongeveer tien jaar eerder op een plek volgens de inventarisaties dan volgens het model. Deze modelresultaten konden alleen worden behaald als aangenomen wordt dat alle niet stedelijk gebied geschikt is als habitat, wat voor de tengere rus geen abnormale aanname is. Als alleen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) als geschikt habitat wordt beschouwd dan stopt de dispersie en worden vooral de noordelijke en westelijke delen van Nederland niet bereikt volgens het model.

Summary

Due to human activities natural landscapes have become isolated. As a result the dispersion of plant species is hampered. Isolated population may become extinct and cannot be re-established in a natural way. Moreover plant species may be forced to migrate to new areas due to climate change. Species survival may then depend on the connectivity of the landscape. The goal of this study was to develop a model that is able to simulate the plant species dispersion in a fragmented landscape on a regional to European scale, and to apply this model to several species.

We developed a spatially explicit dispersion model (DIMO) based on dispersal capacity including wind dispersion, dispersion via animals (internal and external), vegetative dispersion, water dispersion and several forms of self-inflicted dispersion. Barriers such as roads and rivers as well as unsuitable vegetation types are affecting the dispersion speed (Figuur S1). Spatially explicit data about the current and past occurrence of species is based on inventories in the Netherlands (FlorBase/FLORON; www.floron.nl and TURBOVEG). From the inventories the presence of a viable seed bank is derived. A species can (re) appear in a grid cell either by dispersion or from a viable seed bank. The establishment of a new species also depends on the biotic and abiotic quality, which is derived from other models. Species specific data to parameterize the model are derived from the LEDA-database (www.leda-traitbase.org).

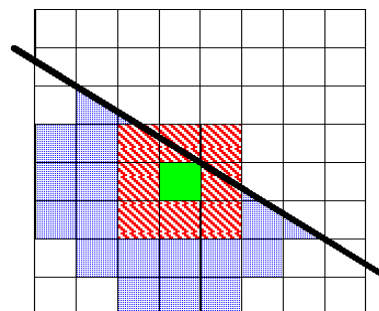


Figure S1: Combined dispersion by wind (hatched cells) and animals (dotted cells) from one grid (solid dark grey cell) influenced by an absolute barrier (solid black line) for animals.

The dispersion capacity is corrected with a germination delay to account for predation of seeds, time to arrive in the seed bank and time till seeds are produced. All parameter values are species-specific and for applications in this report not parameterized or otherwise changed based on model runs.

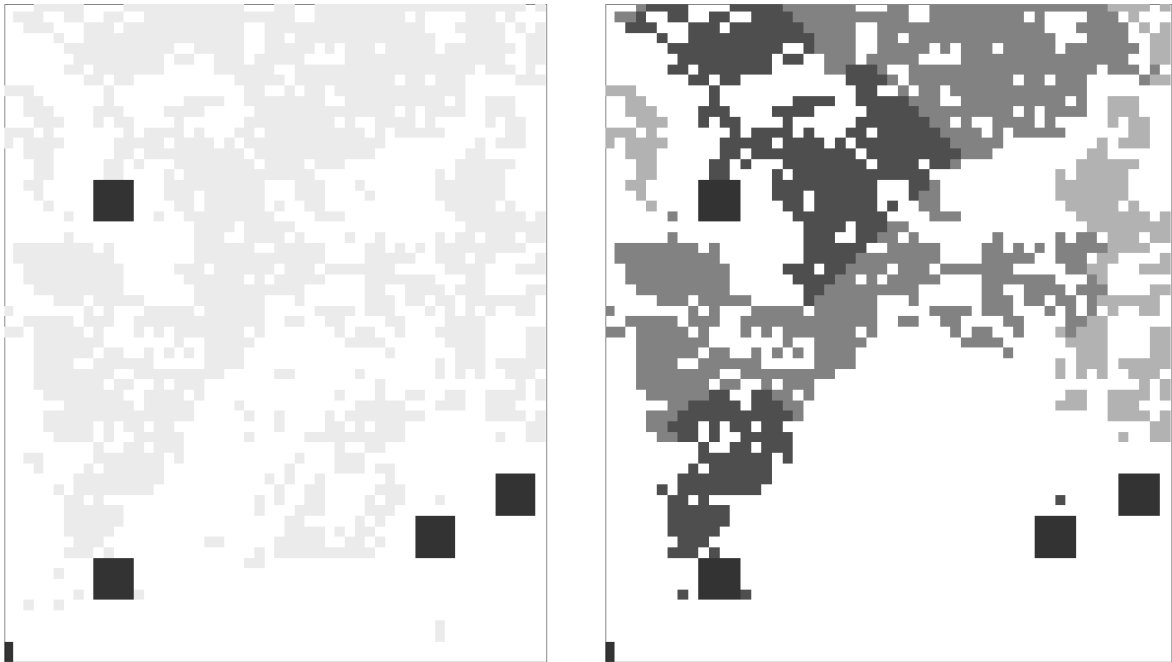
For the first model runs we created a virtual plant species based on the species *Daucus carota*. The dispersion characteristics are given in Table S1.

Table S1: Dispersion characteristics used for the virtual plant species based on the plant species *Daucus carota*.

Parameter	Value	Unit
Wind Dispersion - Uniform	250	m.y ⁻¹
Animal Dispersion - Absolute Barriers	550	m.y ⁻¹
Germination Delay	2	y
Seedbank Life Span	1	y
Run Time	120	y

We adapted the seedbank characteristics and present dispersion from *Daucus carota* (derived from FLORON/TURBOVEG), as well as the abiotic suitability from other models.

Figure S2 shows that plant species whose survival depends on dispersal and presence in a seed bank may become isolated, and thus are not able to reach new suitable habitats due to the lack of connectivity of the landscape. In the future, populations that are not large enough may therefore become locally extinct. This process may be enhanced by climate change which may not only lead to local extinction but also to the total extinction of plant species due to the lack of suitable corridors.



*Figure S2; Simulation of the dispersion of a virtual plant species based on data for *Daucus carota* after 120 years from present for a small part of The Netherlands (approximately 10*10 km). Left and right the present occurrence of *Daucus carota* (solid black squares). On the left the prediction of the occurrence of *Daucus carota* based on abiotic suitability. On the right in grey scales the simulated occurrence of the virtual species as dispersed from the sources. The greyer the cells, the longer the species is present. Note that in the low center of the right figure the virtual species is not present, though the abiotic circumstances are suitable.*

The model was validated for *Juncus tenuis*, a species introduced to the Netherlands on three sites around 1825. Dispersal from this introduction onwards to present day showed that the model performance was quite good. The model results were lagging approximately ten years behind the real dispersal, i.e. the model simulated the arrival of the species ten years later than the field data showed. These results were obtained when assuming that all non-built-up areas were suitable habitat. When only current natural areas were assumed to be suitable habitat then only a part of the Netherlands would be colonized, according to the model run, where in real this species almost totally colonized the Netherlands.

1 Inleiding

Probleemstelling en achtergrond

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) evalueert voor de milieu- en natuurverkenningen scenario's bijvoorbeeld voor klimaatverandering, stikstof- en zuurdepositie, verdroging en verandering van landgebruik. Hiervoor wordt onder meer de Natuurplanner (Van der Hoek & Bakkenes, 2007) gebruikt, het modelinstrumentarium voor de natuur. Verschillende modellen maken onderdeel uit van de Natuurplanner en simulaties worden gedraaid op het gebied van bodem/stikstof (SMART2; Kros, 2002), vegetatiesuccessie/biomassa (SUMO2; Wamelink *et al.*, 2009), kans op voorkomen van plantensoorten (MOVE4; Van Adrichem *et al.*, 2010) en een biodiversiteitsmaat (DRG; doelbereikingsgraadmeter, of EKI).

Het model MOVE4 vormt een belangrijk onderdeel in de modelketen. Het simuleert de kans op voorkomen van ruim 900 plantensoorten op basis van bodemparameters die gemodelleerd worden door de voorafgaande modellen (SMART2-SUMO2). De berekende kans op voorkomen wordt vergeleken met een drempelwaarde, waarna wordt besloten of een soort daadwerkelijk zou kunnen voorkomen of niet. Deze uitvoer van MOVE4 wordt vervolgens door de EKI-module of de DRG-module gebruikt bij het bepalen van de biodiversiteitswaarde.

Nadeel van deze methode is dat het geen rekening houdt met het al dan niet aanwezig zijn van een soort in tijd en ruimte. Bijvoorbeeld MOVE4 simuleert dat struikheide ergens in principe voor zou kunnen komen, maar in werkelijkheid komt de heide niet voor op de plek waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd. Daarnaast komt hij ook niet (meer) voor in de zaadbank of in de omgeving. In de werkelijkheid kan de soort er dus ook niet heen dispergeren. Dit geeft dan een overschatting van in dit geval het voorkomen van struikheide en dus uiteindelijk een te hoge biodiversiteit.

Om deze overschatting te compenseren is het plantendispersiemodel DIMO ontwikkeld. Het model wordt in dit rapport inhoudelijk besproken, daarnaast is er technische documentatie beschikbaar (Van der Greff *et al.*, 2010) en een gebruikershandleiding (Malinowska *et al.*, 2009).

Globale modelbeschrijving

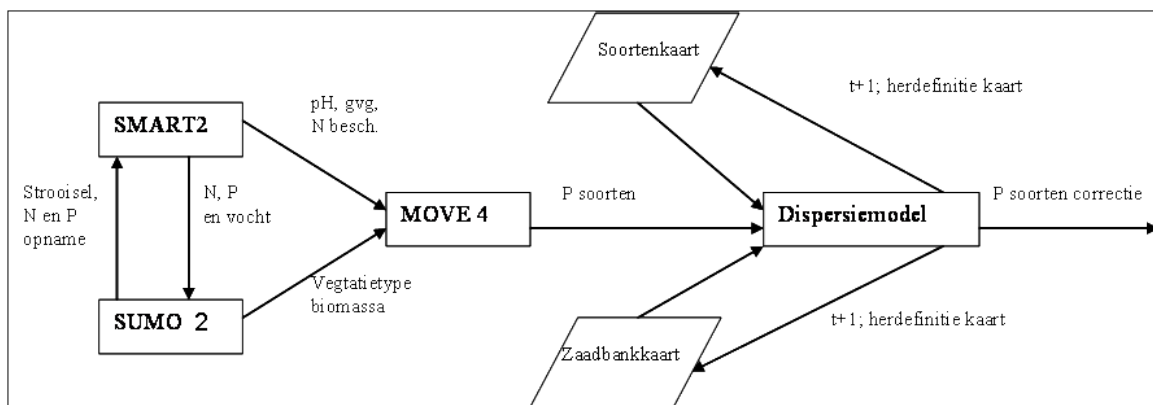
Het dispersiemodel bestaat uit verschillende modules en communiceert met het model MOVE4. Daarnaast is het in de toekomst mogelijk om een koppeling te leggen met het model SUMO2 (zie Figuur 1). Het model doet feitelijk een nacalculatie op de resultaten van MOVE4 en geeft output die gebruikt kan worden als invoer voor de BIODIV-module of voor de nieuwe doelbereikingsgraadmeter (DRG). DIMO werkt in samenhang met de overige modellen in de Natuurplanner, en is bruikbaar op zowel landelijke schaal als regionale schaal. DIMO werkt met grids en is binnen de Natuurplanner gebonden aan de gridcelgrootte die daar wordt gehanteerd. Echter in principe is het model schaalafhankelijk. De schaal wordt slechts bepaald door de gridcelgrootte van de invoerkaart. Het dispersiemodel maakt gebruik van een kaart met het huidige voorkomen van soorten, hierdoor wordt de uitvoer van MOVE4 hiervoor gecorrigeerd.

Aansluiting bij het model MOVE4 eist dat het dispersiemodel op soortsniveau werkt. Er zijn mogelijkheden om op vegetatiekundig niveau te werken (associaties, ecotopen etc.), maar dat wordt voorlopig niet verder uitgewerkt. Daar waar mogelijk is er aangesloten bij het model LARCH, zowel voor kaarten als voor programmeercode (Pouwels *et al.*, 2002).

In dit onderzoek zijn keuzes gemaakt om bepaalde processen wel of niet te modelleren. De keuzes hebben consequenties voor de uitkomsten en de toepasbaarheid van het model. De keuzes en gevolgen staan vermeld in Bijlage 2.

Opzet van dit document

In dit werkdokument wordt een globale beschrijving van het model gegeven (Hoofdstuk 2). In dit hoofdstuk wordt vooral de wetenschappelijke achtergrond beschreven. Nadere en vooral technische details zijn te vinden in de *User documentation* (Malinowska *et al.*, 2009, Van der Greff *et al.*, 2010) en een gebruikershandleiding voor de standalone versie van het model is geschreven door Malinowska *et al.*, (2009). In Hoofdstuk 2 worden ook een aantal mogelijke verbeteringen van DIMO besproken (waterdispersie, koppeling met SUMO2), zover die al uitgewerkt waren. In Hoofdstuk 3 worden de uitgevoerde tests met een aantal testsoorten uitgebreid beschreven. In hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan de eventuele mogelijkheden tot kalibratie van het model. In Hoofdstuk 5 wordt de validatie van het model gegeven voor *Juncus tenuis* (tengere rus) en wordt een beperkte gevoeligheidsanalyse beschreven. Ten slotte worden in Hoofdstuk 6 de tests en de validatie besproken en wordt er ook aandacht geschonken aan de toepassing van het model in andere projecten.



Figuur 1: Samenhang van de belangrijkste modellen in de Natuurplanner met het dispersiemodel.

2 Materiaal en Methode

In DIMO wordt gebruik gemaakt van verschillende modelparameters. Geen van deze parameters is in de hier beschreven teksten en toepassingen gekalibreerd of anderszins aangepast. Alle parameters zijn gebaseerd op metingen en dus niet aangepast op basis van modelruns. Kalibratie is wel mogelijk en de parameter *germination delay* lijkt daarvoor het meest aangewezen, omdat daaronder een aantal factoren vallen die de dispersiesnelheid beïnvloeden.

2.1 Kaarten

2.1.1 Schaal

De dispersiemodule is in principe schaalonafhankelijk. Dit is in overeenstemming met de werking van de andere belangrijke modellen in de Natuurplanner (SMART2, SUMO2, MOVE4 en BIODIV; Kros, 2002, Wamelink *et al.*, 2009, Van der Hoek & Bakkenes, 2007). De schaal waarop uitspraken worden gedaan hangt af van de invoer van de modellen. Op dit ogenblik heeft de standaardinvoer een gridcelgrootte van 250*250 m voor nationale toepassingen. In andere projecten wordt onderzocht of het haalbaar is om op een fijnere schaal te gaan modelleren (25*25 m). Voor Europa wordt juist een grotere gridcel gebruikt (5*5 km of 50*50 km). Het dispersiemodel kan overweg met deze verschillende celgroottes. Dit stelt eisen aan de manier waarop informatie over dispersie per soort wordt aangeboden aan het model (actuele dispersie afstand in plaats van aantal cellen). De gebruikte gridcelgrootte wordt bepaald door de uitvoer van MOVE4. De ascii gridfiles bevatten deze informatie standaard.

Een probleem vormt de schaal waarop de gegevens over het voorkomen van soorten beschikbaar is. De verschillende bronnen hanteren een verschillende schaal. Deze varieert van kilometerhok (FLORON) tot 2*2 m (SynBioSys). Voor de informatie uit SynBioSys geldt dat de locatie van de opname bekend moet zijn, de nauwkeurigheid van de ligging varieert van ergens in een uurhok tot op de meter nauwkeurig. De nauwkeurigheid van de soortgegevens is gelegd op kilometerhokniveau. Een grotere nauwkeurigheid wordt dan genegeerd. Hierdoor is het mogelijk om zowel FLORON gegevens als gegevens uit SynBioSys samen te gebruiken. De soorten die in het kilometerhok voorkomen worden dan toegekend aan alle cellen die zich in het kilometerhok bevinden, bijvoorbeeld 16 250*250 m cellen, of 1600 25*25 m cellen. Het gevolg is dat al die hokken dezelfde soortensamenstelling zullen hebben, ook als er in principe informatie beschikbaar is per onderliggend hok die afwijkt van de informatie op kilometerhokniveau.

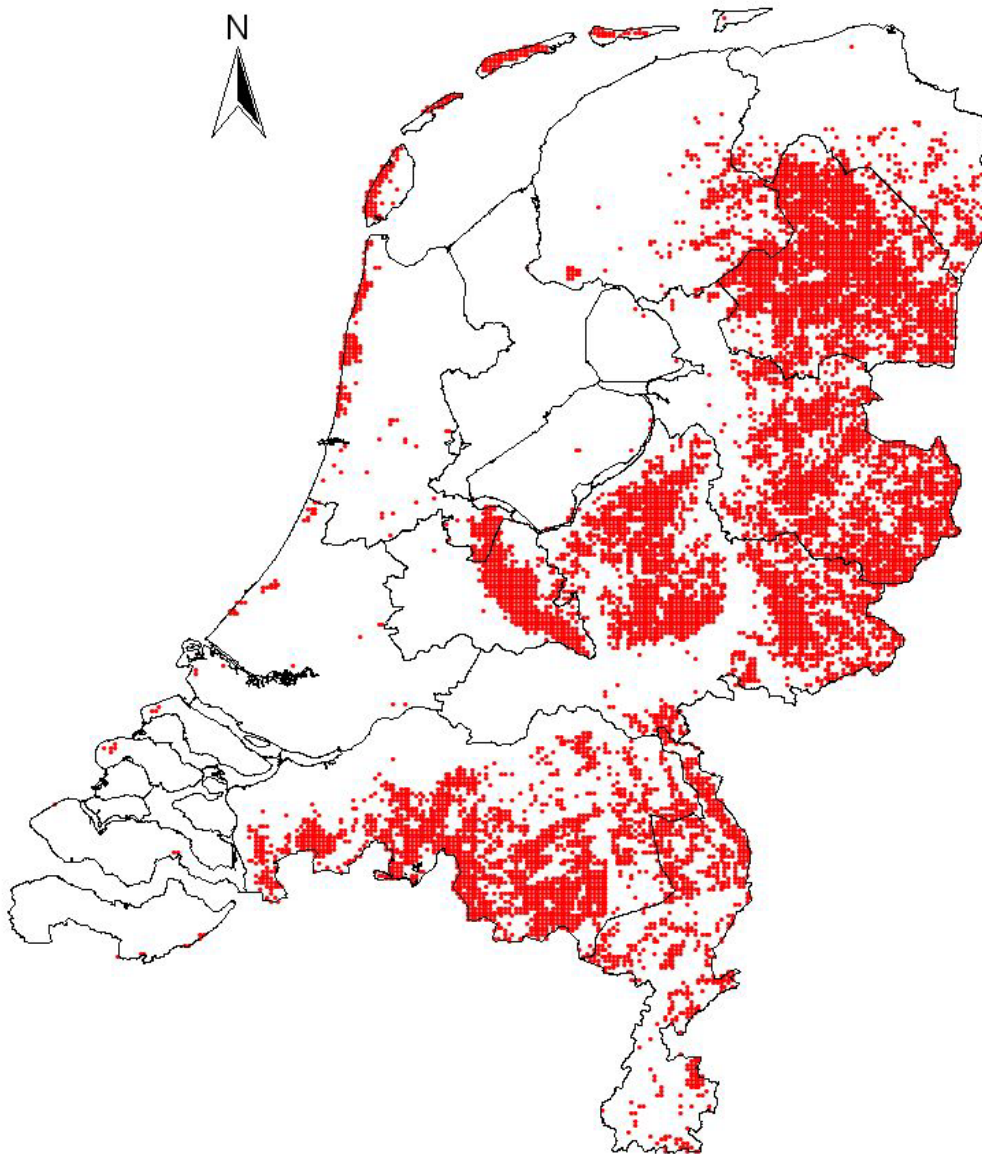
Een alternatief kunnen de hotspostkaarten zijn, waar op basis van specifieke kennis abiotische en soortenkaarten zijn ontwikkeld op gebiedsniveau (Runhaar *et al.*, 2005). Deze worden voorlopig nog niet gebruikt.

De presentatie van de resultaten zal plaats vinden afhankelijk van het door MOVE4 geleverde niveau, meestal op 250*250 m op landelijke schaal.

2.1.2 Soortenkaart

Het dispersiemodel bevat per soort een verspreidingskaart. Dit is een kaart met het huidige voorkomen van de soort. De gegevens voor deze kaarten zijn afgeleid uit FlorBase (www.floron.nl) en SynBioSys. De gegevens van FlorBase over een beperkt aantal jaren zijn over de gegevens van SynBioSys gelegd, waarna er een nieuwe kaart ontstaat met de gegevens van beide kaarten

gecombineerd (zie ook Bijlage 6). Hierbij wordt er van uitgegaan dat wanneer een soort op een bepaalde plek volgens een van beide bronnen voorkomt deze ook daadwerkelijk voorkomt, ook al geeft de andere bron dit niet aan. Er heeft geen hiaatopvulling plaats gevonden; dit kan tot een onderschatting van het voorkomen van soorten leiden. Per soort zal bij het begin van een run bekend zijn waar deze zich op de gefixeerde startjaren bevond (zie Figuur 2). DIMO bevat standaard gegevens van soorten over de periode van 1990 tot 2000. Het model kan dus gestart worden vanaf die periode. Als er later met de run wordt gestart kan dit tot een onder of over schatting leiden van de verspreiding van de soorten. Dit geldt ook wanneer een run wordt gestart voor die periode.



Figuur 2: Verspreiding van Calluna vulgaris (struikheide) in Nederland voor de periode 1990-2000.

De soortenkaart wordt alleen in het eerste jaar van de doorrekening gebruikt om een correctie op de uitkomsten van MOVE4 toe te passen.

In principe zijn er vier mogelijke combinaties als de MOVE4-uitvoerkaart wordt gecombineerd met de soortenkaart die als invoer voor DIMO wordt gebruikt (Tabel 1). Een van de combinaties, MOVE4 voorspelt een kans van 0, maar de kaart geeft aan dat de soort voorkomt, levert problemen op. In

deze situatie is de voorspelling door MOVE4 fout. Deze zou gecorrigeerd kunnen worden, echter omdat MOVE4 met kansen werkt zou er dan een kans moeten worden gegeven. Dit leidt tot het probleem hoe groot die kans zou moeten zijn. Omdat de kaart alleen op het begin gebruikt kan worden kan deze correctie alleen in het eerste jaar worden toegepast, de volgende jaren zal de soort weer verdwijnen. Daarom wordt er hier voorlopig voor gekozen om in dit geval de kaart met het voorkomen van de soort te negeren. Dit zal leiden tot een onderschatting van het voorkomen van de soort en daarmee ook de mogelijke dispersie van de soort. Het effect wordt beperkt door de zaadbankkaart, die ook op de aanwezigheid van soorten wordt gebaseerd (zie ook zaadbankkaart).

Tabel 1: Mogelijke combinaties van de MOVE-berekening voor een soort en de actuele soortenkaart. Een + geeft aan dat de soort wordt voorspeld door MOVE4 (met een kans) of aanwezig is op de kaart, een - geeft aan dat er een kans van 0 wordt voorspeld door MOVE4 of dat de soort niet aanwezig is op de kaart. De kolom geeft aan wat het resultaat is van beide. Als het resultaat - is, wordt of blijft de kans 0, anders wordt de kans uit MOVE4 gehandhaafd.

MOVE	Kaart	Dispersiemodel
+	+	+
+	-	-
-	+	-
-	-	-

2.1.3 Zaadbankkaart

Een van de twee bronnen van kolonisatie in het dispersiemodel vormt de mogelijkheid van een soort om onder gunstige omstandigheden (weer) te 'verschijnen' uit de zaadbank. Voor elke soort wordt bijgehouden of deze op een bepaalde plek in de zaadbank zit (zie ook Bijlage 6). Het voorkomen van een soort in de zaadbank is gebaseerd op gegevens uit het verleden. Daarnaast is rekening gehouden met de levensduur van de zaden. Na verloop van tijd zal de soort uit de zaadbank verdwijnen als er geen aanvulling plaats vindt. De zaadbankkaart is dan ook dynamisch in de tijd. De zaadbank wordt aangevuld als de soort (weer) verschijnt. Daarnaast kan de zaadbank worden aangevuld door middel van dispersie. De aanwezigheid van soorten is op dezelfde bronnen gebaseerd als de soortenkaart (FlorBase, SynBioSys), waarbij ook rekening is gehouden met gegevens uit het verleden. Als een soort nu aanwezig is, wordt ervan uitgegaan dat hij ook in de zaadbank aanwezig is. Als een soort in het verleden aanwezig was, maar nu niet meer dan wordt gekeken naar de levensduur (LEDA-database; Thompson *et al.*, 1997, Knevel *et al.*, 2003, Ozinga *et al.*, 2004) van de zaadbank en wordt dan beslist of een soort nog in de zaadbank aanwezig is of niet.

Soorten die geen zaadbank vormen zijn nooit in de zaadbank aanwezig. Deze methode zorgt deels voor een correctie van het probleem waar MOVE4 een kans van nul simuleert, maar in werkelijkheid de soort aanwezig is. De soort wordt op basis van de presentiekaart wel aanwezig geacht in de zaadbank met de maximale levensduur (op t=0). Echter, als de abiotische omstandigheden niet veranderen zal de zaadbank uitgeput raken en de soort daaruit verdwijnen, volgens MOVE4 zijn de omstandigheden immers ongunstig voor de soort. Dit corrigerende effect kan dus alleen op treden bij een verandering in de omstandigheden.

Er is een database opgezet met per soort de levensduur van het zaad. Deze informatie wordt gebruikt door het model. Als een soort weer voorkomt wordt de zaadbankkaart aangepast. De informatie over de levensduur van het zaad is uit de LEDA-database gehaald (Tabel 2). In de database worden vier levensduurklassen onderscheiden. Hieraan wordt een levensduur in jaren gekoppeld. De levensduur wordt toegekend aan een cel waarin de soort voor komt. Zolang de soort aanwezig is (fysiek, of aanwezig door dispersie) wordt de zaadbank aangevuld, dat wil zeggen de levensduur wordt elk jaar op de maximale levensduur gezet. Als de zaadbank niet wordt aangevuld dan zal de levensduur van het zaad per jaar met een jaar worden verminderd totdat deze nul wordt (zaadbank uitgeput) of totdat deze weer aangevuld wordt (door dispersie). In het laatste geval wordt de

levensduur weer op de maximale waarde gezet. De initiële levensduur van het zaad in de zaadbank is bepaald aan de hand van het voorkomen van de soorten. Voorlopig wordt het effect van een verandering van de grondwaterstand op de zaadbank niet mee genomen, evenals het effect van predatie.

Tabel 2: Levensduur van zaden volgens het systeem van Thompson *et al.* (1997) gehanteerd in de LEDA-database.

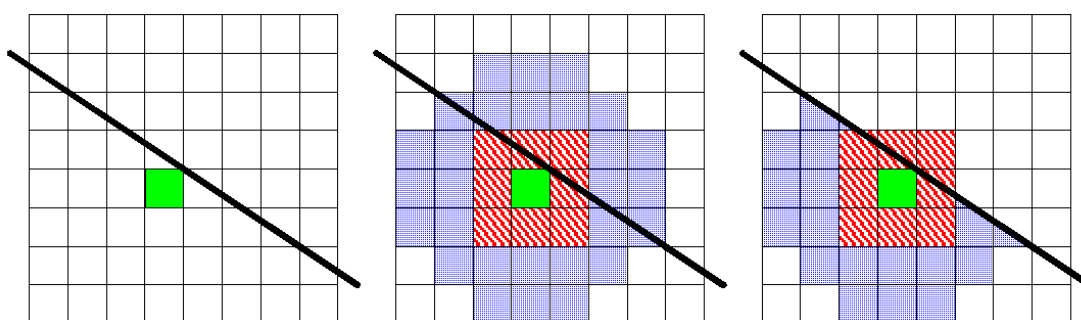
Zaadbanktype	Aangegeven levensduur (jaren)	Voorstel levensduur (jaren)
Transient	<1	1
Short-term persistent	1-5	4
Long-term persistent	>=5	Aanpassen aan wat we weten, bijv. <i>Caluna</i> , <i>Drosera</i> en expert judgement

2.1.4 Barrièrekaart

De dispersie van zaden kan beperkt worden door barrières (Figuur 2). Of een element in het landschap een barrière is hangt af van de manier van dispersie. Bij dispersie door dieren kan gebruik worden gemaakt van de barrièrekaart uit LARCH (Pouwels *et al.*, 2002). Voor andere vormen van dispersie, vooral winddispersie, zijn er ook barrières denkbaar. Nader onderzoek hiernaar is noodzakelijk. Mogelijk zijn bossen en gebouwen barrières voor windverspreiders. Of gegevens hierover voor voldoende soorten beschikbaar zijn, is twijfelachtig. De gebruikte barrièrekaart is een vlakkenkaart. Dat wil zeggen dat een vlak aan de overkant van een barrière niet bereikt kan worden. De grenzen van een vlak met daarin een barrière vormen de barrière, maar Het vlak zelf kan nog wel bereikt worden.

2.2 Dispersieprincipe in DIMO

Gegevens over de dispersiecapaciteit worden per soort verzameld, onder andere uit de LEDA-database en de database Robuuste verbindingzones (zie Bijlage 4 voor de dispersieklassen; Bijlagen 2 en 3 voor belangrijke literatuur). Alle gegevens zijn opgeslagen in een database die door het model bevroegd wordt. Een soort kan van meerdere dispersievormen gebruik maken. Deze zijn, zover bekend, opgenomen in de database. Het model doorloopt alle mogelijke vormen van dispersie van een soort en bepaald op basis daarvan waar zaad terecht kan komen, met inachtneming van barrières (zoals ook aanbevolen door Higgins *et al.*, 2003). Deze is dus ook, deels, afhankelijk van barrières (zie Figuur 3).



Figuur 3: Dispersie van een soort die zowel door dieren als door de wind wordt verspreid. De linkerfiguur geeft de uitgangssituatie. Direct naast de cel waarin de soort voorkomt (groen) ligt een barrière voor dieren (de zwarte lijn). De middelste figuur geeft de dispersieafstand in te bereiken cellen weer voor dispersie via dieren (paars) en dispersie door de wind (rood wit). Het rechterfiguur geeft de dispersie zoals in het model wordt gebruikt; door de barrière kan een deel van de cellen niet bereikt worden. Een deel van de cellen kan wel bereikt worden via winddispersie.

Bij dispersie door dieren wordt rekening gehouden met de barrièrekaart zoals die in LARCH wordt gebruikt. Hierdoor kan het zijn dat dispersie door dieren in principe de grootste dispersieafstand geeft, maar door een barrière voor de soort winddispersie toch verder gaat. In dat geval zal de dispersieafstand voor windverspreiding worden gehanteerd. Voor het voorbeeld in Figuur 3 geldt dat in principe de dispersie via dieren het grootste is. Echter omdat er een barrière (bijvoorbeeld een weg) ligt naast de cel waar soort voor komt kan het dier slechts een deel van het potentiële gebied bereiken. Een deel van de cellen aan de andere kant van de barrière worden dan deels bereikt door middel van wind dispersie, dat geen hinder ondervindt van de barrière.

Het startpunt van de dispersie in een gridcel kan veel invloed uitoefenen op het eindresultaat, zeker naarmate de cel groter is. Een start van de dispersie aan de rand van de cel zal een overschatting geven van de dispersie van soorten met een lage dispersieafstand, terwijl bij een start in het midden van de cel de dispersie kan worden onderschat. Bij de keuze voor de rand zou een soort in het volgende jaar al in de volgende cel kunnen komen en dan elk jaar verder kunnen hopen naar de volgende cel. Bij een keuze voor het midden zouden veel soorten nooit de cel uit komen vanwege de geringe dispersiecapaciteit. Er is voor gekozen om het centrum van een cel als vertrekpunt te nemen en dan op basis van de lengte van de cel te berekenen hoe lang een soort er over doet om van het midden van de cel naar het midden van de volgende te komen. Als de soort daar aankomt dan wordt hij als aanwezig beschouwd. Dit is een conservatieve schatting, omdat de soort dan tweemaal zo'n grote afstand af legt dan noodzakelijk om in die cel te arriveren. Het aantal jaren is per soort en per gridcelgrootte constant en wordt door het model eenmalig vastgesteld en bewaard. Voor een soort met een dispersiecapaciteit van 100 m per jaar op een 500 m groot grid zal dan gelden dat de soort zich in een naburige cel vestigt na vijf jaar, mits uiteraard de abiotiek geschikt is. Duurt de simulatie langer dan vijf jaar dan zal de soort in de nieuwe cel voorspeld worden en van daaruit verder dispergeren, is de simulatie korter dan vijf jaar dan zal de soort dus niet in de naburige cel arriveren.

2.3 Winddispersie

De afstand die zaden af kunnen leggen door middel van de wind wordt op drie verschillende manieren geschat en gebruikt.

1. Op basis van gegevens over de valsnelheid (uit LEDA) wordt de dispersieafstand berekend. Voor de hier beschreven tests is hiervan deels gebruikgemaakt. De soortendatabase zal mede gevuld worden op basis van deze berekeningen. Meer informatie over LEDA en de gebruikte parameters kan worden gevonden op www.leda-traitbase.org/LEDAportal/. De dispersieafstand is zoals vermeld gebaseerd op de valsnelheid van zaden onder geconditioneerde omstandigheden. De voorschriften voor metingen worden gegeven in Knevel *et al.*, 2005. Op basis van de gegevens van LEDA kan de dispersieafstand worden berekend. Hiervoor wordt een afstands-zaaddichtheids curve (asymptoot naar de x-as) berekend (zie Ozinga *et al.*, 2004 Soons & Ozinga 2005, Ozinga *et al.*, 2009), waarna het één-percentiel genomen is als dispersieafstand. De keuze voor het één-percentiel is arbitrair. De zo verkregen afstanden worden in dispersieklassen gegeven zoals gebruikt in het project *Robuuste verbindingzones* (zie Bijlage 4). De afstanden zijn voor gebruik nog door experts geëvalueerd en deels bijgesteld.
2. In het project *Robuuste verbindingzones* is voor een grote groep plantensoorten de dispersieafstand geschat. Deze worden in dispersieklassen weergegeven (zie Bijlage 4). Voor de hier geteste soorten is hiervan gebruikgemaakt en is het klassemidden als dispersieafstand gebruikt. Als er geen gegevens beschikbaar zijn uit LEDA wordt deze schatting van de dispersieafstand gebruikt.
3. Op basis van gegevens van een andere (verwante) soort wordt de dispersieafstand geschat. Dit gebeurt als er geen andere bronnen zijn om de dispersiecapaciteit te bepalen. In dit onderzoek is dat gebeurd voor *Juncus tenuis*. In de toekomst zal dit alleen worden toegepast om soorten die door het model MOVE4 worden gemodelleerd op te kunnen nemen in DIMO. Deze methode wordt alleen toegepast als de onder 1 en 2 genoemde bronnen geen resultaat opleveren

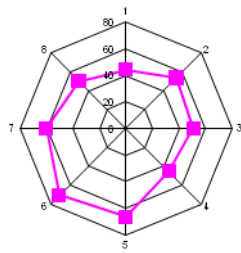
De geschatte afstanden worden gegeven in de dispersieklassen zoals die zijn gedefinieerd voor het project *Robuuste verbindingzones* (zie Bijlage 4). Voor de daadwerkelijke dispersieafstand is steeds het klassemidden genomen. De dispersieafstanden voor de testsoorten wordt gegeven in Tabel 4 (Hoofdstuk 3.1). Andere vormen van dispersie, zoals strooien, wegschieten enz. die niet door dieren worden veroorzaakt worden voorlopig ook onder winddispersie geschaard. De afstanden zijn vaak zeer gering (tot enkele meters). Naast dierdispersie wordt ook waterdispersie (in de toekomst) apart gemodelleerd.

2.4 Effect van windrichting op winddispersie

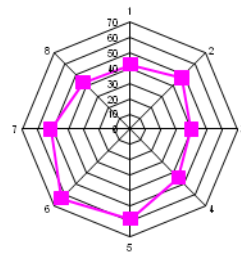
Winddispersie wordt in grote mate beïnvloed door de windsnelheid en de windrichting. In Nederland is de wind niet gelijk verdeeld over alle windrichtingen. Harde zuidwestenwinden komen regelmatig voor, harde zuidoostenwinden nauwelijks. Dit beïnvloedt de dispersierichting en -afstand van windverspreiders. Het dispersiemodel houdt rekening met de overheersende windrichtingen in Nederland. Op basis van de dag gegevens van het KNMI (www.knmi.nl) is er een windroos berekend met het aantal dagen dat de wind uit een van de hoofdrichtingen komt. Daarnaast zijn er windrozen berekend voor de gemiddelde etmaalgemiddelde windsterkte, de gemiddelde hoogste uur-gemiddelde windsnelheid en de gemiddelde hoogste dagelijkse windstoot in Nederland. Ze vertegenwoordigen de gemiddelden over de periode van 1991-2000 en worden per hoofdstation gegeven. Het wordt aan de gebruiker van het dispersiemodel overgelaten op welke manier het effect van de windrichting mee wordt genomen. Als standaardoptie is de etmaalgemiddelde windsnelheid en windrichting over het jaar gebruikt, op basis van het landelijk gemiddelde. Om de daadwerkelijke winddispersieafstand te berekenen, wordt gebruikgemaakt van de gemiddelde windkracht over Nederland. De 'plaatselijke' windrichting wordt hieraan gerelateerd waarna de verhouding tussen de gemiddelde windkracht en de plaatselijke windkracht wordt vermenigvuldigd met de dispersieafstand (Vergelijking 1). Dit wordt per hoofdwindrichting gedaan. Er bestaat de mogelijkheid om dit per weerstation te doen, dat is op het ogenblik echter nog niet geïmplementeerd (Tabel 3 en Figuur 4). Nederland zal dan in regio's worden opgedeeld met daarin een weerstation. Per regio zal dan gebruik worden gemaakt van het desbetreffende weerstation. De maximum windkracht wordt gerelateerd aan de dispersieafstand, de andere dispersierichtingen worden berekend op basis van de maximum windrichting en dispersieafstand.

Tabel 3: Gebruikte weerstations voor de bepaling van de winddispersiepluim (Bron KNMI, coördinaten zijn Amersfoortse coördinaten).

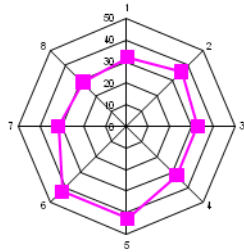
Stationcode en naam	X coördinaat	Y coördinaat	Hoogte t.o.v. N.A.P (m)
235=De Kooy	114254	549042	0.6
240=Schiphol	110750	482550	-4.4
260=De Bilt	140827	456835	2.0
270=Leeuwarden	178970	581970	1.5
280=Eelde	235200	571350	3.5
290=Twenthe	257978	477076	34.5
310=Vlissingen	30475	385125	8.0
344=Rotterdam	90125	441000	-4.8
370=Eindhoven	156800	383950	20.3
380=Maastricht (Beek)	182614	325240	125.6



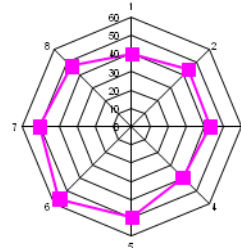
De Kooy



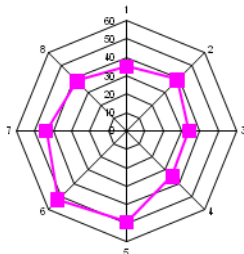
Schiphol



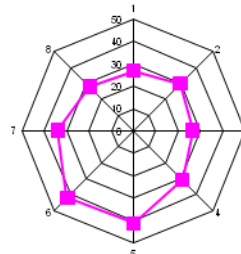
De Bilt



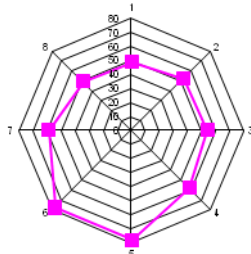
Leeuwarden



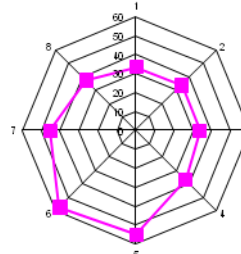
Eelde



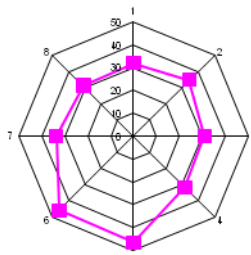
Twenthe



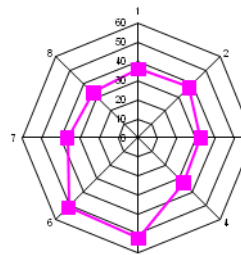
Vlissingen



Rotterdam

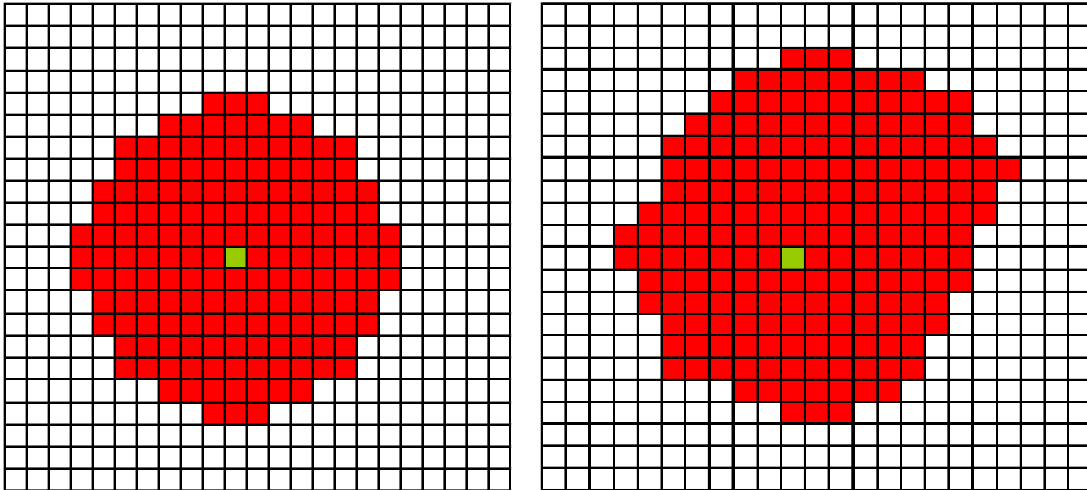


Eindhoven



Maastricht (Beek)

Figuur 4: Etmaalgemiddelde Windsnelheid per weerstation in 0.1 m/s (Bron KNMI, zie Tabel 3). De windrozen zijn gebruikt om de winddispersiepluim te berekenen. (voor twee voorbeelden zie Figuur 5).



Figuur 5: Winddispersiepluimen voor een weerstation. Links zonder het effect van de etmaalgemiddelde windsnelheid en windrichting; rechts met het effect van de etmaalgemiddelde windsnelheid en windrichting. Het groene vlak geeft de bron van het zaad, de rode vlakken waar het zaad terecht kan komen.

De winddispersieafstand per soort wordt gecorrigeerd op basis van de windrichting en sterkte, waardoor pluimvormige dispersiepatronen ontstaan (Figuur 5). Voor een station wordt het effect van de windrichting op een winddispersiepluim gegeven in Figuur 5.

Door het meenemen van het effect van de windrichting en sterkte verandert een perfect cirkelvormige dispersiepluim in een meer ovale dispersiepluim, mede veroorzaakt door de in Nederland overheersende windrichting uit het zuidwesten. Hierdoor gaat de dispersie naar het noordoosten verder en de dispersie naar het zuidwesten minder ver dan bij cirkelvormige dispersie.

$$Dwi_{x,st,r} = Dwi_x * (Wi_{st,r}/Wi_{max}) \quad \text{Vergelijking (1)}$$

waarin:

$Dwi_{x,st,r}$: dispersieafstand door wind voor soort x bij weerstation st in richting r (m);

Dwi_x : dispersieafstand voor soort x door wind (m);

$Wi_{st,r}$: windkracht per station per windrichting (m/s);

Wi_{max} : gemiddelde maximum windsterkte (gemiddelde van stationsmaxima) (m/s).

2.5 Dispersie door dieren

De tweede belangrijke dispersiemethode ingebouwd in DIMO is dispersie door dieren. Zaden kunnen zowel meeliften aan de buitenkant (in het haar, onder de poten) als inwendig en naar buiten komen door ontlasting.

De dispersieafstanden die in dit onderzoek zijn gebruikt, zijn overgenomen uit de dispersiedatabase voor het project *Robuuste verbindingzones* (zie Bijlage 4). Behalve voor de dispersieafstand (die wordt ingelezen vanuit een tabel) wordt binnen DIMO geen onderscheid gemaakt tussen inwendige en uitwendige dispersie. Er wordt voor inwendige dispersie geen rekening mee gehouden of zaden het inwendig transport al dan niet overleven en of bijvoorbeeld *dormancy* wordt doorbroken door maagsappen. Al uit de literatuur blijkt dat zaden van een soort inwendig worden verspreid dan is aangenomen dat dit kiemkrachtige zaden oplevert op de plek waar de zaden terecht komen.

Belangrijk onderscheid tussen winddispersie en dispersie door dieren is het effect van barrières. Wegen, steden en waterwegen kunnen barrières vormen. Hiervoor maakt DIMO gebruik van een

vlakkenkaart waarop de barrières als de grenzen tussen de vlakken zijn gedefinieerd. De gridcel waarbinnen de barrière ligt, bijvoorbeeld een snelweg, kan wel worden bereikt. De gridcellen die aan de andere kant van de barrière liggen, kunnen niet worden bereikt via de dispersie door dieren. Barrières zijn absoluut; geen enkel zaad kan via dispersie de barrière passeren. Als het zaad ook op andere manieren wordt verspreid, bijvoorbeeld door wind, kan het wel mogelijk blijken om de andere kant van de barrière te bereiken (Figuur 3). De barrièrekaart kan elke vlakkenkaart zijn, waarbij per vlak wordt aangegeven of het een barrière is of niet. Deze kaart kan eventueel ook eenvoudig door de gebruiker worden gemaakt.

De dispersieafstand D_d voor soort x door dieren d is:

$$D_{d,x,r} = \min(D_{x,r}^b, D_{x,r}) \quad \text{Vergelijking (2)}$$

waarin:

- $D_{d,x,r}$: dispersieafstand door dieren voor soort x in richting r (m);
- $D_{x,r}^b$: dispersieafstand voor soort x door dieren tot de barrière b in richting r (m);
- $D_{x,r}$: dispersieafstand voor soort x door dieren zonder barrière in richting r (m).

2.6 Waterdispersie

De dispersie van zaden via het water is in deze versie van DIMO nog niet ingebouwd. Wel is er al vooronderzoek uitgevoerd waardoor de dispersie van zaden via water vrij snel in DIMO zou kunnen worden ingebouwd. De principes waarop dit zou kunnen worden gebaseerd worden hieronder gegeven. Het is dus mogelijk dat de uiteindelijke inbouw anders zal worden.

Waterdispersie kan in samenhang en analoog aan de andere dispersievormen worden ingebouwd. In principe kunnen alle zaden via water verspreid worden. In LEDA (Thompson *et al.*, 1997, Knevel *et al.*, 2003, Ozinga *et al.*, 2004), wordt van een deel van de soorten de drijftijd (buyoance) gegeven. Dit kan worden gebruikt om de dispersieafstand te modelleren in DIMO. Daarnaast is informatie nodig over de stroomrichting en stroomsnelheid van rivieren, beken, meren, sloten enz. Sloten-, beken-, rivieren- en merenkaarten zijn beschikbaar. De stroomrichting en -snelheid zijn echter niet bekend. Stroomsnelheden van een aantal grote rivieren zijn wel bekend, daarnaast is dit van een aantal kleinere beken en sloten bekend, samen met de breedte van die wateren. Op basis hiervan kan voor alle beken en rivieren de stroomsnelheid (gemiddelde) worden geschat. De stroomrichting wordt gebaseerd op basis van de hoogte kaart. In Oost-Nederland stroomt water van hoog naar laag en kan zo de stroomrichting worden bepaald. In het lage deel van Nederland stroomt water niet van hoog naar laag, maar wordt het weggepompt vanuit slootjes naar afwateringskanalen en rivieren. Als dat niet zou gebeuren, zou alle water naar de laagste delen in West-Nederland stromen en daar stagneren. Alle zaden zouden daar dan ook eindigen (bij Rotterdam in de buurt). Om dit goed te kunnen modelleren, is een sluisenkaart en een pomprichtingenkaart nodig. Waarschijnlijk zijn deze wel beschikbaar en dan zou de stroomrichting daarop kunnen worden aangepast. Als de kaarten er niet zijn dan is het niet goed mogelijk om waterdispersie in het lage deel van Nederland te modelleren. Dat zou naar verwachting een behoorlijke onderschatting van de dispersie van een vrij grote groep plantensoorten geven voor laag Nederland, waar dispersie via water een belangrijke plaats in neemt.

Aannamen

- Er zijn geen barrières voor zaadverspreiding via water (sluizen, stuwen spuigaten en vijzels van centrales worden zonder problemen genomen).
- De uiterwaarden worden elk jaar overstroomd en dan vindt dispersie plaats.
- Er wordt geen rekening gehouden met overstromingen (anders dan in de uiterwaarden).
- Alle soorten in een grid aanwezig staan ook aan het water als dat aanwezig is in het grid, zodat ze allemaal in principe gebruik kunnen maken van waterdispersie.

2.7 Germination delay

Om allerlei redenen kiemen zaden van een groot aantal soorten niet direct nadat ze geproduceerd zijn. Veel zaden hebben een vorm van *dormancy*, en is er een proces nodig om deze kiemrust te doorbreken. Kiemrust kan bijvoorbeeld worden doorbroken door kou, mechanisch beschadigen of door maagzuur. Kiemrust levert vertraging op bij de kieming en dus bij de nieuwe vestiging van soorten. Deze vertraging is een onderdeel van de factor germination delay.

Het duurt het soms jaren voordat een soort zaden produceert, bijvoorbeeld boomsoorten. Ook deze vertraging na daadwerkelijke vestiging wordt meegenomen in de factor germination delay.

In DIMO kiemt het zaad in hetzelfde jaar, maar er wordt geen nieuw zaad gevormd, dat gebeurt op zijn vroegst in het volgende jaar kan kiemen. Op basis van gegevens uit het Botanisch basisregister (CBS, 1993), de *electronic comparative plant ecology* (Hodgson *et al.*, 1995), LEDA (Thompson *et al.*, 1997, Knevel *et al.*, 2003, Ozinga *et al.*, 2004), en expertkennis, is geschat of en hoe lang er kiemrust is voor een soort en hoe lang het duurt voordat een soort gaat reproducen na kieming. Als zaad is geproduceerd duurt het dan een aantal jaren voordat hij kan kiemen en het kan dan nog een aantal jaren duren voordat er weer zaad wordt geproduceerd.

Deze parameter kan eventueel ook worden gebruikt voor het finetunen van het model. Het effect van kiemrust en het effect van eerste bloei zitten nu in een parameter. In de toekomst zou het beter zijn om hiervoor twee parameters te gebruiken.

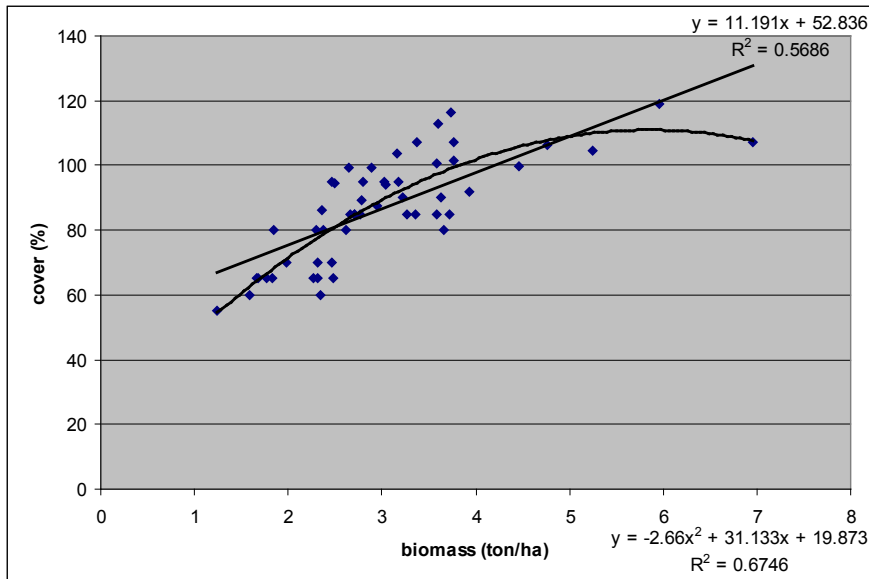
2.8 Effect van het vegetatietype op de kieming; koppeling met SUMO2

De aanwezigheid van een bepaald vegetatietype bepaalt onder andere of een zaad kan kiemen, met andere woorden of er nog een plek is voor de plant en of het vegetatietype geschikt is. SUMO2 kan hiervoor aan DIMO het vegetatietype leveren. Bepaalde bossoorten zullen niet kiemen in grasland en omgekeerd, daarnaast kan er in grasland zoveel biomassa aanwezig zijn dat er geen kieming meer kan plaatsvinden.

De optie om informatie uit SUMO2 te gebruiken voor DIMO is nog niet ingebouwd. Er is wel voorwerk verricht om dit mogelijk te maken, deze wordt hier gegeven.

Er wordt aangenomen dat de beschikbaarheid van ruimte om te kiemen alleen speelt in graslanden. Om het effect van de beschikbaarheid van ruimte om te kiemen te bepalen is er een relatie tussen bovengrondse biomassa en bedekking voor grasland afgeleid (Figuur 6). De gegevens zijn afkomstig uit de database van het project ecologische condities (Wamelink *et al.*, 2007) en zijn afkomstig uit verschillende bronnen. De maximum bedekking van de vegetatie wordt bij ongeveer 6 ton/ha bovengrondse droge stof bereikt. Aangenomen wordt dat boven die waarde alle beschikbare plaatsen bezet zijn en er geen kieming kan plaats vinden. Beneden de 6 ton/ha kan een soort zich in principe vestigen in graslanden. Er wordt geen rekening gehouden met open plekken die ontstaan door mollen, begrazing enzovoort. Dit kan tot een onderschatting van de vestigingskans leiden.

SUMO2 kan ook het vegetatietype leveren. Door de soorten op te delen in groepen die exclusief in bepaalde vegetatietypen kunnen kiemen en in soorten die overal kiemen kan er rekening mee worden gehouden in het dispersiemodel. Een eerste opzet voor een dergelijk indeling per soort wordt gegeven in Bijlage 5.



Figuur 6: Relatie tussen bovengrondse biomassa en bedekkingspercentage voor een grasland. Twee regressielijnen worden gegeven, een lineaire en een optimum curve. Voor beide lijnen wordt tevens de regressie vergelijking en de verklaarde variantie (R^2) getoond, voor de lineaire regressie rechtsboven en voor de optimum curve rechts beneden.

2.9 Mathematisch model

In deze paragraaf worden de dispersievergelijkingen en de overige processen bij elkaar gebracht. Vergelijking (3) beschrijft de door het model berekende dispersieafstand voor een soort. Aan de vergelijking is het effect van waterdispersie al toegevoegd, hoewel deze in de hier beschreven versie nog moet worden ingebouwd. Deze waarde staat voor deze versie standaard op 0. Vergelijkingen (3) en (4) zijn hetzelfde als vergelijkingen (1) en (2) zoals die al werden gegeven in de paragrafen voor wind- en dierdispersie (resp. par. 2.4 en par. 2.5).

De dispersieafstand D_{wi} voor soort x door de wind is:

$$D_{wi, st, r} = D_{wi, x} * (W_{i, st, r} / W_{i, max}) \quad \text{Vergelijking (3)}$$

waarin:

- $D_{wi, x, st, r}$: dispersieafstand door wind voor soort x bij weerstation st in richting r (m);
- $D_{wi, x}$: dispersieafstand voor soort x door wind (m);
- $W_{i, st, r}$: windkracht per station per windrichting (m/s);
- $W_{i, max}$: gemiddelde maximum windsterkte (gemiddelde van stationsmaxima) (m/s).

De dispersieafstand D_d voor soort x door dieren d is:

$$D_{dx, r} = \min (D_{bx, r}, D_{x, r}) \quad \text{Vergelijking (4)}$$

waarin:

- $D_{dx, r}$: dispersieafstand door dieren voor soort x in richting r (m);
- $D_{bx, r}$: dispersieafstand voor soort x door dieren tot de barrière b in richting r (m);
- $D_{x, r}$: dispersieafstand voor soort x door dieren zonder barrière in richting r (m).

De gecombineerde/totale dispersieafstand vanuit een cel naar een andere cel of cellen in een richting is daarmee:

$$D_{x,r} = \max (Dwi_{x,st,r}, Dd_{x,r}, Dwa_{x,r}) \quad \text{Vergelijking (5)}$$

waarin:

- $D_{x,r}$: dispersieafstand voor soort x in richting r;
- $Dwi_{x,st,r}$: dispersieafstand door wind voor soort x bij station st in richting r (m);
- $Dd_{x,r}$: dispersieafstand door dieren voor soort x in richting r (m);
- $Dwa_{x,r}$: dispersieafstand door water voor soort x in richting r (m).

Voor het verloop van de dispersie in de tijd dient vergelijking (5) te worden gecombineerd met germination delay en de in de toekomst in te bouwen effect van aanwezige biomassa en vegetatietype (vergelijking 6). Als de dispersieafstand groter is dan de gridcelgrootte dan wordt het aantal jaren uitgerekend en bijgehouden hoe lang het duurt dat een gridcel doorkruist wordt, wat eenzelfde effect heeft als germination delay.

$$\text{Als } T_{t,c} \geq G_x; Gf_{x,t,c} = 1; \text{ anders: } Gf_{x,t,c} = 0$$

$$D_{t,x,r,i} = D_{x,r} * Gf_{x,t,c} \quad \text{Vergelijking (6)}$$

waarin:

- $T_{t,c}$: Aantal jaren na arriveren zaad op tijdstip t- in cel c (j);
- G_x : germination delay voor soort x (j);
- $Gf_{x,t,c}$: germination delay factor voor soort x op tijdstip t in cel c (-);
- $D_{t,x,r,c}$: dispersieafstand voor soort x in jaar t in richting r vanuit cel c (m/j);
- $D_{x,r}$: dispersieafstand voor soort x in richting r (m);

Voor de germination-delayfactor geldt dat de waarde of 0 of 1 is, al naar gelang de soort al kan kiemen en zaden produceren.

Het dispersieproces kan in DIMO ook worden beschouwd vanuit het principe van de cellulaire automaat. Zoals hiervoor beschreven bestaat het model uit een tweedimensionaal raster van cellen met elk twee toestanden: 1) de soort is niet aanwezig en 2) de soort is aanwezig. Hierbij dient te worden aangetekend dat een soort in twee vormen aanwezig kan zijn, als zaad en als plant. Alleen een plant kan zaden vormen en dispergeren! Een volgende toestand wordt door toepassing van een set regels berekend uit de huidige toestand van de cel en die van zijn directe burens. Het herhaald toepassen van deze regels geeft een beschrijving van het dispersieproces.

De cel doorloopt feitelijk een aantal beslisregels waarna beslist wordt of een soort aanwezig in een cel, dit kan zijn in de vorm van zaad of als een (zaadvormende) plant. Hieronder worden de beslisregels weergegeven voor een nu nog lege cel:

1. Kan de cel bereikt worden vanuit naburige cellen? Als ja, zaad bereikt de cel.
2. Is de zaadbankleeftijd hoger dan het aantal jaren nadat de cel is bereikt? Als ja dan is het zaad kiemkrachtig aanwezig.
3. Is de abiotiek geschikt voor de soort? Als ja dan zou de soort kunnen kiemen.
4. Is het aantal jaren na kieming groter dan het aantal jaren van germination delay? Als ja, dan kan de plant zaden vormen die weer dispergeren naar andere cellen (en in de cel aanwezig blijven en de zaadbankleeftijd weer op de maximale zaadbankleeftijd zetten).

Het doorlopen van de bovengenoemde vragen kan in totaal (vele) jaren duren. Als een van de vragen met nee wordt beantwoord dan worden alle vragen in het volgende jaar opnieuw gesteld. Dit geldt ook voor het moment dat er (zaaddragende) planten aanwezig zijn, door verandering in de abiotiek kan het zijn dat deze dood gaan.

2.10 Toepassingsgebied

DIMO is generiek ontwikkeld, en daarmee breed inzetbaar. De concrete aanleiding voor de ontwikkeling is toepassing in de Natuurplanner in Nederland. De database bij deze toepassing bevat dan ook alleen soorten die in Nederland voor komen en afgestemd op het model MOVE4. Ook de data van het huidige voorkomen van soorten is alleen gebaseerd op bronnen van binnen Nederland. Deze data is deels alleen beschikbaar voor natuurgebieden. Alleen de data van FLORON zijn vlakdekkend (per km-hok) en ook beschikbaar buiten natuurgebieden. Echter de FLORON-gegevens zijn niet volledig voor heel Nederland verzameld. De bronnen over het huidige voorkomen van plantensoorten in Nederland zijn dus niet compleet, hierdoor wordt een onderschatting van het huidige voorkomen van de soorten gegenereerd. Daarnaast zijn er grote hiaten in de tijd aanwezig. Dit is van belang voor de initialisatie van de zaadbank.

Zoals de Natuurplanner nu is opgebouwd is het alleen geschikt binnen natuurgebieden in Nederland. Dit komt doordat de geleverde invoer van de Natuurplanner (MOVE4) alleen beschikbaar is voor natuurgebieden. DIMO draait binnen de Natuurplanner-toepassing dan ook alleen voor die natuurgebieden.

Echter, de generieke opzet van DIMO maakt het model ook inzetbaar buiten de Natuurplanner. In de studie 'Robuuste verbindingen en klimaatverandering' is DIMO ingezet om de effecten van klimaatverandering en de aanleg van robuuste verbindingen op plantenverspreiding door te rekenen (Geertsema *et al.*, 2009).

Verdere toepassingen zijn goed mogelijk, mits de gevraagde invoer geleverd wordt. De minimale invoer bestaat uit een kaart met voorkomen van de plantensoort en dispersiedata van de soort. Additionele invoer kan bestaan uit een zaadbankkaart, een habitatgeschiktheidskaart en een barrièreakaart voor dieren. Deze additionele invoer is, hoewel facultatief, sterk aanbevolen omdat deze de modelresultaten betrouwbaarder maken. Praktische beperkingen liggen in dit geval in de kaartgrootte (het aantal cellen). Ecologische aandachtspunten liggen in de gridcelgrootte en dispersie. Voor gridcelgrootte geldt dat opschalen tot celgroottes ruim boven de dispersieafstand afgewogen keuzes vraagt voor bijvoorbeeld de habitatgeschiktheidskaart. Voor dierdispersie geldt dat DIMO een plantenmodel is en gebruik maakt van beschikbare dierdispersiedata; de daadwerkelijke dispersie van dieren wordt niet gemodelleerd. Ook dispersie door menselijk handelen wordt niet gemodelleerd. Wanneer aan de data en het gewenste schaalniveau voldoende aandacht wordt gegeven, kan DIMO zeer breed worden ingezet. Toepassing in Europa is daarmee in principe mogelijk, maar lijkt op het ogenblik nauwelijks haalbaar door het ontbreken van basisdata.

Samenvattend

1. DIMO is met de huidige dataset alleen geschikt voor modellering binnen natuurgebieden in Nederland
2. DIMO is alleen geschikt voor plantensoorten. Het model houdt geen rekening met populatiedynamiek van dieren die als dispersor op treden, zij worden verondersteld aanwezig te zijn.
3. DIMO is geen populatie dynamisch model.
4. Het model heeft data voor de modelberekeningen voor ruim 900 soorten (uit MOVE4).
5. Informatie over het huidig voorkomen van soorten en in grotere mate over de zaadbank zijn slechts beperkt beschikbaar.
6. De hier beschreven versie heeft geen waterdispersie, soorten die vooral van waterdispersie afhankelijk zijn kunnen niet worden gemodelleerd.
7. Effecten van aanwezige vegetatie worden in DIMO niet meegenomen (wel deels in MOVE4).
8. Wanneer het model zelf en de data en kaart behoefte van DIMO losgekoppeld worden dan is het model waarschijnlijk wereldwijd bruikbaar (niet getest!).

9. Het model kan met de huidige invoerkaarten worden gedraaid vanaf 2000. Dit heeft te maken met de zaadbankkaart die geschat is voor het jaar 2000 en met het huidige voorkomen van soorten, die ook voor dat jaar is bepaald. Een eindjaar is er in principe niet, maar modelruns voor na 2100 worden afgeraden.
10. Het model is in principe gridcelgrootte onafhankelijk. Veelal wordt op het ogenblik gewerkt met een 250*250 m gridcelgrootte. De verspreidingskaarten en zaadbankkaarten zijn voor deze gridgrootte beschikbaar, niet voor andere gridgroottes.
11. Het model kan worden gebruikt voor het berekenen van dispersie van plantensoorten. Het is niet voor andere organismen getest. Een deel van de dispersie wordt gemodelleerd door middel van dieren, de dispersie van die dieren wordt niet gemodelleerd.

2.11 Koppeling met MOVE4 en inbouw in de Natuurplanner

Het model MOVE4 (of eerdere versies van MOVE) levert de invoer voor het dispersiemodel. Voorlopig zal er alleen worden gewerkt met berekeningen uit MOVE4 voor individuele soorten. De door MOVE4 geproduceerde ggf-files met de kans op voorkomen van een soort worden omgezet naar ascii-grids en dan per file en dus per soort verder verwerkt in het dispersiemodel. Het model zal eventueel correcties op de kans op voorkomen uitvoeren en dan uitvoer genereren in ascii-grid format. Het dispersiemodel is in de Natuurplanner ingebouwd als COM-object. De kaarten met de gegevens over de zaadbank en het huidige en historische voorkomen van de soorten en de barrièrekaart zijn meegeleverd in ascii-grid format.

Overigens kan DIMO ook zelfstandig draaien mits er een kaart ter vervanging van de MOVE-kaart wordt aangeboden. Deze dient dan de geschiktheid van elk grid voor een soort aan te geven, dit kan in de vorm van 0-1 waarden.

2.12 Kwaliteitsborging

Het dispersiemodel is opgenomen in het kwaliteitsborgingssysteem zoals dat ontworpen is door Alterra en de WOT Natuur & Milieu. Voorlopig zal er naar worden gestreefd om te voldoen aan de status A-kwaliteitseisen. Het model is opgenomen in het versiebeheer (TortoiseSVN), waarin ook de modellen SMART2 en SUMO2 en MOVE4 zich bevinden.

2.13 Opschaling naar Europa

In een latere fase kan het model worden opgeschaald voor Europees gebruik. Hier wordt alleen aangegeven welke processen daarbij van belang zouden kunnen zijn en hoe daarmee in deze eerste fase van ontwikkeling rekening is gehouden.

Schaal

Voor Europese simulaties wordt op een andere schaal gewerkt dan voor Nederland. Omdat het model schaal onafhankelijk is opgezet is dit technisch geen probleem. De hoeveelheid gridcellen die op Europees niveau in het rekengeheugen van de computer moeten zitten, zouden een probleem kunnen vormen. Echter omdat de meeste soorten een geringe verspreiding hebben, is het aantal cellen dat tegelijkertijd in het werkgeheugen moet zitten beperkt. In principe lijkt het mogelijk om voor West-Europa op kilometercelniveau berekeningen te doen.

Dispersiecapaciteit

In combinatie met de schaal kan de dispersiecapaciteit wel een probleem vormen. De dispersieafstanden worden niet anders, echter door de schaalgrootte wordt het probleem van wel of geen dispersie naar de volgende cel groter. Bij een gridcelgrootte van bijvoorbeeld 50*50 km zal waarschijnlijk geen van de plantensoorten een dispersieafstand hebben groter dan een gridcel. Hier is het probleem van de soorten die een verspreiding hebben die kleiner is dan een gridcel veel groter. Daarnaast lijkt het werken met plantendispersie op een dergelijke schaal weinig zinvol.

Soortsinformatie

Om op Europese schaal te kunnen rekenen is dezelfde informatie nodig als voor Nederland. Dit betekent dat de verspreiding van soorten en hun zaadbankkaart bekend moeten zijn. Daarnaast zouden niet in Nederland voorkomende soorten moeten worden toegevoegd. Het model is zo opgezet dat deze informatie gemakkelijk toe te voegen is en het rekent op basis van aangeleverde standaardkaarten. Voor welk gebied (bijvoorbeeld Zweden, België of Spanje) deze kaarten zijn, of de grootte (regio of land of Europese schaal) ervan zal geen invloed hebben.

3 Test van het model

3.1 Uitgangspunten

Om het model te testen is een aantal testruns uitgevoerd voor twaalf verschillende soorten. Met behulp van het EC-standaardscenario (Wamelink *et al.*, 2009) is de verspreiding van de soorten in de tijd in beeld gebracht.

Tabel 4 geeft de geselecteerde soorten voor de test. De soorten zijn gekozen op basis van:

- De beschikbaarheid van gegevens. De soorten moesten in de LEDA-database aanwezig zijn en voor de zaadvoorraad is uitgegaan van minstens 25 waarnemingen. Gegevens over verspreiding door dieren is aangevuld met data uit het project *Robuuste verbindingzones* (zie Bijlage 4).
- De dispersiecapaciteit. Er is voor gezorgd dat er soorten zijn met zowel korte als lange afstandsdispersie.
- De dispersor. Er zijn soorten die zowel door wind en door dieren of een combinatie van beide worden verspreid.
- Er zijn zowel algemene als meer zeldzame soorten geselecteerd. In totaal zijn er 12 soorten geselecteerd. Hiervan zijn twee soorten niet meegenomen in de eerste test (*Conyza Canadensis* en *Tussilago farfara*).

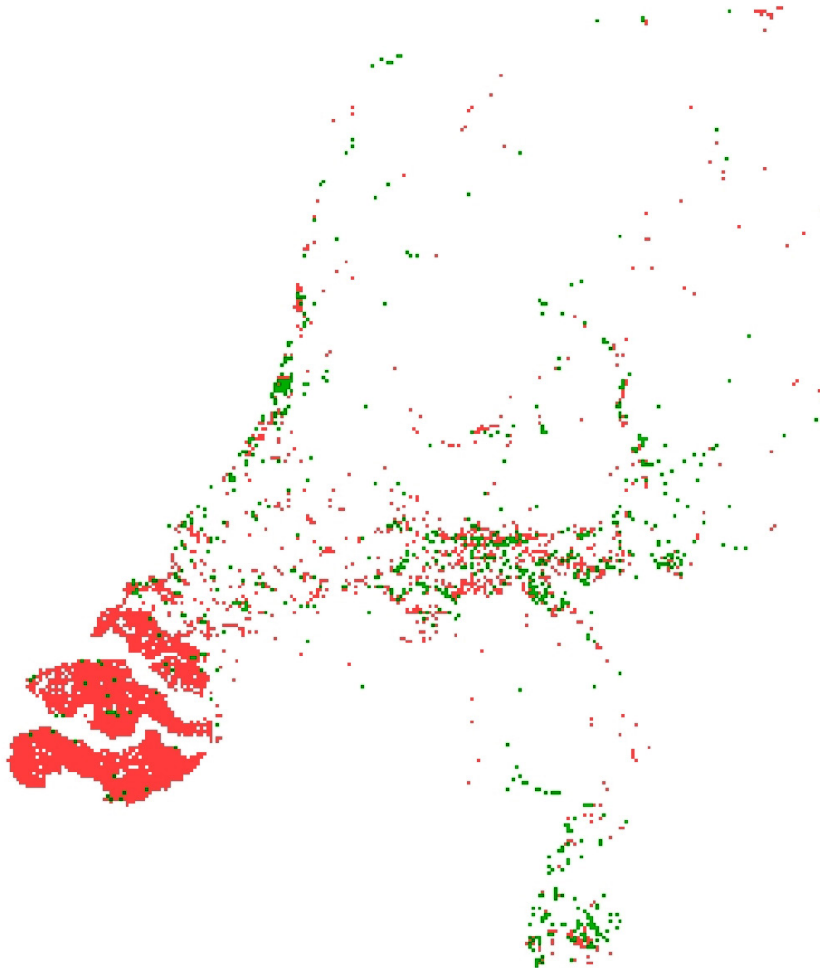
Voor de eerste test zijn voor de soorten modelruns uitgevoerd met de modellen SMART2-SUMO2 en MOVE4. Er is gebruikgemaakt van MOVE4 voor de eenvoud van modelleren. In de testfase na de inbouw van DIMO in de Natuurplanner is gebruikgemaakt van een het nieuwere MOVE4. De simulaties zijn uitgevoerd voor alle natuurgebieden in Nederland. Dit betekent dat niet-natuur per definitie als niet geschikt habitat voor soorten wordt beschouwd, wat voor een deel van de soorten niet het geval zal zijn. De modelruns voor SMART2-SUMO2 zijn gestart in 1980 en uitgevoerd tot en met 2020. De eerste tien jaar worden beschouwd als initialisatie jaren en verder niet meegenomen. MOVE4 is voor de tien geselecteerde soorten gedraaid voor alle jaren tussen 1990 en 2020, waarna de dispersiemodule de voorspellingen van MOVE4 gecorrigeerd heeft. Voor het draaien van SMART2-SUMO2 is gebruik gemaakt van het standaard EC-scenario met een dalende depositie van zowel stikstof als zwavel.

Het dispersiemodel is geïnitieerd met FLORON-gegevens en gegevens uit TURBOVEG over het voorkomen van soorten over de periode van 1990 -2000. Oudere waarnemingen zijn niet meegenomen (de kaart is wel beschikbaar). Er is nog niet gewerkt met de barrièrekaart voor deze eerste test. Ook is het effect van de windrichting op de zaadverspreiding via de wind nog niet meegenomen.

Voor *Daucus carota* (wilde peen) worden de resultaten in detail gegeven. In Figuur 7 worden de waarnemingen voor 1990 – 2000 en voor de hele beschikbare periode gegeven. Er zijn grote verschillen aanwezig. Door alleen gegevens over een beperkte periode te gebruiken wordt het voorkomen van *Daucus carota* enorm onderschat, wat tot foute voorspellingen leidt. Een goed voorbeeld hiervan is te vinden in Zeeland. Voor 1990 is daar uitgebreid geïnventariseerd en zijn er dus veel gegevens beschikbaar. Na 1990 is er nog slechts sporadisch geïnventariseerd. Een eerste conclusie zou dus kunnen zijn dat de wilde peen enorm is achteruitgegaan in Zeeland. We weten dat dit voor deze zeer algemene soort van het kleigebied niet het geval is. Het is puur een waarnemers effect. Het weg laten van de gegevens van voor 1990 geeft een enorme onderschatting van het voorkomen van wilde peen. Er is wel verder getest met de kaart omdat het de dispersiemechanismen mooi illustreert. Er moet echter geconcludeerd worden dat het maken van

complete initialisatiekaarten voor beperkte tijdvakken op basis van de huidige gegevens onmogelijk is. Nadeel van het meenemen van alle gegevens is dat voor andere soorten wel geldt dat ze verdwenen zijn sinds ze bijvoorbeeld in 1950 zijn waargenomen (effecten van versnippering, verdroging, verzuring en vermesting). In dat geval geeft het een overschatting het voorkomen van de soort bij het begin van een DIMO-run. Omdat vaak met invoer van andere modellen wordt gewerkt (SMART2-SUMO2-MOVE4) zou dit probleem ondervangen kunnen worden als de modellen de juiste abiotiek simuleren en vervolgens voor de juiste plekken het voorkomen van een soort. Dan zou de soort wegvallen als volgens de initialisatiekaart wel voor zou komen. De soort kan dan nog wel jaren aanwezig zijn in de zaadbank (wat toch tot een overschatting zou kunnen leiden van het voorkomen van de soort in de toekomst). Probleem hierbij is dat DIMO juist ontwikkeld is om MOVE4 te corrigeren, hoewel het daarbij in eerste instantie vooral ging om het corrigeren van potentiële groeiplaatsen naar een potentie gebaseerd op verspreidingsgegevens.

Een bijkomend probleem is dat MOVE4 op basis van de abiotiek aangeeft dat wilde peen ook in potentie niet in het gebied voor kan komen. Waarschijnlijk is de relatie abiotiek kans op voorkomen voor deze soort niet goed en geeft MOVE4 dus een onderschatting van het verspreidingsgebied.



Figuur 7: Waarnemingen van Daucus carota op basis van FLORON en TURBOVEG gegevens. De roze waarnemingen samen met de groene geven aan of de soort in de database aanwezig is (tot en met jaar 2000). De groene waarnemingen geven de waarnemingskaart op basis van gegevens tussen 1990 en 2000.

Tabel 4: Geselecteerde testsoorten met waarden voor de lange afstandsverspreiding (LDD) voor het dispersiemodel. De gegevens zijn afkomstig uit de LEDA-database en aangevuld uit het project Robuuste verbindingzones (rv). De nieuw geschatte LDD-waarden zijn volgens de criteria van het project robuuste verbindingzones tot stand gekomen.

ID-IRIS	Name_species	Name_Dutch	Dispersie-vector	Zaad-bank	Aangehouden leeftijd zaadbank	LDD_Win d_99 (m)	LDD_Wind_Median (m)	LDD Dieren ^{rv} (m)	Nieuw geschat LDD (m)
1733	<i>Primula veris</i>	Gulden sleutelbloem	mieren	< 1 jaar	1	0.12	0.03	10 - 100	
692	<i>Daucus carota</i>	Peen	vacht zoogdieren	1-5 jaar	4	0.93	0.15		100 – 1000
356	<i>Calluna vulgaris</i>	Struikhei	wind	> 5 jaar	100	2	0.35		
1098	<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewoon biggekruid	wind+water+vacht zoogdieren	< 1 jaar	1	3.41	0.33		100 – 1000
610	<i>Conyza Canadensis</i> (erigeron)	Canadese fijnstraal	wind	> 5 jaar	25	18.19	1.13		
2308	<i>Tussilago farfara</i>	Klein hoefblad	wind	< 1 jaar	1	24.12	0.74		
813	<i>Eriophorum angustifolium</i>	Veenpluis	wind	< 1 jaar	1	24.2	1.11		
1589	<i>Phragmites australis</i>	Riet	wind+water+vacht zoogdieren	< 1 jaar	1	1714.26	13.94		100 – 1000
533	<i>Chamerion angustifolium</i>	Wilgeroosje	wind+water+mest zoogdieren	> 5 jaar	25	2112.54	7.48		100 – 1000
1130	<i>Juncus articulatus</i>	Zomprus	mest zoogdieren	> 5 jaar	50			100 - 1000	
1435	<i>Nardus stricta</i>	Borstelgras	vacht zoogdieren	< 1 jaar	1			100 - 1000	
1323	<i>Maianthemum bifolium</i>	Dalkruid	mest vogels	< 1 jaar	1				1000 - 3000

Naast de basiskaarten over het voorkomen van de soort (statisch) en de uitvoer van MOVE4 (dynamisch) maakt het dispersiemodel nog gebruik van een zaadbankkaart (dynamisch), een kaart met het daadwerkelijk voorkomen van de soort (dynamisch) en een produceert het een dispersiehorizontkaart (dynamisch). De kaarten worden voor *Daucus carota* per tien jaar gegeven.

3.2 Zaadbankkaart

De zaadbankkaart geeft aan waar een zaadbank aanwezig is en de leeftijd van de zaadbank per cel is. Figuur 8 tot en met 11 geven de zaadbank voor respectievelijk 1990, 2000, 2010 en 2020. Hoe donkerder de kleur hoe langer de zaadbank nog mee gaat (maximale zaadbankleeftijd voor *Daucus carota* is vier jaar). De zaadbank kaart is geïnitieerd, situatie 1990, op basis van de FLORON- en TURBOVEG-gegevens. Alleen in 1990 zijn er plekken waar de zaadbank niet overal de maximale leeftijd heeft, dwz hij gaat nog vier jaar mee. Dit komt omdat er rekening is gehouden met de waarnemingsdatum. Waarnemingen uit 1987 geven nog een zaadbank in 1990 en zijn dus nog meegenomen, deze verdwijnen in het volgende jaar, als de situatie tenminste niet geschikt is volgens MOVE4 of als er geen aanvulling plaats vindt door middel van dispersie. Dit wordt versterkt doordat er alleen waarnemingen vanaf 1990 tot 2000 zijn gebruikt. Figuur 12 geeft de situatie voor het jaar 2000, waar ook de lege zaadbank is aangegeven (lichtste kleur groen). De zaadbank is waarschijnlijk wel gevuld, maar omdat er al te lang geen waarneming is gedaan, is de zaadbank inmiddels leeg. De kaarten na 1990 geven allemaal de maximale leeftijd. Als er plekken zouden zijn waar de soort niet meer voor kan komen zouden ook andere waarden voorkomen, dit is echter voor *Daucus carota* niet het geval. Door de uitbreiding van de soort neemt ook het areaal met zaadbank toe.



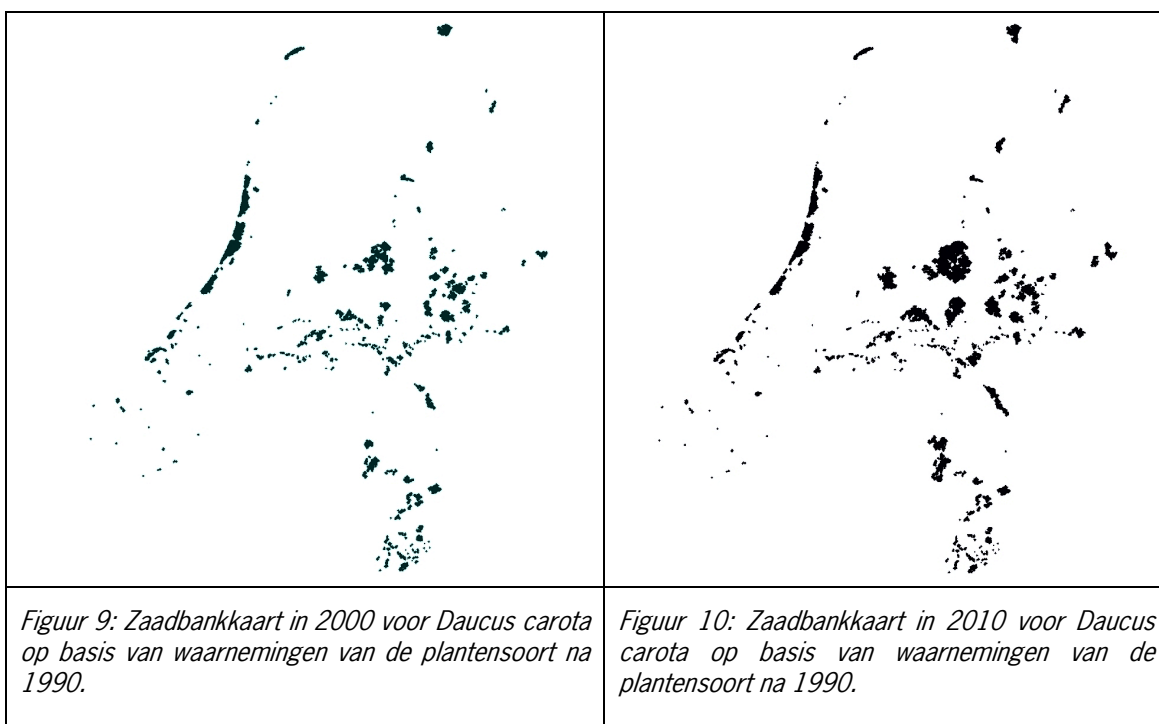
Figuur 8: Zaadbankkaart in 1990 voor Daucus carota op basis van waarnemingen van de plantensoort na 1990.

Figuur 8 geeft de zaadbankkaart in het startjaar van de run en is gebaseerd op waarnemingen van wilde peen na 1990. Zeeland is slecht vertegenwoordigd omdat er weinig waarnemingen zijn gedaan na 1990. In hoeverre dat voor de rest van Nederland ook geldt is niet nagegaan, maar op de kleigebieden is dit waarschijnlijk ook aanzienlijk.

Figuur 9 geeft de zaadbankkaart voor 2000, na 10 jaar modelsimulatie. Ten opzicht van 1990 is zichtbaar dat het zaad zich heeft verspreid en dat de vlakken waar zaad in de bodem zit en dus in principe zou kunnen kiemen is toegenomen. Of de plant inderdaad als aanwezig wordt verondersteld hangt af van de simulaties uit MOVE4.

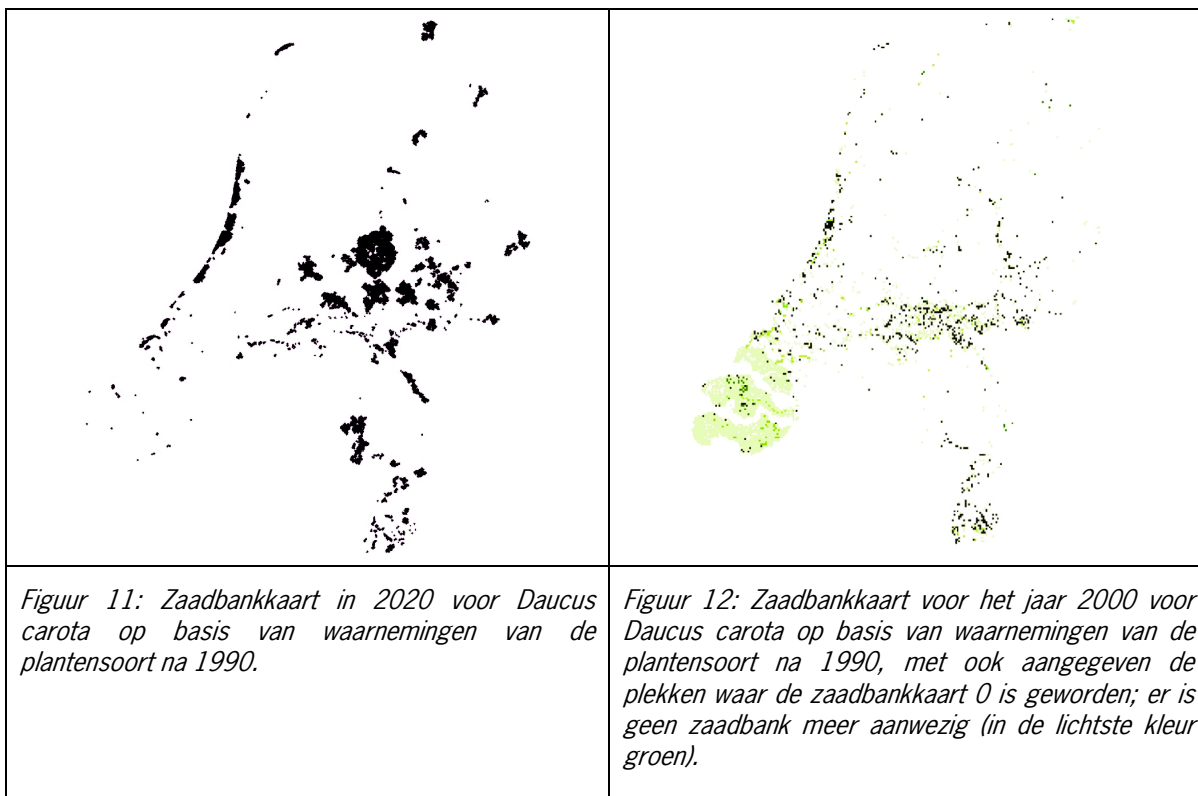
In Zeeland is het aantal plekken waar zaad in de bodem zit afgenomen. Dit is verbazingwekkend, omdat we weten dat in principe er geschikt habitat aanwezig is. MOVE4 simuleert echter dat de wilde peen niet overal aanwezig kan zijn.

Figuur 10 geeft de zaadbankkaart na 20 jaar simulatie. De zaadbank bereid zich verder uit, behalve in Zeeland.



Figuur 11 geeft de zaadbankkaart voor 2020. Het oppervlak waar zaad aanwezig is, is na 30 jaar simuleren het grootste. Niet overal vindt echter uitbreiding plaats, in het al eerder genoemde zeeland, maar ook langs de duinrand en in het noorden is de uitbreiding zeer beperkt of afwezig. De soort lijkt niet het kleigebied te kunnen binnendringen.

Figuur 12 geeft het effect van tien jaar runnen weer op de zaadbankontwikkeling. Op een flink aantal plekken is de zaadbank in 2000 verdwenen. Dit komt omdat er geen aanvulling van de zaadbank is vanuit levende planten en de zaden in de zaadbank uiteindelijk dood gaan. Dit treedt in het hele land wel op, maar concentreert zich in Zeeland. Hoewel bekend is, op basis van veldwaarnemingen, dat de soort zich in het gebeid bevind, verdwijnt de soort volgens de modellen. Dit probleem wordt veroorzaakt doordat MOVE4 op basis van de gesimuleerde abiotiek niet voorspeld dat wilde peen op die plekken kan voorkomen. Dit type fout (zie ook Tabel 1 derde type fout) wordt niet gecorrigeerd door DIMO. Dit leidt dus tot een onderschatting van de verspreiding van wilde peen.



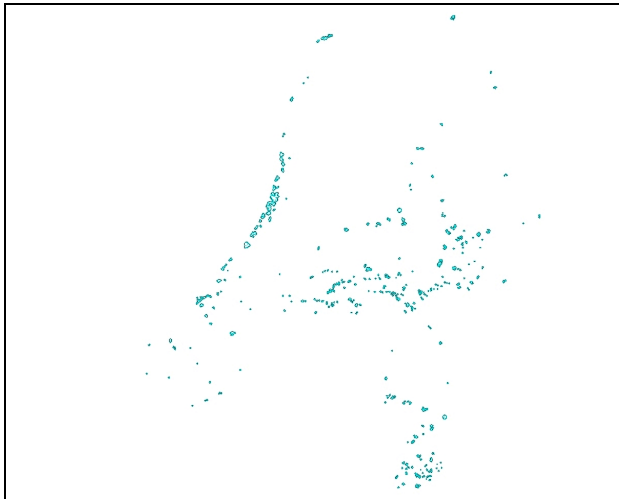
3.3 Dispersie

De dispersiekaart geeft de verspreidingsgebieden van de zaden op basis van de dispersiecapaciteit en het voorkomen van de soort. Dit zijn de gebieden waar de zaadbank wordt aangevuld en op de maximale leeftijd wordt gezet. De verspreiding voor *Daucus carota* wordt gegeven in de Figuren 13 tot en met 16. Het verspreidingsgebied neemt toe omdat de soort zich uitbreidt (zie hieronder).

Opvallend is dat de uitbreiding vooral in het binnenland plaatsvindt en niet in bijvoorbeeld Zeeland, waar de soort zeker voor komt en de omstandigheden ook goed zouden moeten zijn. Om dit te onderzoeken is ook de MOVE4 kaart voor 1990 toegevoegd (Figuur 17). Dit verklaart voor een groot deel de verspreiding van *Daucus carota*, en ook de stabiele situatie in Zeeland. Al in 1990 voorspelt MOVE4 dat de soort in het binnenland op meer plekken kan voorkomen dan volgens de verspreidingskaart. De soort kan daar dus uitbreiden en doet dat ook. Dit geeft ook direct de meerwaarde aan van het dispersiemodel. Er gaat nu tijd overheen voordat de soort al die plekken bereikt die volgens MOVE4 geschikt zijn. In Zeeland simuleert MOVE4 geen geschikte plekken en dus zal er geen dispersie plaats vinden. Het ontbreken van geschikte plekken is verbazingwekkend en verdient nader onderzoek.

Figuur 13 geeft de gebieden waarin zaad terecht komt op basis van de initiële situatie voor de verspreiding van wilde peen in het veld. De randen van elk gebied worden in een donkerder wordende kleur aan gegeven (in dit geval blauw). Zaad komt terecht in het hele vak binnen de lijnen.

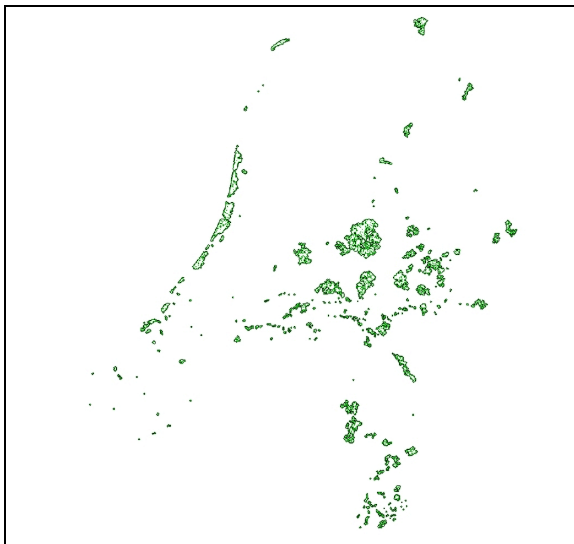
Figuur 14 geeft de zaadverspreidingsgebieden voor 2000, dus na 10 jaar modelrun. De verspreidingsgebieden zijn groter dan in 1990, wat aangeeft dat de soort zich aan het uitbreiden is.



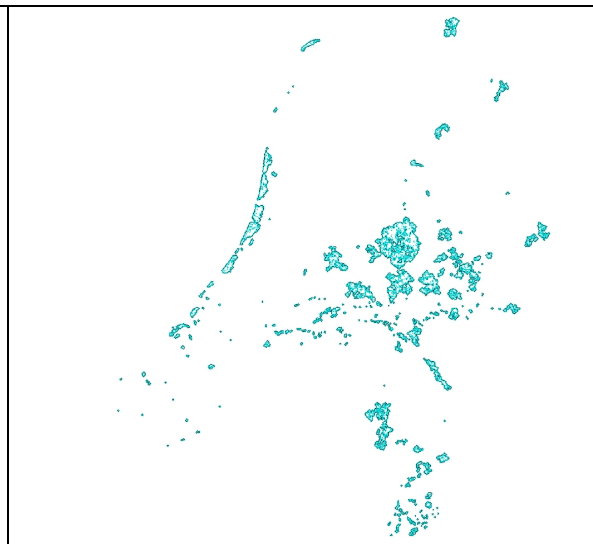
Figuur 13: Zaaddispersiegebieden voor Daucus carota in 1990.



Figuur 14: Zaaddispersiegebieden voor Daucus carota in 2000.

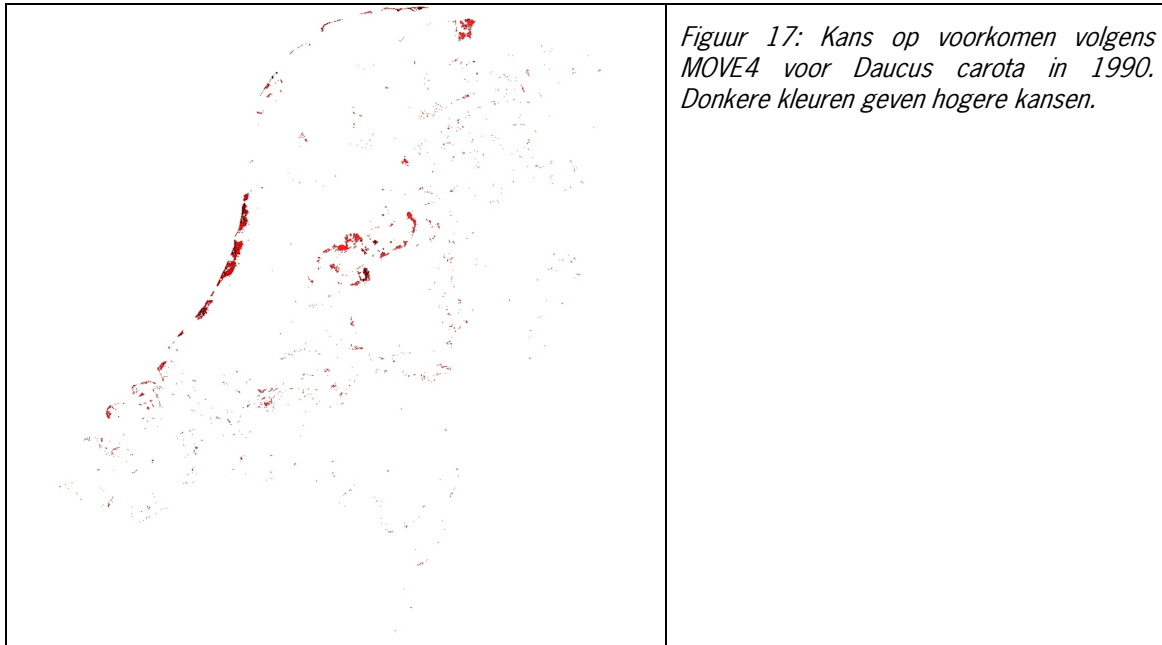


Figuur 15: Zaaddispersiegebieden voor Daucus carota in 2010.



Figuur 16: Zaaddispersiegebieden voor Daucus carota in 2020.

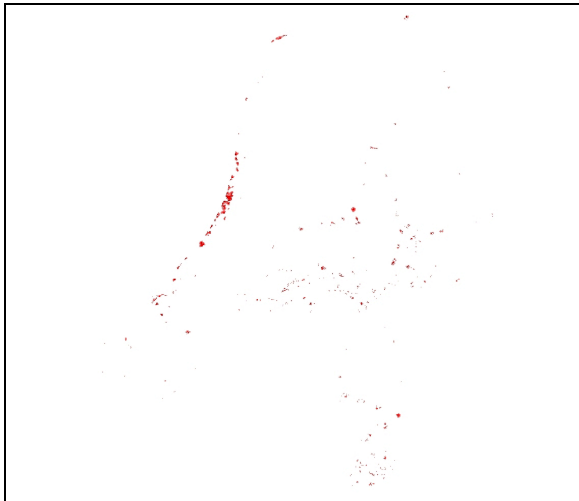
Figuur 17 geeft de kans op voorkomen voor MOVE4 voor wilde peen. De kans op voorkomen in veel kleigebieden is (nagenoeg) nul. Dit verklaart het niet verder dispergeren van de peen in het gebied. De simulaties van MOVE4, of een van de voorliggende modellen, is zeer waarschijnlijk fout.



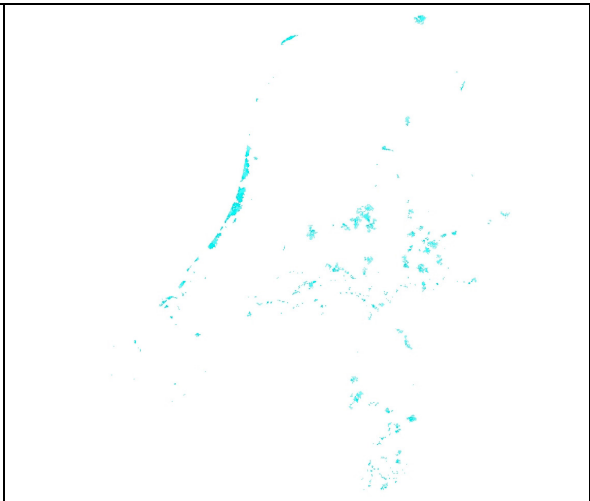
3.4 Soortvoorkomen volgens dispersiemodel

Op basis van alle andere gegevens berekent het dispersiemodel het al dan niet voorkomen van de soort in een cel. Dit wordt weer voor de vier jaren weergegeven in Figuur 18 tot en met 21. Vervolgens zijn de gegevens gebruikt om de MOVE4 kaart te corrigeren, zie Figuur 22 tot en met 25. Deze kaarten vertegenwoordigen het eindresultaat. De soort breidt onder het scenario zijn areaal uit, echter in een tempo dat bepaald wordt door de dispersiecapaciteit. Net als voor de zaadbank en de dispersiecirkels neemt de verspreiding van peen in de tijd toe, vooral op de zandgronden. Feitelijk wordt hier gecorrigeerd voor het gebrek aan (goede) inventarisatiegegevens. De soort komt veelvuldig in bermen en op andere plekken voor, maar initieel is dat niet op de kaarten terug te vinden.

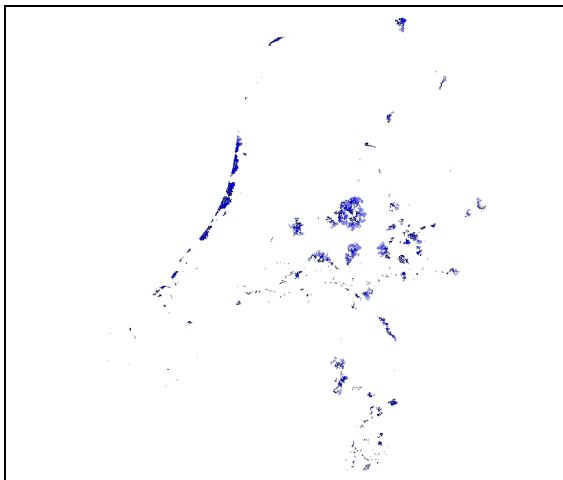
Behalve dus dat de initialisatiekaarten hier te kort schieten werkt de modellenketen hier goed, de soort breidt zich uit. Echter volgens DIMO is het potentiële verspreidingsgebied veel groter dan volgens MOVE mogelijk is. Hierin zit duidelijk een discrepantie voor heel Nederland. Deels kan dit terecht zijn en zijn de omstandigheden dusdanig dat peen niet op alle potentiële plekken ook daadwerkelijk kan voor komen. Echter, zoals als gezegd, het is bekend dat peen zich wel op veel plaatsen bevindt en dus ergens in de modelketen een fout wordt gemaakt, waardoor MOVE op veel plekken geen peen voorspeld. Validatie van de keten voor DIMO kan aangeven waar het probleem zich bevindt, maar gebaseerd op eerdere validatie van SMART2-SUMO2 ligt het probleem waarschijnlijk bij of de vertalingmodule van fysieke waarden naar Ellenberggetallen en of bij MOVE4.



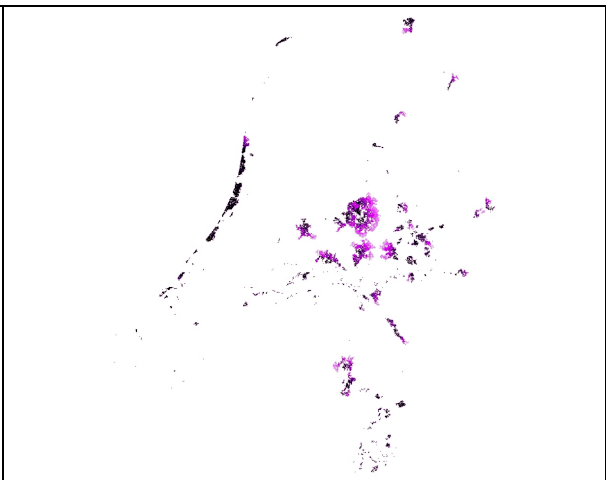
Figuur 18: Het voorkomen van Daucus carota volgens het dispersiemodel in 1990. Hoe donkerder de kleur, hoe langer de soort al aanwezig is.



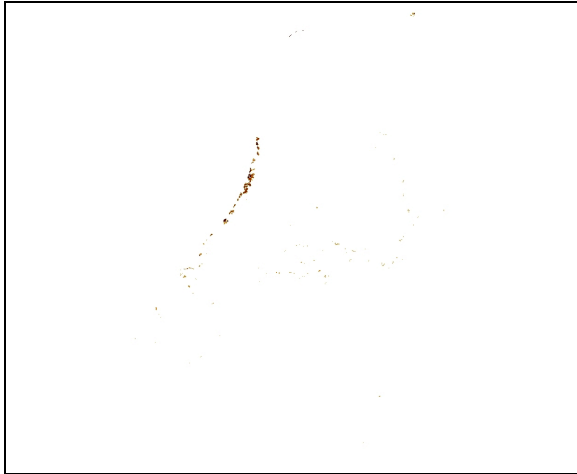
Figuur 19: Het voorkomen van Daucus carota volgens het dispersiemodel in 2000. Hoe donkerder de kleur, hoe langer de soort al aanwezig is.



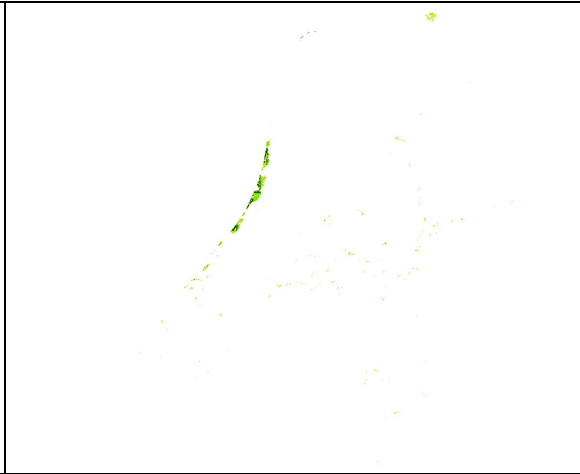
Figuur 20: Het voorkomen van Daucus carota volgens het dispersiemodel in 2010. Hoe donkerder de kleur, hoe langer de soort al aanwezig is.



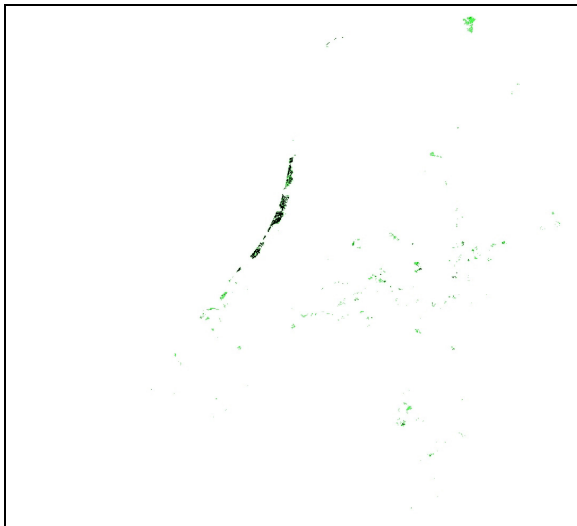
Figuur 21: Het voorkomen van Daucus carota volgens het dispersiemodel in 2020. Hoe donkerder de kleur, hoe langer de soort al aanwezig is.



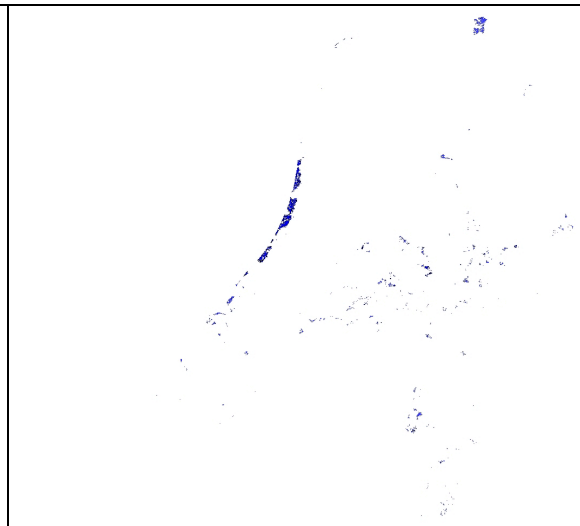
Figuur 22: De kans op voorkomen van Daucus carota na correctie door het dispersiemodel in 1990. Hoe donkerder de kleur, hoe hoger de kans op voorkomen.



Figuur 23: De kans op voorkomen van Daucus carota na correctie door het dispersiemodel in 2000. Hoe donkerder de kleur, hoe hoger de kans op voorkomen.



Figuur 24: De kans op voorkomen van Daucus carota na correctie door het dispersiemodel in 2010. Hoe donkerder de kleur, hoe hoger de kans op voorkomen.



Figuur 25: De kans op voorkomen van Daucus carota na correctie door het dispersiemodel in 2020. Hoe donkerder de kleur, hoe hoger de kans op voorkomen.

4 Kalibratie

DIMO in de huidige versie is niet gekalibreerd. Het model kan wel gekalibreerd worden, de mogelijk te kalibreren parameters worden hierna besproken.

Uitgangspunten

Voor alle parameterwaarden die nu in DIMO worden gebruikt zijn of berekeningen op basis van waarnemingen of experimenten gebruikt of expertkennis. We zijn ervan uitgegaan dat de berekeningen correct waren, hoewel er zeker ruimte is voor kalibratie. Dit geldt voor de parameters die op data uit LEDA zijn gebaseerd, vooral de dispersieafstanden. Winddispersie is gebaseerd op valsnelheid van zaden, waterdispersie is gebaseerd op het drijfvermogen van zaden en zaad kiemrust op experimenten met litterbags (zie ook Knevel *et al.*, 2005). Al deze parameters bevatten een onzekerheid, maar wij hebben de gemiddelde waarden gebruikt en zijn daar mee verder gegaan, zonder ze aan te passen. Ook de expertschattingen zijn niet aangepast. Ook voor de validatie is niet gekalibreerd en gezien de resultaten is er niet direct een aanleiding om dat nu wel te doen.

Eventueel te kalibreren parameters

Wanneer er verder wordt getest kan het noodzakelijk blijken om toch het model te kalibreren. In principe komen alle parameterwaarden daarvoor in aanmerking. Het is echter verstandig om de kalibratie te beperken tot een paar parameters en daarvoor of parameters te gebruiken waarvan de onzekerheid bekend is en dan binnen deze onzekerheid te blijven of parameters te gebruiken waarvan de onzekerheid heel groot is of onbekend. Daarnaast is het weinig zinvol parameters te gebruiken voor kalibratie waarvoor het model vrij ongevoelig is. Een gevoeligheidsanalyse kan die parameters aan het licht brengen en deze vervolgens wellicht overbodig maken.

In de categorie parameters waar veel van bekend is met een onzekerheid vallen de meeste parameters gebaseerd op de LEDA-database: winddispersieafstand, waterdispersieafstand, dierdispersieafstand en zaadbankleeftijd (aantal jaren levend in de zaadbank) en kiemrust en leeftijd tot eerste zaadzetting. Voor de soorten waar deze informatie voor beschikbaar is, wordt vaak met een gemiddelde gewerkt waar dus ook een standaardfout bekend is. Voor de daadwerkelijke dispersieafstanden wordt een curve gebruikt, waar nu het éénpercentiel wordt gebruikt, maar dit zou ook het vijfpercentiel kunnen zijn. Wel wordt aangeraden om niet buiten het 95% betrouwbaarheidsinterval te gaan bij kalibratie. Voor de soorten waar de dispersieafstand op basis van expertkennis is geschat, zou een andere marge kunnen worden aangehouden, hoewel de schattingen vaak vrij goed overeenkomen met de berekeningen, daar waar een overlap is tussen beide.

De parameters waar we weinig van weten zijn vaak zaadbankleeftijd en verder vooral de data gerelateerd aan de invoerkaarten, zoals al eerder bleek voor wilde peen. Hiervoor zou dus vooral bij de initialisatie grotere marges kunnen worden gebruikt. Echter de problemen kunnen ook deels worden ondervangen door langer te initialiseren zodat modellen en startgegevens beter in evenwicht raken. Dan valt de mogelijkheid af om de initialisatiekaarten te gebruiken voor kalibratie.

5 Validatie en gevoeligheidsanalyse

5.1 Validatie

DIMO is gevalideerd voor de plantensoort *Juncus tenuis* (Figuur 26). De tengere rus is van oorsprong een exoot en is begin 19^e eeuw in Nederland en België geïntroduceerd. Tussen 1821 en 1824 is de soort op drie plaatsen gevonden: De Bilt, Antwerpen en Breda. Halverwege de 19^e eeuw was het al een algemene soort op de zandgronden van Noord-Brabant, Utrecht, Gelderland en Overijssel. Nu komt de soort overal in pleistoceen Nederland voor, inclusief Zuid-Limburg (bron: De Ecologische Flora van Nederland, deel 5, Weeda *et al.*, 1987). Voor de dispersiecapaciteit zijn de waarden voor *Juncus articulatus* (zomprus, zie Tabel 4) gebruikt. Omdat we geen modelrun beschikbaar hebben van SMART2-SUMO2-MOVE4 hebben we aangenomen dat de EHS een geschikt habitat vormt voor de soort. Daarnaast is er een run uitgevoerd met heel Nederland als geschikt habitat, behalve de stedelijke gebieden.

Figuur 27 geeft de drie bronpopulaties waarmee de start van de dispersie, rond 1825, is gemodelleerd. Als wordt aangenomen dat alleen de EHS geschikt habitat is dan blijft de verspreiding van de soort beperkt tot een deel van de hogere zandgronden (Figuur 28). Er zijn onoverbrugbare afstanden aanwezig in het landschap, in dit geval ongeschikt habitat, voor de soort om heel Nederland te koloniseren.

Als wordt aangenomen dat heel Nederland geschikt habitat is dan verloopt de dispersie anders. Geleidelijk aan wordt bijna geheel Nederland gekoloniseerd (Figuur 29 tot en met 36). De veldwaarnemingen geven aan dat de gemodelleerde dispersie ongeveer 10 jaar achter loopt op de waargenomen dispersie. Dit verschil over een periode van 175 jaar vinden wij nagenoeg verwaarloosbaar. Voor deze soort is DIMO betrouwbaar genoeg om een goede modelvoorspelling te doen. Op basis van het aantal gemeten punten dat binnen en buiten het dispersiegebied ligt kunnen geen conclusies worden getrokken, deels omdat waarnemingen overlappen. Belangrijker is het waarnemingen effect; sommige gebieden zijn beter, vaker en dichter bemonstert dan andere, hierdoor wordt een absolute vergelijking onmogelijk.



Figuur 26: Bloeiaar van *Juncus tenuis* (tengere rus)

Een maat voor de nauwkeurigheid van de modelrun kan het verschil in afstand zijn tussen het front van de simulaties en de waarnemingen. Dit is per decade uitgezet voor de waarnemingen die buiten het gesimuleerde verspreidingsgebied liggen (Tabel 5). Er is variatie aanwezig in de afstand die het model als het ware achter loopt op de werkelijkheid, maar die is nooit erg groot. De minimum- en maximumwaarde varieert van 2,6 km tot 28,3 km, gemiddeld per decade varieert het van 2,6 tot 22,1 km, met een gemiddelde over de hele periode van 9,8 km.

Er kan ook gekeken worden naar het aantal en percentage waarnemingen dat zich binnen en buiten het verspreidingsgebied bevindt (Tabel 6). Het percentage varieert van 67% tot 100% (de laatste op basis van een waarneming in de decade), gemiddeld ligt 95% van de waarnemingen binnen het gesimuleerde verspreidingsgebied. Ook dit is een tot tevredenheid stemmend percentage, echter de waarnemingen zijn niet random verdeeld, waardoor een goede statistisch verantwoorde toets niet mogelijk is. Door toeval kan in de ene decade veel opnamen gemaakt zijn buiten het dispersiegebied

en omgekeerd, wat een vertekend beeld geeft. Verder kunnen opnamen op de verkeerde plekken zijn gemaakt, zij zijn immers niet gemaakt met als doel *Juncus tenuis*, wat tot een fout overzicht kan leiden.

Tot slot kan als een maat voor de nauwkeurigheid de afstand van de waarnemingen buiten het dispersiegebied tot het front van het dispersiegebied gedeeld door de totale afgelegde dispersie worden genomen. Deze optie is hier nog niet verder uitgewerkt, behalve voor de eindvoorspelling. De totale dispersieafstand van de dichtstbijzijnde oorspronkelijke bron (De Bilt) is ongeveer 155 km en de gemiddelde afwijking voor deze decade is 18,7 km. Dit leidt tot een onderschatting van $18,7/155 * 100\% = 12\%$ van de totale dispersieafstand. Ook dit resultaat stemt tot tevredenheid, al lijkt verbetering zeker mogelijk.

Met de hier gegeven modelruns is een aspect van DIMO gevalideerd, dispersie van een invasieve soort door middel van dieren, inclusief de effecten van barrières en het effect van niet geschikt habitat. Effecten van de zaadbank, de SynBioSys- en FLORON-gegevens, winddispersie en het effect van germination delay (vooral voor soorten die pas na jaren weer zaad maken) zijn niet getoetst. Het nog niet volledig ingebouwde effect van waterdispersie is uiteraard ook nog niet gevalideerd. Daarnaast is er slechts gevalideerd voor een soort, terwijl er ruim 900 soorten door DIMO kunnen worden gemodelleerd. De validatie van het model is dus minimaal en zou nog beter kunnen worden uitgevoerd, het liefst ook met inbegrip van dispersie uit ons omringende landen. Het beste moment hiervoor lijkt te zijn nadat de inbouw van waterdispersie is afgerond en getest. Er dient dan ook nader onderzoek te worden gedaan wat een goede en betrouwbare validatiemaat is voor het model.

DIMO is gevalideerd voor een soort die alleen gebruik maakt van dispersie door middel van dieren. Hoewel de resultaten daarvan bemoedigend zijn, is het te weinig om het model gevalideerd te noemen. Wind dispersie, water dispersie, het effect van barrières en de invloed van gridcelgrootte dienen nog te worden gevalideerd.

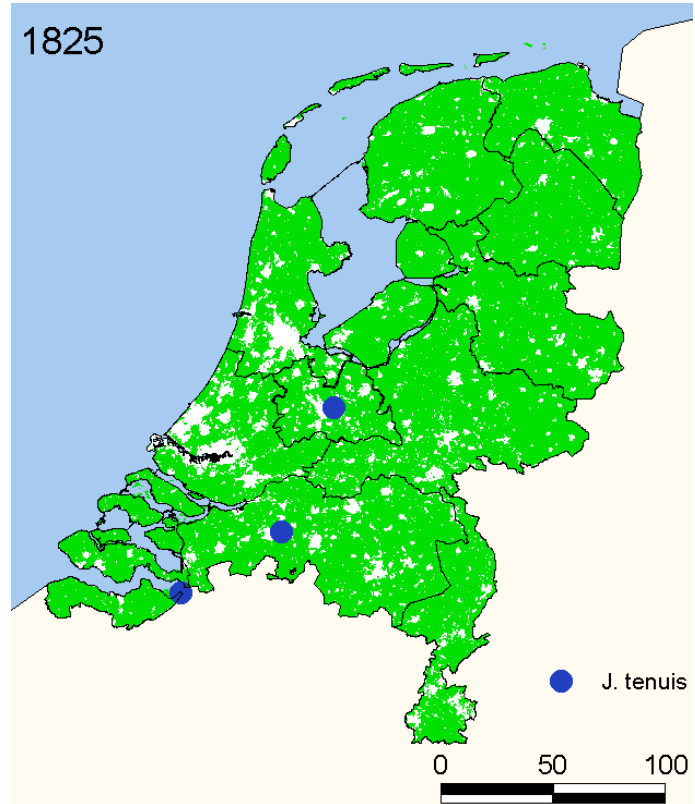
Tabel 5: Gemiddelde afstand tussen het dispersiefront gesimuleerd door DIMO en de waarnemingen die buiten het dispersiefront liggen per decade voor Juncus tenuis (met gem.: gemiddelde, std: standard deviatie, min: minimum afstand en max: maximum afstand).

Decade	Aantal waarnemingen	Afstand tot het front (m)			
		gem.	std	min	max
1931-1940	5	7,4	7,7	0,8	15,8
1941-1950	2	10,7	0,6	10,2	11,2
1951-1960	1	2,6		2,6	2,6
1971-1980	31	7,0	4,0	0,4	21,7
1981-1990	4	22,1	6,9	12,6	28,4
1991-2000	6	18,7	4,4	10,4	22,7
totaal	49	9,8	7,0	0,4	28,3

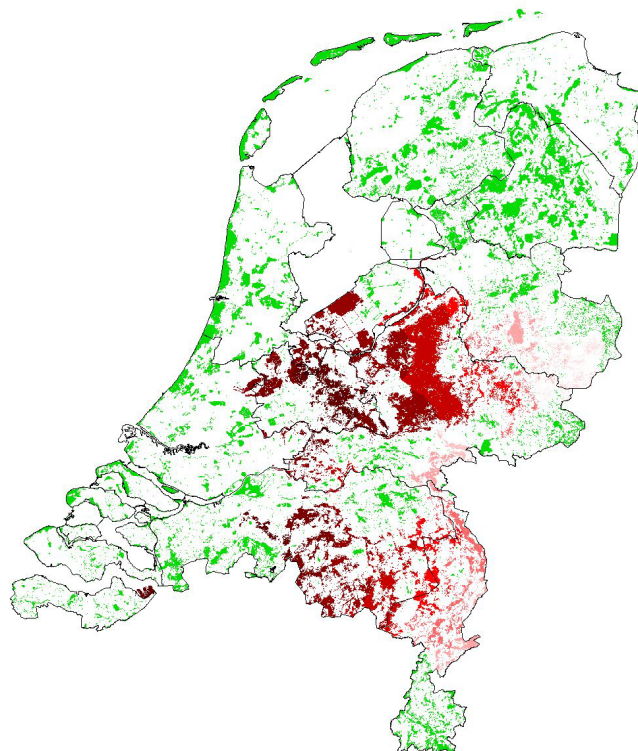
Tabel 6: Aantal en percentage waarnemingen dat zich binnen en buiten het gesimuleerde verspreidingsgebied voor Juncus tenuis bevindt per decade.

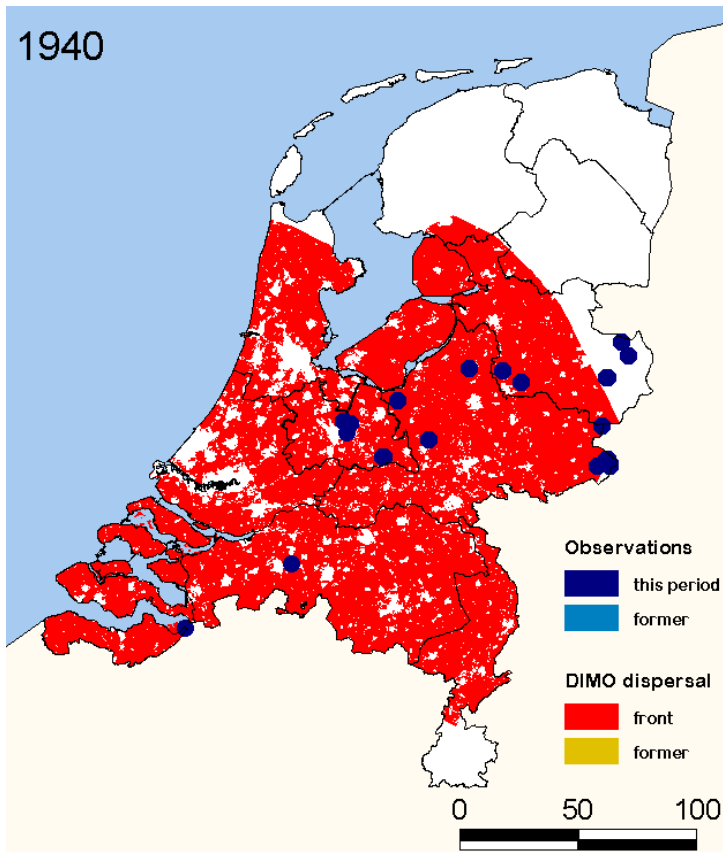
Decade	Aantal waarnemingen			% buiten	% binnen
	totaal	buiten	binnen		
1931-1940	23	5	18	22	78
1941-1950	6	2	4	33	67
1951-1960	9	1	8	11	89
1961-1970	27	0	27	0	100
1971-1980	244	31	213	13	87
1981-1990	216	4	212	2	98
1991-2000	486	6	480	1	99
totaal	1011	49	962	5	95

Figuur 27: Bronpopulaties van Juncus tenuis rond 1825. De groene vlakken geven potentieel geschikt habitat aan voor de soort.

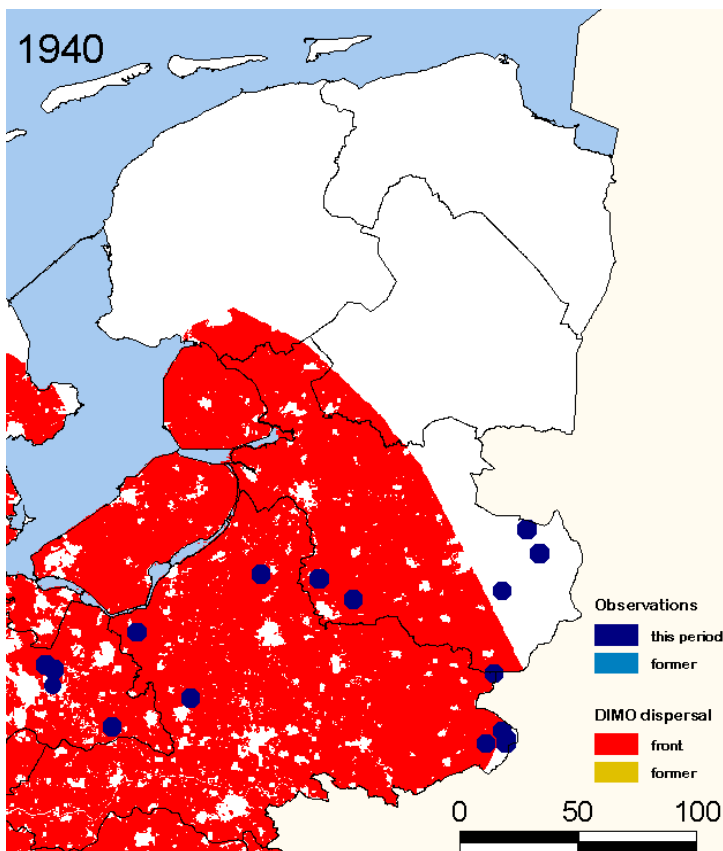


Figuur 28: Dispersie van Juncus tenuis vanuit drie bronpopulaties. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel de huidige EHS geschikt habitatgebied is. Hoe donkerder rood de kleur hoe langer het gebied al gekoloniseerd is. De groene kleur geeft de EHS.



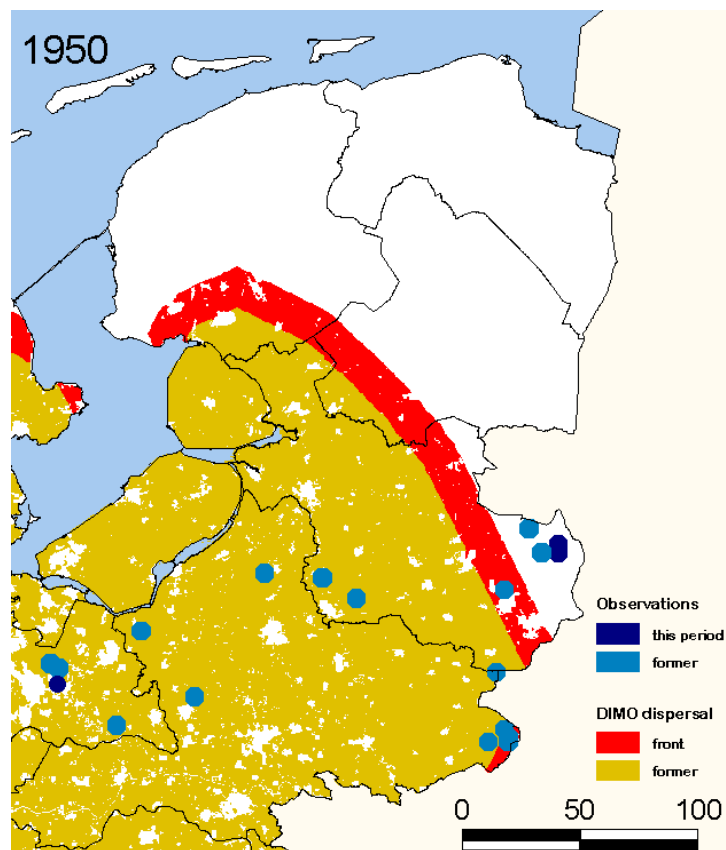


Figuur 29: Populaties van Juncus tenuis rond 1940 (blauwe stippen). De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.

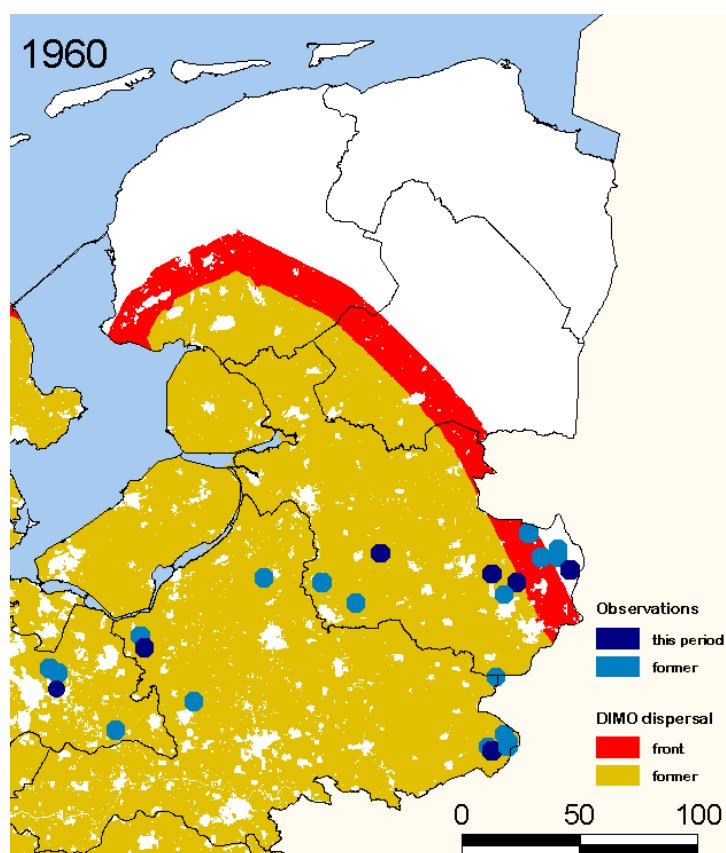


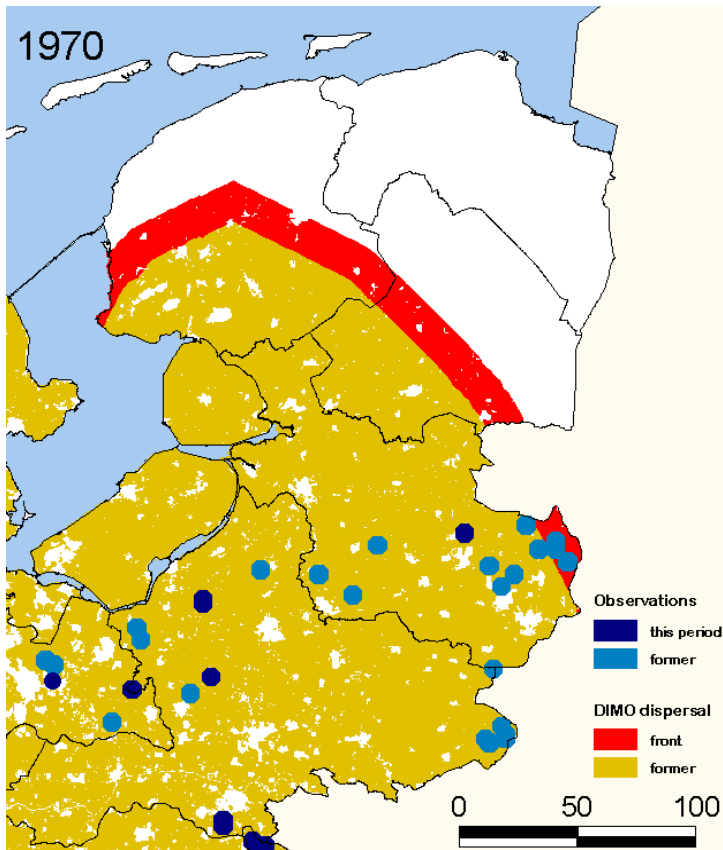
Figuur 30: Populaties van Juncus tenuis rond 1940 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is. Dit figuur is een uitsnede van Figuur 29.

Figuur 31: Populaties van Juncus tenuis in 1950 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.

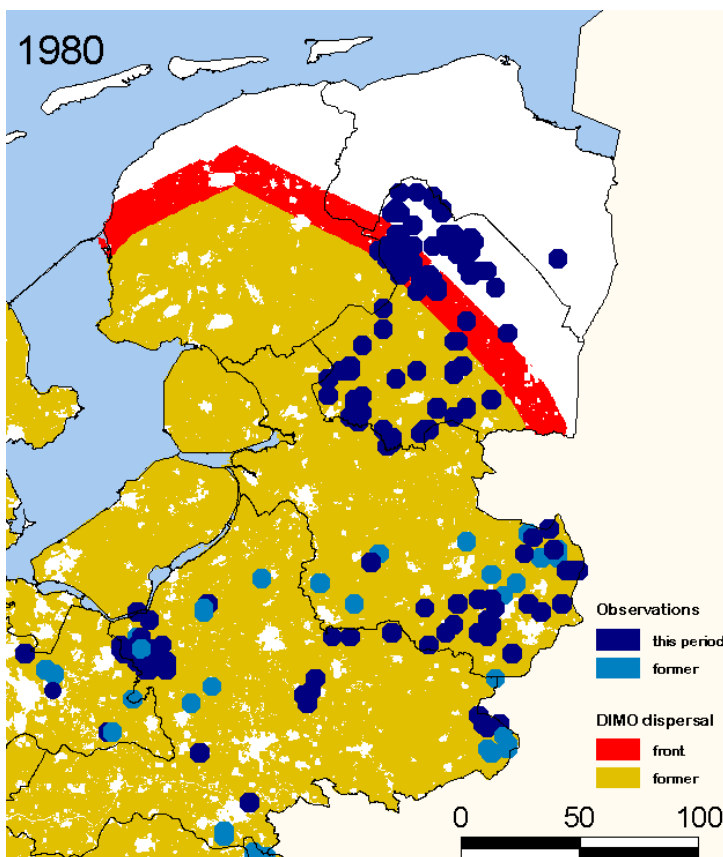


Figuur 32: Populaties van Juncus tenuis in 1960 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.



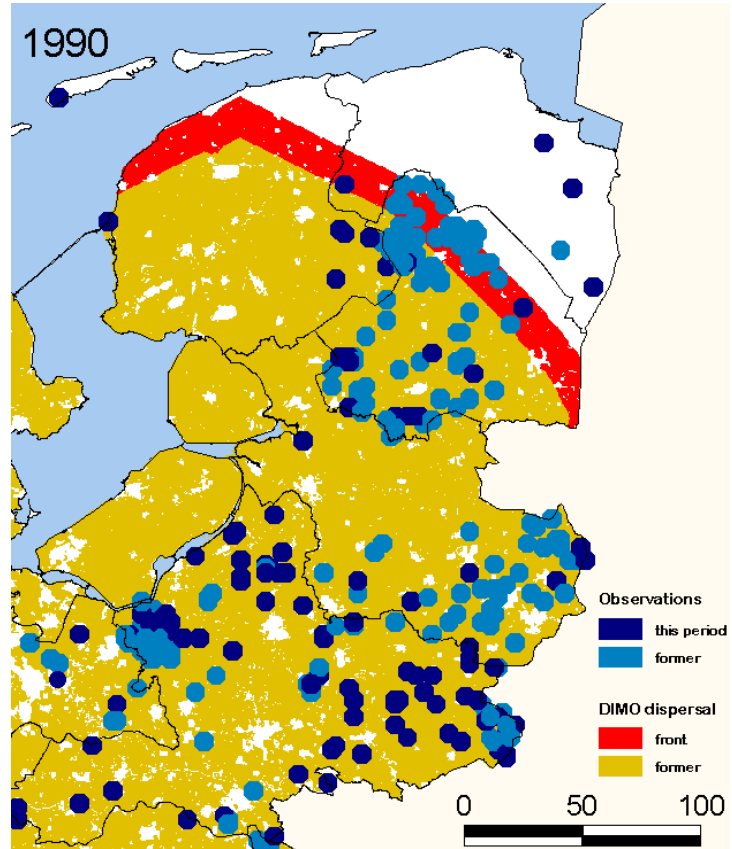


Figuur 33: Populaties van Juncus tenuis in 1970 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.

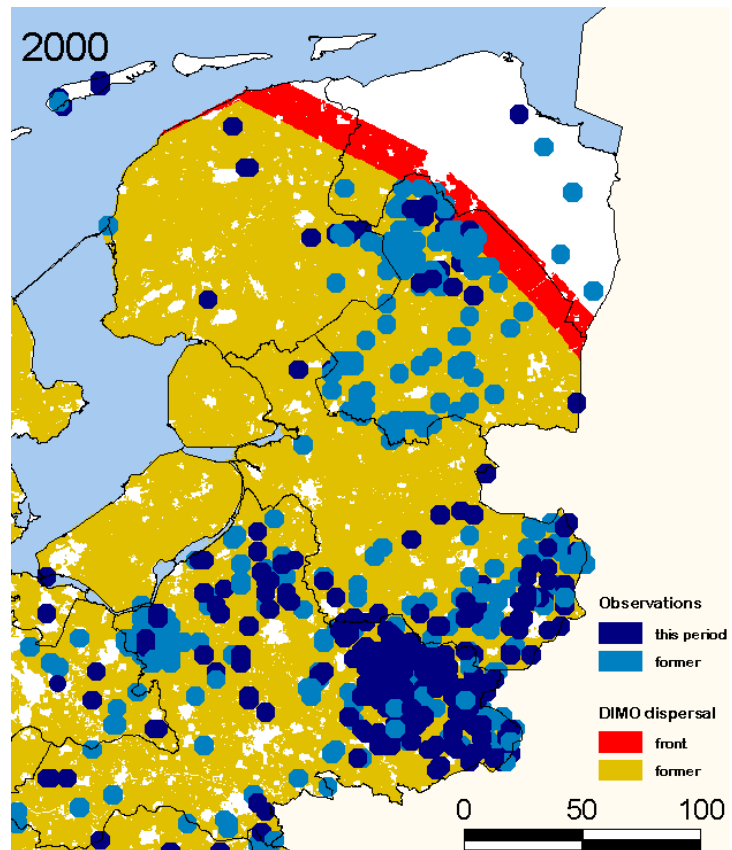


Figuur 34: Populaties van Juncus tenuis in 1980 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.

Figuur 35: Populaties van Juncus tenuis in 1990 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.



Figuur 36: Populaties van Juncus tenuis in 2000 (blauwe stippen) voor Noordoost-Nederland. De rode kleur geeft het potentiële verspreidingsgebied voor de soort volgens DIMO, aannemend dat heel Nederland exclusief de steden geschikt habitat is.



5.2 Gevoeligheidsanalyse

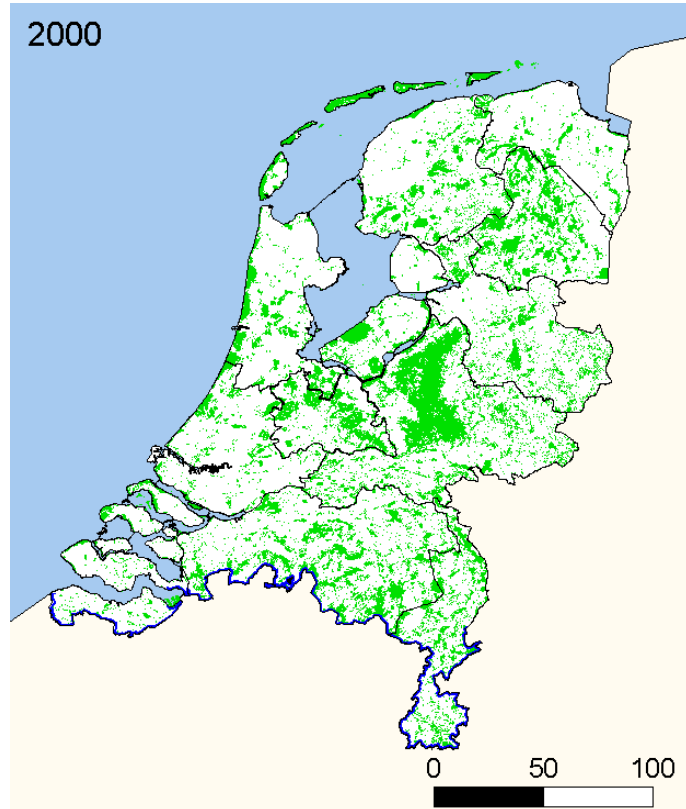
De modelrun met *Juncus tenuis* geeft al een deel van de gevoeligheid en onzekerheid weer van DIMO. Wanneer aangenomen wordt dat alleen de EHS geschikt habitat is dan simuleert het model dat in 2000 slechts een beperkt deel van het geschikte habitat gekoloniseerd wordt. Metingen geven aan dat in werkelijkheid nagenoeg het hele land gekoloniseerd is. Alleen als aangenomen wordt dat vrijwel heel Nederland geschikt habitat is dan komen de simulaties overeen met de metingen. Op zich is dit zeker voor de periode tot 1950 het geval. Het model is dus gevoelig voor de geschiktheid van het habitat, normaal uitvoer uit de modellen SMART2-SUMO2-MOVE. De onzekerheden in deze modellen werken door in de onzekerheid in de uitkomst van DIMO. Verwacht mag worden dat dit effect groter is naarmate de dispersieafstand van de soort kleiner is, zij hebben meer dichtbij elkaar gelegen geschikt habitat nodig om door het land te dispergeren. Om dit verder te testen is een fictieve soort gecreëerd met een dispersieafstand van 2 km door de wind, met een germination delay van 1 jaar. De soort is niet gevoelig voor barrières als wegen enz. Aangenomen is dat deze soort vanuit België ons land probeert te bereiken (Figuur 38). DIMO is voor deze soort gedraaid met alleen de EHS als geschikt habitat. De soort is vrij goed in staat het oostelijk deel van Nederland te koloniseren.

Echter omdat in het westen er weinig goed habitat aanwezig is, dat ver uit elkaar ligt is het voor deze soort niet mogelijk om West-Nederland te koloniseren (Figuur 39). Zelfs een redelijke goed dispersor is dus niet in staat om de EHS in het westelijk deel van Nederland zodanig te gebruiken dat het in staat is daar bestaand habitat te koloniseren. Daarnaast laat de run zien dat water ook een belangrijke barrière kan vormen. Hoewel de soort volop in Zeeuws-Vlaanderen aanwezig is, is de soort niet in staat om de Oosterschelde over te steken en vandaar de andere Zeeuwse eilanden en de duinen in West-Nederland te bereiken. Bijkomend probleem is dat de inrichting van Nederland niet stabiel is. Nieuwe barrières zijn in de loop van de tijd ontstaan en beïnvloeden zo ook de dispersiemogelijkheden van sommige soorten. Voor de validatie op basis van gegevens uit het verleden valt dit vrij makkelijk op te vangen door ook steeds nieuwe barrière, maar ook habitat, kaarten aan te bieden. Als we dit ook willen doen voor toekomstverkenningen dan moeten hiervoor scenario's worden gemaakt. Verouderde habitat- en barrièrekaarten kunnen zowel tot een overschatting als een onderschatting van de dispersie leiden.

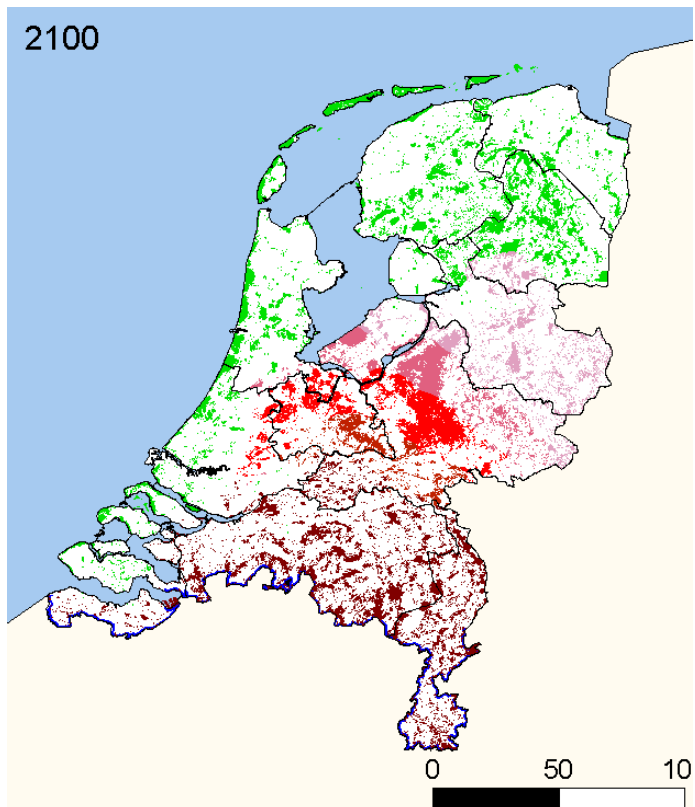
Een andere belangrijke bron van onzekerheid vormt de dispersieafstand. Voor veel soorten is hierover weinig kwantitatiefs bekend. Vaak wordt teruggevallen op morfologische kenmerken of zelfs geheel en al op expert schattingen. Dit laatste vergroot de onzekerheid, maar ook de metingen moeten nog steeds voor veel soorten als tamelijk onzeker worden beschouwd. De tests met de verschillende soorten geeft aan dat DIMO ook gevoelig is voor de dispersieafstand van een soort, zoals mocht worden verwacht. Soorten met een grotere dispersiecapaciteit kunnen in kortere tijd een bepaalde afstand afleggen dan soorten met een slechte dispersiecapaciteit.

Omdat de analyse op basis van de validatie een beperkt inzicht geeft in de gevoeligheid van het model is er ook een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hiertoe zijn een aantal parameters gevarieerd, waarbij steeds een combinatie van een gevarieerde parameter met een vaste set van overige parameters is gedraaid met DIMO (de parameterwaarden staan vermeld in Tabel 7). Voor windkracht wordt een relatieve maat gegeven. Bijvoorbeeld 2 betekent dat de dominante windrichting tweemaal zo sterk is als de andere windrichtingen.

Figuur 37: Aanwezigheid (uitgangssituatie) van een fictieve soort aan de Nederlandse grens met een winddispersiecapaciteit van 2 km (in blauw). In groen geschikt habitat voor de soort (EHS).



Figuur 38: Aanwezigheid van een fictieve soort na 100 jaar dispersie gesimuleerd door DIMO vanuit de Nederlands Belgische grens met een winddispersiecapaciteit van 2 km. In blauw de verspreiding aan het begin van de run, in groen geschikt habitat voor de soort (EHS) en in verschillende tinten rood gekoloniseerd habitat. Hoe donkerder de kleur rood, hoe langer de soort al aanwezig is.



Tabel 7: Parameterwaarden die gebruikt zijn voor het draaien van een gevoeligheidsanalyse voor DIMO. De gedraaide combinaties staan in Bijlage 7. De windkracht geeft de relatieve maat ten opzichte van de krachtigste winrichting. De Barrièrewerking wordt als 1 of 2 aangegeven, waarbij 1 geen barrière en 2 een ondoorlatende barrière voor dieren aan geeft.

Dispersie-afstand wind (m)	Windkracht (-)	Dispersie-afstand dier (m)	Germination delay (j)	Barrière (-)	Gridcel-grootte (m)
0,1	1	0	0	1	25
200	1.5	50	5	2	250
400	2	200	10		1000
800	2.5	1000	25		
1000		10000			
1600					

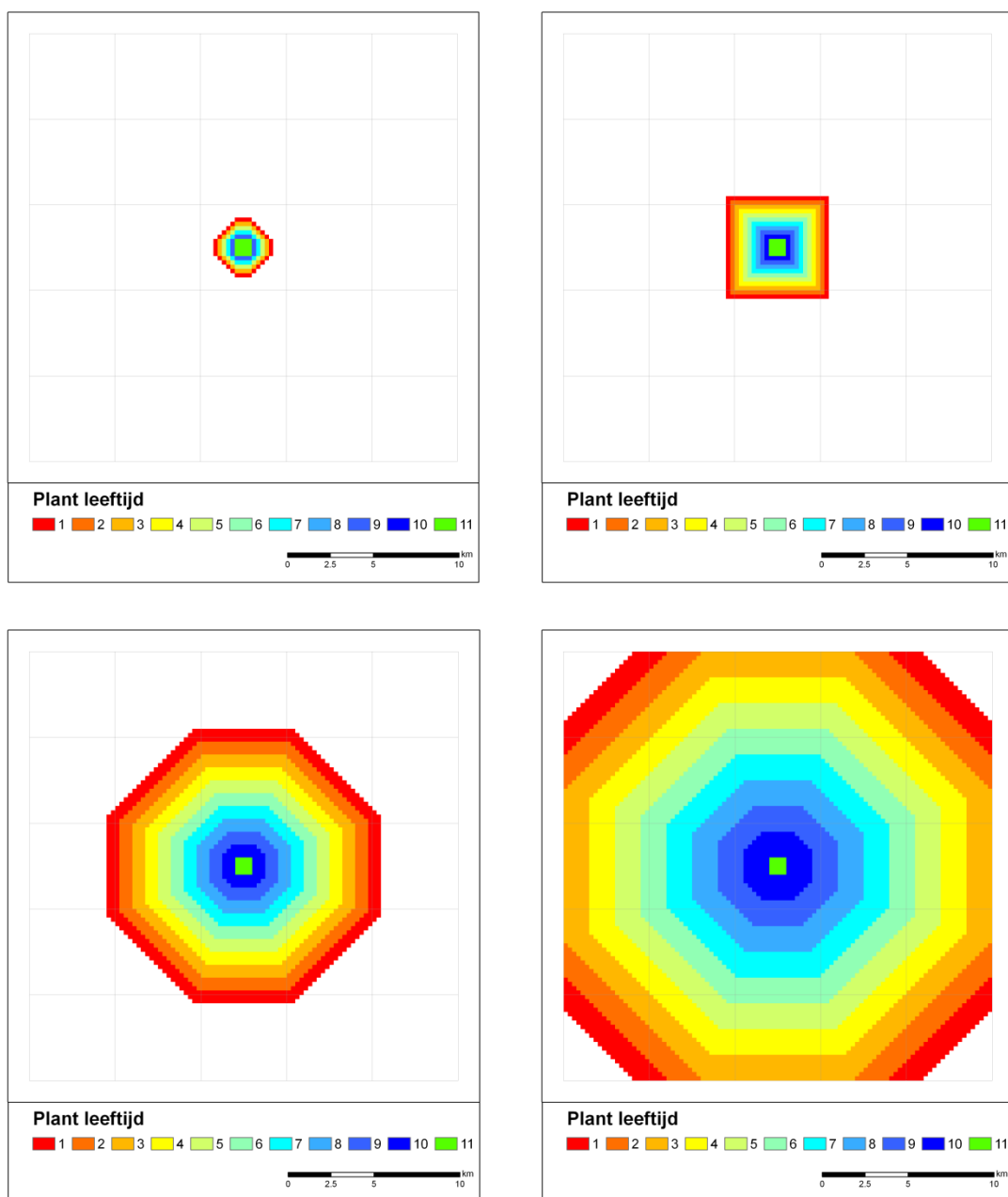
Na het draaien van de verschillende scenario's met DIMO zijn voor al deze scenario's de maximale dispersieafstanden van de planten bepaald. Hiervoor is een hulpkaart, EuclidDist, gemaakt met als celwaarde de kortste afstand tot de initiële plantenbroncellen (zie Bijlage 8). Deze EuclidDist-kaart is gemaakt voor de drie gridcelgroottes in de verschillende scenario's. Het combineren van de PlantAge-dispersiekaarten en de EuclidDist-kaart geeft de dispersieafstanden per PlantAge-leeftijdsklasse. De werkwijze was als volgt:

1. Draai DIMO voor alle gewenste scenario's.
2. Importeer de PlantAge-kaarten in ArcGIS.
3. Maak in ArcGIS EuclideanDistance kaarten:
 - a. inhoud: euclidische afstand tot originele plantpopulaties;
 - b. voor alle gridgroottes uit de gedraaide DIMO scenario's, hier: 25*25, 250*250 en 1000*1000 meter cellen;
 - c. voor broncellen plantpopulaties zijn gebruikt de plantinvoerkaarten: PlantAge_0025, PlantAge_0250 en PlantAge_1000;
 - d. werkwijze: ArcInfo: ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Distance – Euclidean Distance.
4. Bereken de dispersiestatistieken: uiteindelijk plantbereik door dispersie:
 - a. statistieken: gemiddelde, std, min, max, range dispersieafstand;
 - b. voor alle leeftijdsklassen in de uiteindelijke PlantAge-kaarten;
 - c. werkwijze: ArcInfo: ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Zonal – Zonal Statistics as Table; parameters: zone field: VALUE en Ignore NoData: false; geef extensie .dbf;
 - d. lees in in Excel. Selecteer jongste leeftijdswaarde per scenario voor de maximale dispersiewaarden per scenario; selecteer alle leeftijdswaarden voor het verloop in dispersie per scenario.

Alle runs zijn uitgevoerd met een fictief grid van 25 bij 25 km. DIMO is 10 jaar gedraaid, behalve voor de gevoeligheidsanalyse van germination delay, waar 30 jaar is gedraaid. De resultaten worden gepresenteerd als grafieken en voor een deel als dispersieplaatjes. De figuren bestaan steeds uit twee sets per gevarieerde parameter, een met de maximale dispersieafstand per gevarieerde parameterwaarde voor de 10 respectievelijk 30 jaar van de run en een figuur met de maximaal gedispergeerde afstand in 10 resp. 30 jaar per parameter.

Winddispersie

De verschillen in winddispersieafstand geven na 10 jaar zoals mocht worden verwacht verschillen in dispersieafstand te zien (Figuur 39; De winddispersie van 0,1 m wordt niet gegeven omdat die binnen 10 jaar niet één gridcel uit komt, zoals mocht worden verwacht). In de beperkte runperiode van 10 jaar zijn de verschillen in dispersie groot. Dit betekent dan ook dat er veel belang moet worden gehecht aan het goed schatten van de dispersieafstand van soorten. Op basis van de uitkomsten is er een fout geconstateerd in DIMO. De vormen van de dispersiefiguren zijn niet gelijk.

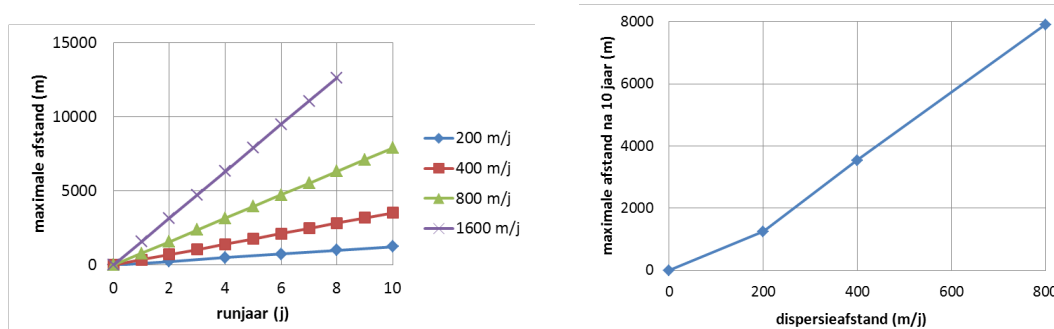


*Figuur 39: Dispersie van een fictieve plantensoort als gevolg van verschillen in winddispersieafstand. Gegeven wordt de leeftijd van de planten per gridcel (250*250m) na een run van 10 jaar, met linksboven dispersieafstand van 200 m/j, rechtsboven 400 m/j, links beneden 800 m/j en rechts beneden 1600 m/j.*

Figuur 39 rechtsboven laat een vierkant dispersiefront zien voor een dispersie van 400 m/j. Voor elke tijdstap wordt op basis van de dispersieafstand berekend welke cellen bereikt kunnen worden. Vaak zal er dan een restafstand over blijven, bijvoorbeeld bij celgrootte 250*250 m en bij een dispersieafstand van 400 m blijft er bij een rechte dispersie 150 m over en bij een diagonale 45 m. Die restafstanden worden weggegooid, maar zouden moeten worden bewaard, de soort is immers ook al voor een deel door de nieuwe cel gedispergeerd. Het effect is dat sommige diagonale cellen niet bereikt worden via diagonale dispersie, maar in een later jaar door rechte dispersie vanuit een nabijgelegen cel. Het geeft dus een onderschatting van de dispersiecapaciteit voor sommige

diagonale cellen. In de meeste gevallen is het effect niet heel erg groot, vooral in situaties waar er meer zaadbronnen zijn en er dus niet zoals hier wordt gemodelleerd vanuit een punt.

De maximale dispersie met verschillende dispersieafstanden verloopt zoals verwacht mag worden in deze run regelmatig (Figuur 40). En hoe groter de dispersieafstand per jaar hoe groter de ook daadwerkelijk gerealiseerde afstand. De gerealiseerde dispersieafstand neemt ook min of meer lineair toe. De knik in Figuur 40 wordt veroorzaakt door het hierboven beschreven effect van het niet meenemen van de restafstand bij de dispersie. De regressiecoëfficiënt is ondanks dit gebrek nagenoeg 1, wat aangeeft dat de gerealiseerde dispersie na bijvoorbeeld 10 jaar nagenoeg een op een toeneemt met een toename in dispersievermogen per jaar.



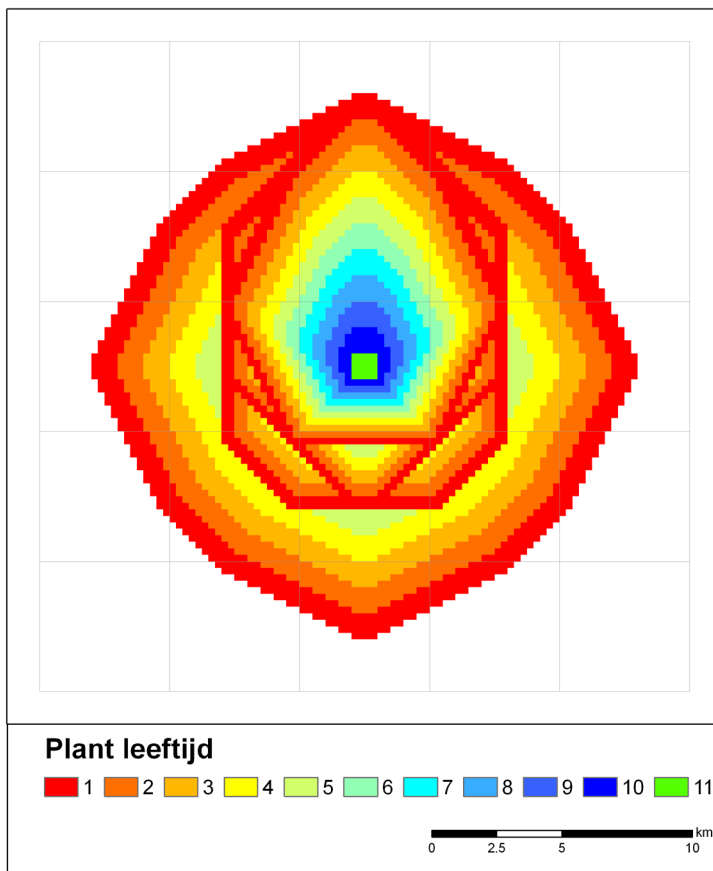
Figuur 40: Maximale dispersieafstand voor verschillende winddispersiesnelheden (links) en de maximale dispersieafstand na 10 jaar per dispersieafstand (rechts). In beide figuren zijn dispersieafstanden groter dan de gebruikte kaart (25*25 km) weg gelaten.

Windkracht

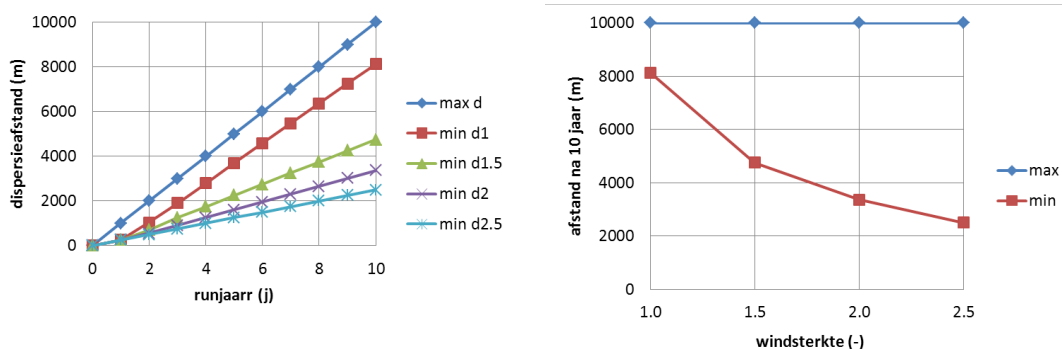
Het variëren van de windkracht laat een duidelijk effect zien (Figuur 41). Bij een dominante wind uit het zuiden worden andere dan de noordelijke richting minder goed bereikt. Er is in DIMO voor gekozen om de maximale dispersieafstand van een soort (de ingelezen parameterwaarde) te handhaven om het effect van windrichting te modelleren waarmee de dispersieafstand van de andere richtingen wordt ingeperkt. Daarom wordt de meest noordelijke punt bij alle variaties in het effect van windsterkte bereikt, maar gaat de dispersie in de andere richtingen minder ver.

Omdat de maximale dispersieafstand niet varieert is voor de vergelijking naar het effect van de windkracht gekeken naar de minimale gerealiseerde dispersieafstand (Figuur 40). Ook bij geen effect van de windkracht is er verschil tussen de maximale en minimale afstand. De maximale afstand staat voor de daadwerkelijk maximaal berekende dispersieafstand. De minimale wordt berekend op basis van de range van cellen die in dat jaar bereikt wordt, waardoor de afstand dus kleiner is dan de maximale afstand, waard alleen de uiterste cel wordt die bereikt wordt, wordt meegenomen. De laatste methode is toegepast om de dispersieafstanden onder verschillende windkrachten te berekenen. Alle resultaten laten een lineaire toename in afgelegde afstand zien, zoals mocht worden verwacht.

Daarnaast zijn er verschillen tussen de afgelegde afstand aanwezig als gevolg van verschillen in windkracht. Naarmate de verschillen in windkracht groter worden, wordt het effect op de afgelegde afstand kleiner. Dit wordt veroorzaakt door de rekenmethode, het relatieve verschil tussen 1,0 en 1,5 is immers groter dan het relatieve verschil tussen 2,0 en 2,5 (zie ook Figuur 42 rechterfiguur). Dit geeft aan dat het goed bepalen van relatief kleine verschillen in windkracht belangrijker is dan de hele grote verschillen. Dit alles maakt dat het model waarschijnlijk minder gevoelig is voor de windkracht en richting van de wind dan voor variatie in de dispersiesnelheid zelf (door wind en dieren).



Figuur 41: Dispersie na 10 jaar beïnvloed door de windsterkte. De windsterkte is gevarieerd van 1,0 (in elke windrichting gelijke sterkte) via 1,5 en 2,0 tot 2,5 (windsterkte vanuit het zuiden 2,5 maal zo sterk dan de andere windrichtingen). De resultaten zijn over elkaar geplakt, met windsterkte 1,0 als onderste en 2,5 als bovenste. De maximale dispersieafstand is 1000 m en voor alle windsterktes gelijk, dit geeft in de andere dan noordelijke richtingen dus minder dispersie naarmate de verschillen in windkracht groter worden.

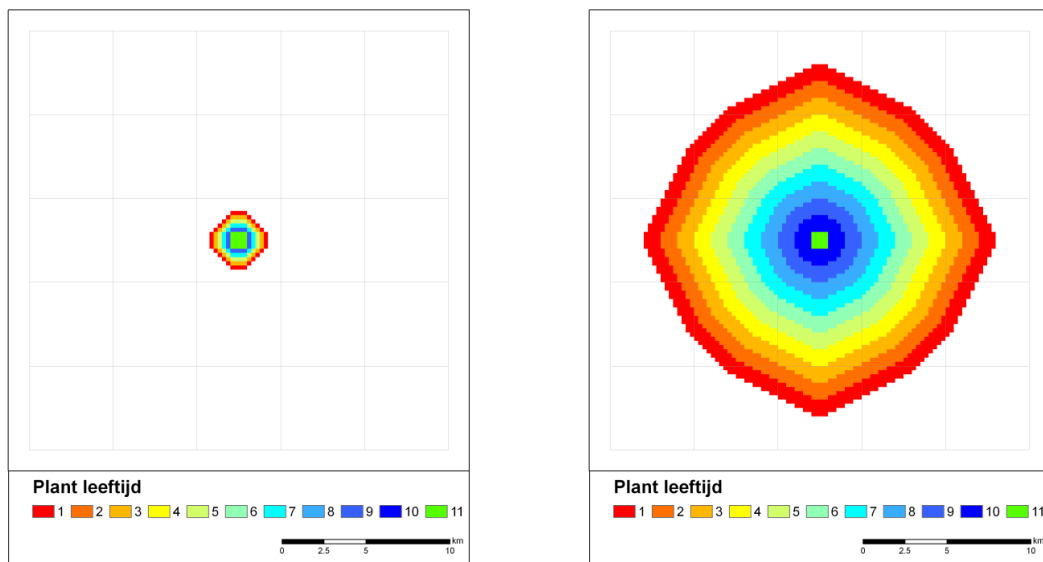


Figuur 42: De maximale en minimale dispersieafstanden per runjaar voor de verschillende windsterktes (links) en de minimale en maximale dispersieafstand na 10 jaar per windsterkte (rechts). De windsterkte is gevarieerd van 1,0 (in elke windrichting gelijke sterkte) via 1,5 en 2,0 tot 2,5 (windsterkte vanuit het zuiden 2,5 maal zo sterk dan de andere windrichtingen). Omdat de maximale afstand steeds gelijk is wordt voor allen ook de minimale afstand gegeven.

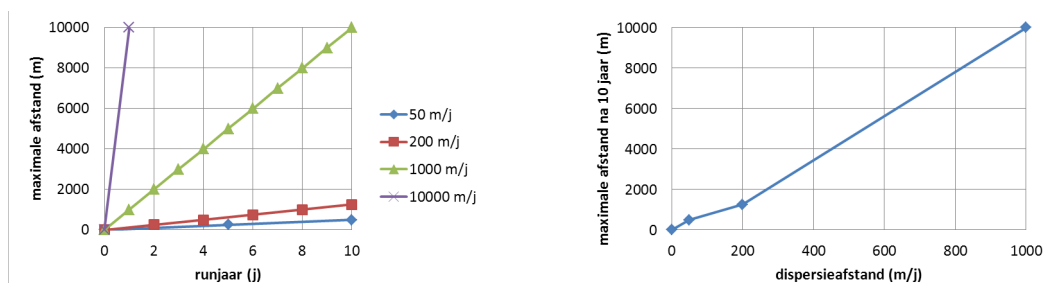
Dierdispersie

Figuur 43 geeft twee voorbeelden van de dispersie door middel van dieren. De dispersieafstand na 10 jaar is groter naarmate de dispersieafstand per jaar groter is, zoals mag worden verwacht. Ook hier speelt echter weer het effect van het niet meenemen van de restwaarde na dispersie. Dispersie van 1000 m/j vormt in combinatie met een gridcelgrootte van 250 m echter een bijzonder geval, omdat hier bij rechte dispersie er geen restwaarde is, immers 1000 is deelbaar door 250 zonder dat er restwaarde over blijft (het resultaat is een integer). Hierdoor is de dispersie in rechte lijn dus niet beperkt door de modelfout en geeft dit figuur een ander beeld dan de andere figuren (inclusief winddispersie) waar dat wel het geval is.

De afgelegde dispersieafstand in de tijd (Figuur 44) geeft als resultaat rechte lijnen zoals mag worden verwacht en geeft een verschillende afgelegde afstand bij een verschillende dispersieafstand per jaar. De in 10 jaar afgelegde maximale afstand laat een niet geheel rechte lijn zien voor de verschillende dispersiesnelheden per jaar. Dit komt overeen met de winddispersie en is ook te wijten aan hetzelfde probleem, het niet meenemen van de restwaarde na de dispersie. Zonder barrières is het effect van winddispersie en dierdispersie hetzelfde, de onzekerheden in de waarden kunnen echter nogal verschillend zijn. De dispersiecapaciteit van via de wind is meestal gebaseerd op basis van redelijk betrouwbare metingen en berekeningen, terwijl voor dierdispersie vaker moet worden teruggevallen op anekdotische informatie en expert schattingen.



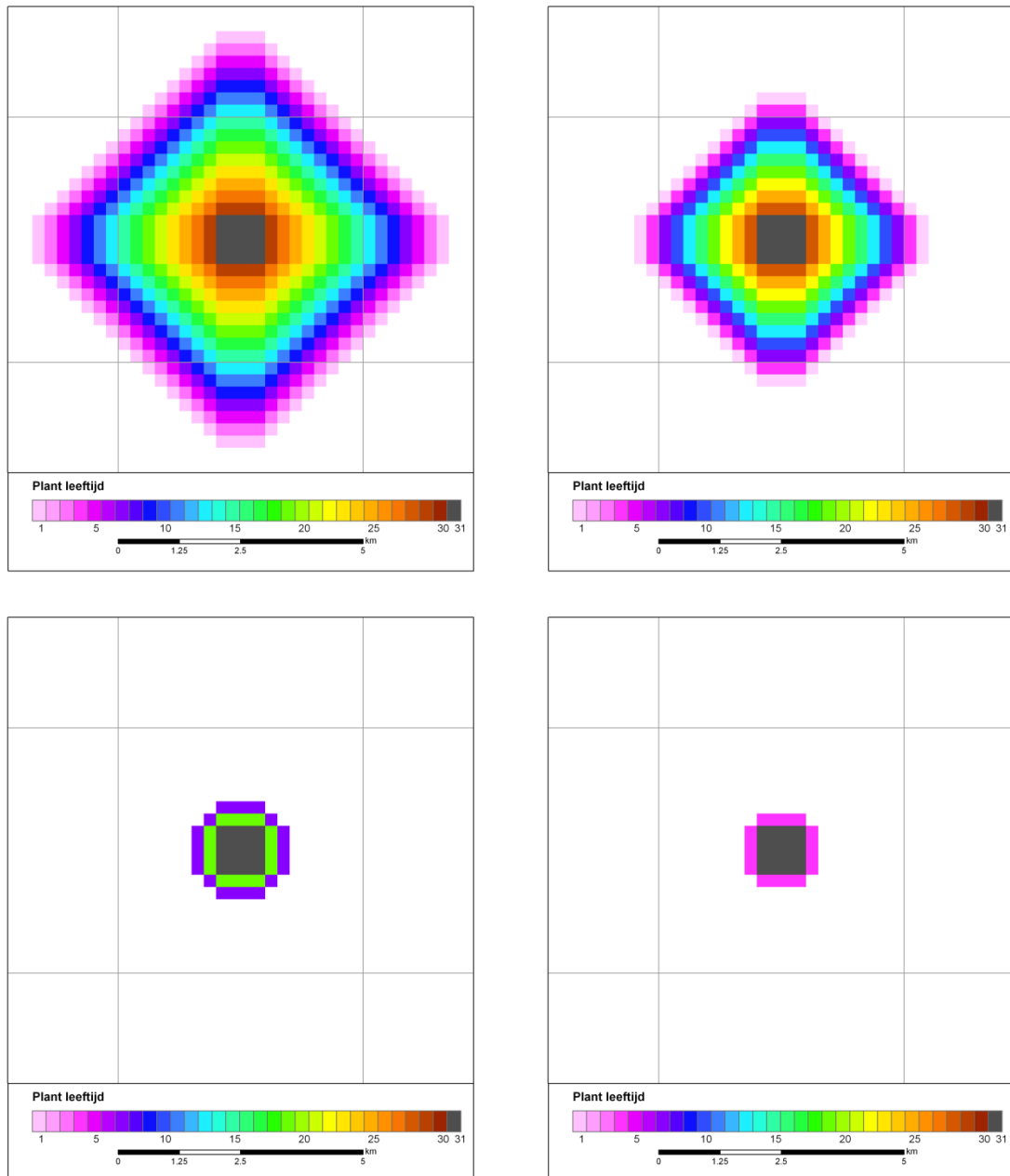
Figuur 43. Dispersie door middel van dieren voor twee dispersiesnelheden: 200 m/j (links) en 1000 m/j (rechts).



Figuur 44. De maximale dispersieafstanden per runjaar voor de verschillende dierdispersie afstanden (links) en de maximale dispersieafstand na 10 jaar per dispersieafstand (rechts). In beide figuren zijn dispersieafstanden groter dan de gebruikte kaart (25 * 25 km) weg gelaten.

Germination delay

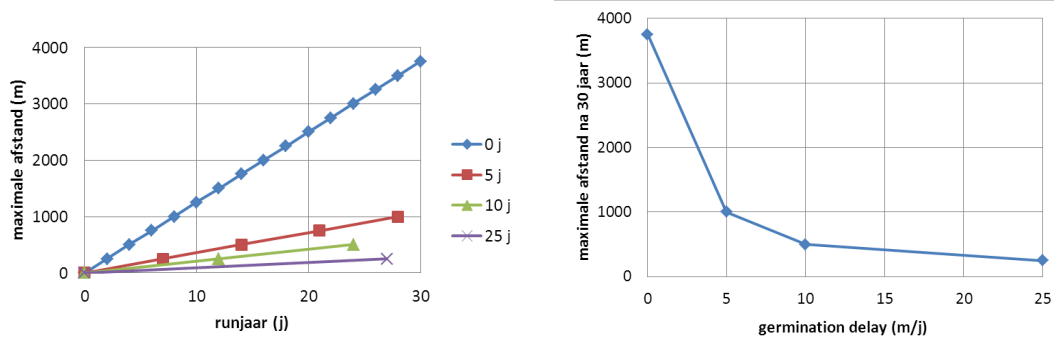
Onder de term germination delay wordt het effect van zaad *dormancy* (kiemrust) en generatieduur (een eik heeft jaren nodig om voor het eerst eikels te produceren) verstaan. Hoe lager de waarde hoe sneller er zaden worden geproduceerd en er weer dispersie kan plaats vinden. Een germination delay van 0 betekent dat in het jaar nadat er zaad is gearriveerd in een cel er al weer zaad wordt geproduceerd (bijvoorbeeld winterannuellen of eenjarigen).



Figuur 45: Winddispersie (200 m/j) met vier verschillende waarden voor 'germination delay', 0 jaar (linksboven), 1 jaar (rechtsboven), 10 jaar (links beneden) en 25 jaar (rechts beneden).

Dat verschil in germination delay een groot effect kan hebben wordt zichtbaar in Figuur 45 (met een winddispersie van 200m/j). Zoals verwacht mag worden zorgt een germination delay van 25 jaar ervoor dat na 30 jaar er nog nauwelijks dispersie heeft plaats gevonden vanuit de bronpopulatie,

terwijl bij 0 jaar een groot deel van de cellen na 30 jaar zijn gevuld met de gemodelleerde soort. Naarmate de germination delay langer duurt wordt de gerealiseerde dispersieafstand kleiner, zoals mag worden verwacht. De dispersieafstand per jaar is lineair en verschilt dus per parameterwaarde (Figuur 46). Net als bij het effect van de windsterkte geeft een lineair verschil in germination delay geen lineair effect op de dispersieafstand, hetgeen volgens de verwachting is. Hierbij is het effect tussen 0 en 1 jaar relatief groot ten opzichte van het effect tussen 10 en 25 jaar (Figuur 45 en Figuur 46 rechts). De gevoeligheid van het model voor germination delay is groot te noemen en waarschijnlijk net zo belangrijk als de dispersieafstand zelf. Net als voor het effect van de windkracht geldt ook hier dat het belangrijker is om de lage waarden voor germination delay goed te schatten dan de hoge waarden. Dat is in dit geval gunstig vanwege de tijdsperiode van waarnemen die er gemeoid is met het vaststellen van zowel het doorbreken van kiemrust als de periode tot de eerste zaadzetting.



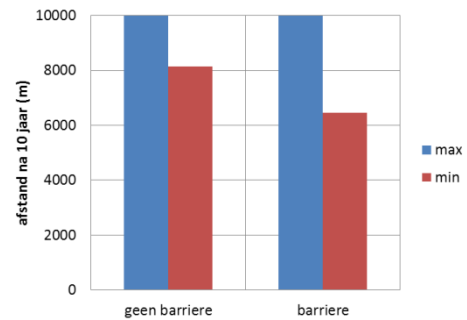
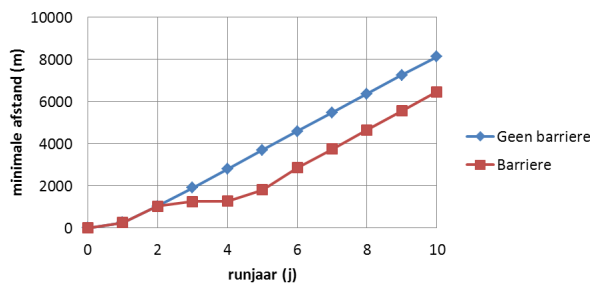
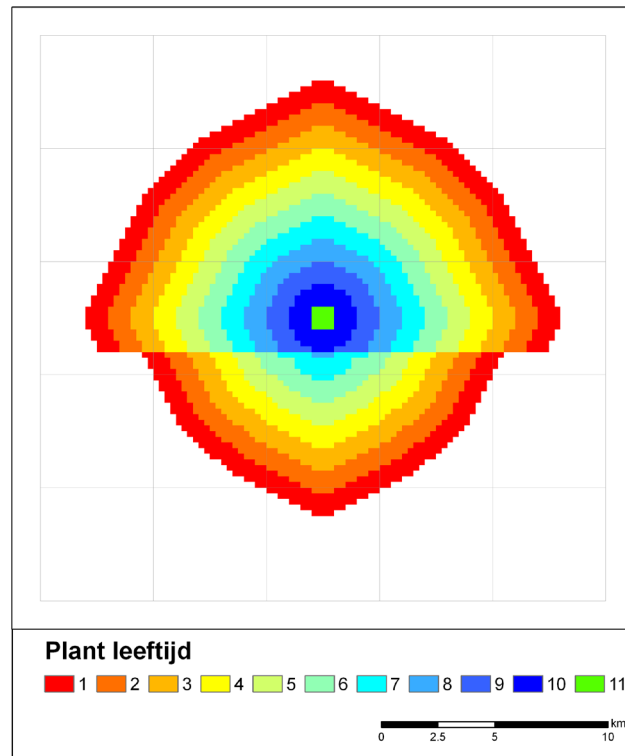
Figuur 46. De maximale dispersieafstanden per runjaar voor de verschillende germination delay waarden (links) en de maximale dispersieafstand na 30 jaar per germination delay waarde (rechts).

Barrière

Er is een run uitgevoerd met en zonder barrière voor een soort die 1000 m/j door dieren wordt gedispergeerd en 200 m/j door de wind. De barrière is absoluut voor de dieren, zij kunnen er dus niet door heen. Omdat door soort ook door de wind wordt verspreid kan winddispersie de soort over de barrière helpen, waarna aan de andere kant de dierspersion het zaad weer verder kan verspreiden. Het effect van de barrière is zichtbaar in Figuur 47. Bij de barrière treedt een vertraging op in de dispersie omdat de wind met een kortere dispersievermogen de dispersie tijdelijk overneemt. Daarna gaat de dispersie weer door via de dieren met de snelheid die ook werd bereikt aan de andere kant van de barrière.

De minimale dispersie afstand laat ook het effect van de barrière duidelijk zien (Figuur 48), de dispersie is tijdelijk kleiner en loopt dan weer parallel met de maximale dispersie (de dispersie vanuit de bron zonder barrière, in dit geval in de noordrichting in Figuur 47). Hetzelfde beeld komt naar voren wanneer de totale dispersie wordt bekeken, zonder barrière en met barrière is de maximale dispersie afstand gelijk, want die ondervindt geen hinder van de barrière, door de dispersie in de noordrichting. De minimale dispersieafstand na 10 jaar geeft wel verschillen in dispersieafstand, veroorzaakt door de barrière (Figuur 48, rechter plaatje). Het effect van de barrière is in dit voorbeeld relatief klein en dus lijkt het model er relatief ongevoelig voor, dat heeft twee oorzaken, een redelijk grote winddispersie naast de dierspersion en dat de voorbeeldsoort ook door wind wordt verspreid. Een kleiner winddispersie zou tot grotere vertraging leiden van de dispersie en dus een grotere gevoeligheid geven. Een soort die niet door de wind verspreid zou worden (en ook niet op een andere manier) zal de barrière als een absolute barrière ervaren en dus niet voorbij de barrière komen. Het effect is dan dus heel erg groot, mede afhankelijk van de lengte van de barrière (kan de soort er om heen?). Het in kaart brengen van barrières is dus wel erg belangrijk voor een goed modelresultaat.

Figuur 47. Dispersie door middel van dieren (1000 m/j) en winddispersie (200 m/j) met een voor dieren volledig ondoorlatende barrière, van west naar oost lopend 1 km zuidelijk van de broncellen. De vergelijkbare run zonder barrière staat in Figuur 43 (rechter plaatje).



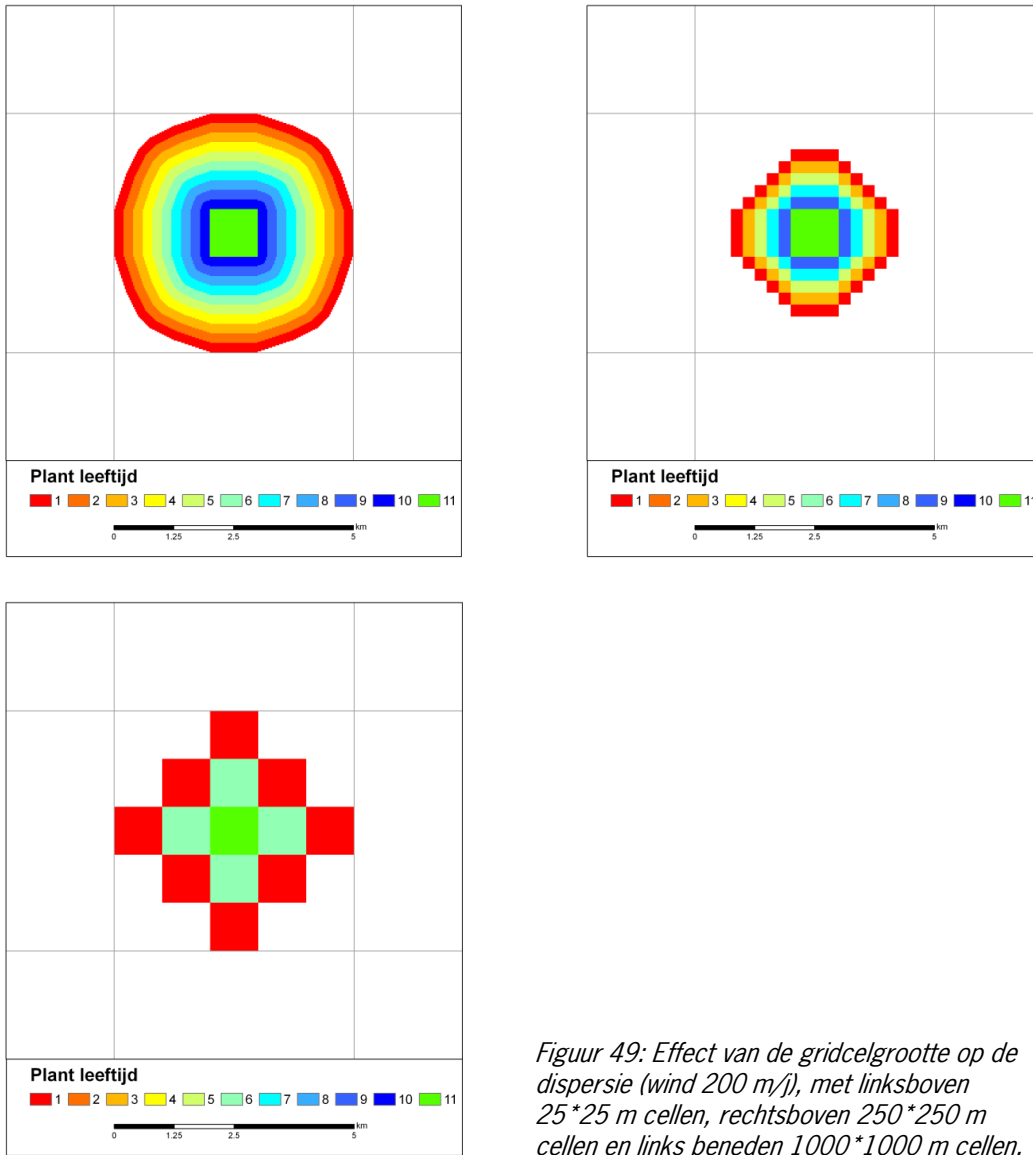
Figuur 48: De minimale dispersieafstanden per runjaar met en zonder barrière voor dieren met een winddispersie van 200 m en een dierspersie van 1000 m (links) en de maximale en minimale dispersieafstand na 10 jaar met en zonder barrière (rechts).

Gridcelgrootte

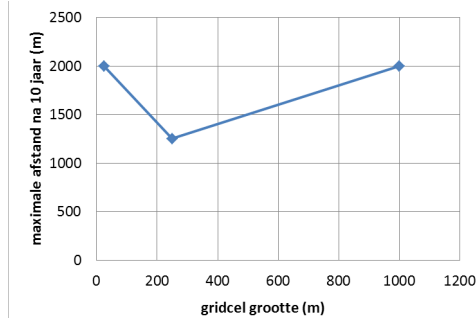
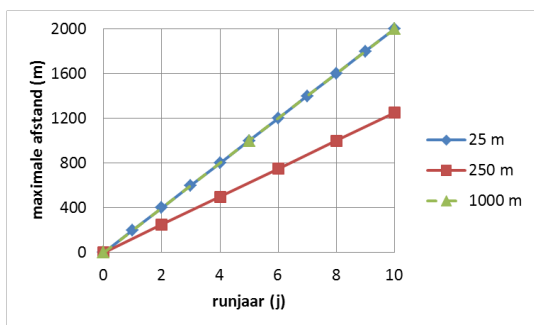
Het effect van gridcelgrootte is met drie runs geanalyseerd, met gridcelgroottes van 25*25 m, 250*250 m en 1000*1000 m. De overige parameters zijn gelijk gehouden: een kaart van 25*25 km en winddispersie van 200m/j. Zoals te zien in Figuur 49 geeft de kleinste gridcelgrootte, 25*25m, het meest gedetailleerde resultaat, hoe groter de gridcelgrootte hoe grover het resultaat. Dit komt overeen met de verwachting.

De maximale dispersieafstand na 10 jaar is gelijk bij gridcelgroottes van 25 en 1000 m (Figuur 49 linksboven en linksonder, en Figuur 50 rechts), net als de gemiddelde dispersieafstand per jaar (Figuur 50 links), beide zoals verwacht. De geringere dispersieafstand bij een gridcelgrootte van 250 m is een onderschatting, ook deze had maximaal 2 km in 10 jaar moeten zijn. Dit is toe te schrijven aan het al bij winddispersie genoemde effect dat dispersieafstanden boven de celgrootte niet onthouden worden voor het volgende dispersiejaar. Hoewel het effect dus duidelijk aanwezig is, is het niet heel erg groot; de 'fout' in het model geeft in het resultaat een beperkte onderschatting van de dispersie.

De resultaten geven daarmee aan dat de uiteindelijke dispersie ongevoelig is voor gridcelgrootte. Grotere gridcellen leiden wel tot grovere basiskaarten en daarmee grovere resultaatkaarten. Dit kan grotere onnauwkeurigheden in de uitkomsten opleveren. Daarom verdient het aanbeveling de gridcelgrootte te kiezen die het best pas bij de ecologische processen en beschikbare data.



*Figuur 49: Effect van de gridcelgrootte op de dispersie (wind 200 m/j), met linksboven 25*25 m cellen, rechtsboven 250*250 m cellen en links beneden 1000*1000 m cellen.*



Figuur 50: De maximale dispersieafstanden per runjaar voor drie gridcelgroottes (links) en de maximale dispersieafstand na 10 jaar gridcelgrootte (rechts).

6 Discussie

6.1 Algemeen

DIMO is nu als eerste modelversie beschikbaar. Het model is voor verschillende soorten getest, en voor één soort gevalideerd en voor dezelfde soort is er naar de gevoeligheid van het model gekeken. De validatie stemt tot tevredenheid en het model regeert zoals verwacht mag worden op de effecten van barrières en gaten in geschikte habitats.

Enkele factoren die een rol zullen spelen bij de modellering van dispersie zijn nog niet ingebouwd en aanvullingen op het model zijn daarom nog noodzakelijk. De belangrijkste daarvan is ongetwijfeld het effect van waterdispersie. De grondslagen hiervoor zijn vastgelegd in dit werkdocument.

Voorlopig worden de effecten van eutrofiëring en versnippering op de zaadhoeveelheid en hogere windsnelheden, veroorzaakt door klimaatverandering, zoals aangegeven door Soons *et al.* (2004) niet gemodelleerd. Het effect van de hoeveelheid zaad wordt niet meegenomen, zoals mastjaren bij boomsoorten. De gegevens hiervoor zijn onvoldoende aanwezig en ook verschillend per jaar. Een deel van de factoren die de hoeveelheid zaad beïnvloeden, zoals neerslag in een bepaald jaar, temperatuur enz. variëren niet in de modellen en zijn ook niet te simuleren. Een verandering in de stikstofbeschikbaarheid, of biomassagroei kan de zaadhoeveelheid ook beïnvloeden. Omdat dit wel wordt gemodelleerd door andere modellen in de Natuurplanner zou de zaadhoeveelheid hiervan afhankelijk kunnen worden gemaakt, echter elke soort kan hierop verschillend reageren en ook hierover ontbreekt de benodigde informatie.

Er wordt vanuit gegaan dat als een zaad zich ergens kan vestigen dit ook gebeurt, dat wil zeggen dat het kiemsucces 100% is (mits de abiotiek geschikt is). Dit geeft een overschatting van de vestiging van een soort.

De effecten van windkracht worden nu gerelateerd aan de dispersieafstand, dat wil zeggen dat de dispersieafstand alleen wordt bereikt voor de windrichting met de maximale windkracht. Alle andere richtingen zijn daar verhoudingsgewijs aan gerelateerd. Mocht de windsnelheid en kracht toenemen, bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering, dan heeft dat geen effect op de dispersieafstand. Dit is onwenselijk en dient in een volgende versie van het model verbeterd te worden. Het effect van grotere dispersieafstand als gevolg van klimaatverandering kan wel gemodelleerd worden door de dispersieafstand te vergroten. Het is echter wenselijk dat dit wordt bereikt op basis van de windsnelheid alleen.

De effecten van het gebruik van dierkudden, menselijk ingrijpen en vervoer van zaden en een gericht maai-beheer (van soortenrijk naar soortenarm) worden niet meegenomen.

Daarnaast zijn er grote effecten te verwachten van de hoeveelheid beschikbaar materiaal om de initiële toestand van zowel planeten als zaad verspreiding te schatten. De test voor *Daucus carota* laat dit duidelijk zien, het slechts beperkt beschikbaar zijn van data geeft daar een enorme onderschatting van het huidige voorkomen en daarmee een onderschatting van de aanwezigheid van de soort. Dit kan deels worden opgevangen door het model te initialiseren voor een aantal jaren. Echter in dit geval had dat ook niet geholpen omdat het model MOVE4 aan geeft dat de situatie ter plekke niet geschikt is voor de soort, wat onjuist is. Dit geeft een onderschatting van de dispersie. Verdere aannames en het effect daarvan op de modellering staan vermeld in Bijlage 1.

DIMO is nu gevalideerd voor een plantensoort, *Juncus tenuis*. Hoewel deze validatie er goed uitziet, is bredere validatie, tenminste voor de verschillende combinaties van dispersie en landschap, noodzakelijk. Het aantal soorten dat hiervoor beschikbaar is, zal gering zijn en valideren van algemene soorten die al lang in Nederland voorkomen lijkt vrijwel onmogelijk. De verspreiding van een validatiesoort zal op zijn minst veranderd moeten zijn in het verleden, en er moeten meetgegevens van beschikbaar zijn. Een mogelijkheid biedt de recent aangelegde polders in Nederland. Naast verdere validatie is ook een uitgebreide onzekerheidsanalyse en gevoeligheidsanalyse noodzakelijk. Onzekerheden en gevoeligheden zijn wel al deels in beeld gebracht, maar nog niet gekwantificeerd. Een analyse zal zich ook moeten richten op de kaarten voor de zaadbank en de huidige verspreiding, omdat daar een grote onzekerheid in wordt verwacht. Voor veel processen die bij dispersiespelen zijn beslissingen genomen, van wel of niet inbouwen tot nemen we het 1- of 5-percentiel van de dispersieafstand (zie ook Bijlage 1). Al deze beslissingen brengen onzekerheden met zich mee, die gekwantificeerd dienen te worden in de onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse. De beslissingen leiden vaak tot of een overschatting of een onderschatting van de dispersie van een soort. Deze zijn daar waar bekend wel aangegeven (Bijlage 1). Onze inschatting nu is dat over- en onderschattingen mekaar redelijk in evenwicht houden, dit blijkt ook uit de eerste validatie.

Het validatieprobleem heeft ook met databeschikbaarheid te maken, een essentieel punt in de modellering door DIMO. DIMO maakt gebruik van inventarisaties. Als deze landsdekkend zijn, kan er landsdekkend gedraaid worden. Maar voor Nederland zijn geen landsdekkende verspreidingskaarten beschikbaar. Voor de testen is gebruik gemaakt van een combinatie van alle data uit Turboveg en FLORON-gegevens. De testen laten echter duidelijk zien dat de gegevens verre van compleet zijn, zowel voor het heden als voor het verleden. Dat laatste is van belang voor het maken van een zaadbankkaart. Op een heel ander vlak is er ook een probleem met databeschikbaarheid. Hoewel de LEDA-database zeer uitgebreid is, bevat het in vergelijking met de datahonger van DIMO nog slechts informatie voor een beperkt aantal soorten. Voor veel soorten was het daarom nodig om terug te vallen op de gegevens voor dispersie uit het project *Robuuste verbindingzones* (zie Bijlage 4). Er is dan wel genoeg informatie beschikbaar om de 900 soorten die door MOVE4 worden gemodelleerd in DIMO in te bouwen.

lnmiddels is DIMO al voor twee projecten ingezet. Geertsema *et al.*, (2009) onderzochten met behulp van DIMO het effect van extra habitat voor een robuuste verbindingzone in Zuid-Limburg. Er kon worden aangetoond dat voor een bepaalde groep van plantensoorten het extra habitat een uitkomst bood en ze zich dankzij het extra habitat door het gebied konden verplaatsen. Zonder extra habitat nam het gekoloniseerde gebied niet toe, de natuurgebieden lagen dan te ver uiteen om vestiging in nieuwe gebieden mogelijk te maken. M. de Graaf (persoonlijke mededeling, Radboud Universiteit Nijmegen) hebben DIMO toegepast op een heel andere schaal. Zij hebben gekeken naar de geschiktheid voor herkolonisatie uit bronpopulaties van het Drents-Friesche woud door onder andere valkruid (*Arnica montana*).

Tijdens de onzekerheidsanalyse is er een fout in DIMO geconstateerd, waardoor de dispersie in sommige gevallen onderschat wordt. Deze fout is gedocumenteerd in Bijlage 9 en zal binnen een ander project worden opgelost.

6.2 Kritische beschouwing van DIMO

De eerste fase van de ontwikkeling van DIMO is afgerond en er is een in werkend model beschikbaar. Veel dingen zijn echter nog voor verbetering vatbaar. Er zijn testen uitgevoerd, maar slechts voor een beperkt aantal soorten. Het model omvat op het ogenblik parameterwaarden voor meer dan 500 soorten. Deze zijn op 12 soorten na niet individueel getest, wat eigenlijk wel zou moeten. De validatie

is slechts voor één soort uitgevoerd en alleen voor dierspersion. Alle andere vormen van dispersie, inclusief de zeer belangrijke water- en winddispersie moeten nog worden gevalideerd.

Een aantal effecten die een rol spelen bij vestiging en dispersie zijn nog niet meegenomen in het model (zie ook Bijlage 1). De kiemkans van zaden is daarvan een van de belangrijkste. Afhankelijk van abiotische en biotische omstandigheden zal een zaad kunnen kiemen. De abiotiek wordt geleverd door het model SMART2 en doorvertaald via MOVE4. De aanwezige biomassa speelt ook een belangrijke rol bij de kieming en deze is niet meegenomen. Het model SUMO2 is in staat om de benodigde informatie te leveren, op het ogenblik wordt de informatie uit SUMO2 niet verwerkt. Daarnaast is predatie van de zaden buiten beschouwing gelaten en wordt er geen rekening gehouden met de hoeveelheid zaden die worden geproduceerd.

In DIMO wordt gewerkt met een barrièrekaart. Deze kaart is voor één type dieren afgeleid, terwijl dispersie door een groot aantal diersoorten wordt gedaan.

De waterdispersie (alleen in de versies met waterdispersie) werkt met een waterkaart, waarin grote en kleine wateren met elkaar verboden zijn. Die kaart bevat echter fouten, sommige wateren zijn niet verbonden, waar in de werkelijkheid wel een verbinding aanwezig is. In andere gevallen is er juist een verbinding tussen de wateren waar die er in werkelijkheid niet is. Deze kaart behoeft dus verbetering. Bij waterdispersie wordt ook gebruik gemaakt van de stroomsnelheid, maar dat is een ruw inschatting en kan zeker verbeterd worden, datzelfde geldt voor de stroomrichting.

Voor een goede werking van DIMO voor realistische modelruns, dat wil zeggen voor bestaande gebieden, is het van belang goede invoerkaarten te hebben over het huidige voorkomen van de soorten en de zaadbanksamenstelling. Er is weliswaar veel informatie beschikbaar (FLORON, SynBioSys), maar de informatie is niet landsdekkend beschikbaar. Het ziet er ook niet naar uit dat dit snel compleet beschikbaar zal zijn. Dit betekent altijd een onderschatting van het huidige voorkomen van soorten en dus een onderschatting van de uitgangspunten voor DIMO. De situatie is erger voor de zaadbankkaart, omdat daarvoor niet alleen landsdekkende informatie van het heden, maar ook van het verleden tot soms verre verleden (meer dan 100 jaar) beschikbaar zou moeten zijn. Deze informatie zal wel nooit beschikbaar komen en dus is de zaadbankkaart altijd een onderschatting van de werkelijkheid. Uiteraard kunnen verspreidingskaarten en zaadbankkaarten wel op basis van expertinschattingen worden gemaakt, maar ook daarvan is de betrouwbaarheid beperkt.

DIMO maakt gebruik van de windkracht en richting voor de verspreiding via de wind. Daarvoor is de gemiddelde windkracht gebruikt, dit is echter niet getest, zodat onbekend is in hoeverre dit strookt met de werkelijkheid.

Modeltechnisch lijkt het model wel al voldoende van kwaliteit, uitgezonderd de in de discussie beschreven fout. In een volgende versie zal deze moeten worden opgelost.

DIMO kan zelfstandig draaien of in samenhang met andere modellen in de Natuurplanner. Het model sluit goed aan op MOVE4 dat de informatie over de toekomstige verspreiding van soorten berekend. Het concept van MOVE4 lijkt goed aan te sluiten bij dat van DIMO. De vertaling van de DIMO-resultaten naar de graadmeters in de Natuurplanner is geen probleem, omdat DIMO feitelijk gecorrigeerde MOVE4-uitkomsten oplevert in exact hetzelfde format. Wel is er een betere aansluiting mogelijk met SUMO2.

Literatuur

- Adrichem, M. H. C. van, F.G. Wortelboer & G.W.W. Wamelink (2010). *MOVE. MOdel for terrestrial VEgetation. Version 4.0*. WOt-werkdocument 153. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- CBS (1993). *Botanisch basisregister*. CBS, Voorburg.
- Geertsema, W., R.J.F. Bugter, M. van Eupen, S.A.M. van Rooij, T. van der Sluis & M. van der Veen (2009). *Robuuste verbindingen en klimaatverandering*. Alterra-rapport 1821. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Greft-van Rossum J.G.M. van der, R. Jochem & G.J. Franke (2010). *Dispersal Model. Development process & technical documentation*. Intern document. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Higgins, S. I., R. Nathan & M. L. Cain (2003). *Are long-distance dispersal events in plants usually caused by nonstandard means of dispersal?* Ecology 84:1945–1956.
- Hoek, D.C.J. van der & M. Bakkenes (2007). *Natuurplanner 3.0. Beschrijving en handleiding*. MNP Rapport 500067002/2007. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Hodgson, J.G., J.P. Grime, R. Hunt & K. Thompson (1995). *The electronic comparative plant ecology*. Chapman & Hall, London.
- Knevel, I.C., R.M. Bekker, J.P. Bakker & M. Kleyer (2003). *Life-history traits of the Northwest European flora: the LEDA*. Journal of Vegetation Science 14: 611-614.
- Knevel, I.C., R.M. Bekker, D. Kunzmann, M. Stadtler & K. Thompson (eds) (2005). *The LEDA traitbase collecting and measuring standards*. Scholma Druk b.v., Bedum, the Netherlands.
- Malinowska, A.H., J.G.M. van der Greft-van Rossum & G.W.W. Wamelink (2009). *Dimo 1.0. 1.0 Manual*. Alterra-rapport 1821. Alterra, Wageningen.
- Kros, J. (2002). *Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale*. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 284 p.
- Ozinga, W.A, R.M. Bekker, J.H.J. Schaminee & J.M. van Groenendael (2004). *Dispersal potential in plant communities depends on environmental conditions*. Ecology 92: 767–777.
- Ozinga, W.A., C. Römermann, R.M. Bekker, A. Prinzing, W.L.M. Tamis, J.H.J. Schaminée, S.M. Hennekens, K. Thompson, P. Poschlod, M. Kleyer, J.P. Bakker & J.M. van Groenendael (2009). *Dispersal failure contributes to plant losses in NW Europe*. Ecology Letters 12: 66–74.
- Pouwels, R., R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen, S.R. Hensen & J.G.M. van der Greft (2002). *LARCH voor ruimtelijk ecologische beoordelingen van landschappen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 492. Alterra Wageningen UR, Wageningen
- Runhaar J., J. Clement, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink, W. & E.P.A.G. Schouwenberg (2005). *Hotspots floristische biodiversiteit*. WOt-rapport 9. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- Soons, M. B., G. W. Heil, R. Nathan & G. G. Katul (2004). *Determinants of long-distance seed dispersal by wind in grasslands*. Ecology 85:3056–3068.
- Soons, M.B. & W. A. Ozinga (2005). *How important is long-distance seed dispersal for the regional survival of plant species?* Diversity and Distributions 11: 165-172.

- Thompson, K., J. P. Bakker & R. M. Bekker (1997). *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wamelink, G.W.W., P.W. Goedhart, J.Y. Frissel, R.M.A. Wegman, P.A. Slim & H.F. van Dobben (2007). *Response curves for plant species and vegetation types*. Report 1489, Alterra, Wageningen, The Netherlands.
- Wamelink, G.W.W., H.F. van Dobben & F. Berendse (2009). *Vegetation succession as affected by decreasing nitrogen deposition, soil characteristics and site management: a modelling approach*. *Forest Ecology and Management* 258: 1762–1773.
- Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra (1987). *Nederlandse ecologische flora: wilde planten en hun relaties*. Deel 1–5. IVN, Amsterdam.

Websites

www.leda-traitbase.org

www.floron.nl

www.knmi.nl

Bijlage 1 Keuzes, aannamen en gevolgen van de keuzes voor de modeluitkomsten

De berekeningen zijn gridcelgrootte onafhankelijk.

- Gevolg: de set van invoerkaarten bepaalt de schaalgrootte, kaarten moeten dezelfde schaal hebben. Het is in principe mogelijk om met onzinnige schalen te werken (bijvoorbeeld gridcel groottes van 50*50 km). Het wordt aan de gebruiker overgelaten hierin wijs te kiezen.
- Reden: flexibiliteit in toepassen van het model.
- Effect: geen op de berekeningen.

Voor de zaadbankkaarten en actuele verspreidingskaarten wordt gebruik gemaakt van FLORON en SynBioSys. Beide hebben een verschillende schaal (1*1 km en vegetatieopname). Er wordt standaard gewerkt met 250*250 m kaarten.

- Gevolg: neerschaling van FLORON-gegevens is noodzakelijk. Aan elk van de 250*250 meter hokken worden alle soorten toegekend die zich in een km hok bevinden.
- Reden: de meest gebruikte schaal is 250*250 m binnen de Natuurplanner.
- Effect: overschatting van het voorkomen van soorten.

Voor FLORON-data bestaat de mogelijkheid van de zogenaamde hiaat opvulling; soorten die afwezig zijn maar wel aanwezig zouden moeten zijn, worden aan cellen toegekend. In dit model zal daar geen gebruik van worden gemaakt.

- Gevolg: mogelijk onderschatting van het voorkomen van soorten en soorten in de zaadbank.
- Reden: te grote onzekerheid in de resultaten.
- Effect: onderschatting voorkomen soorten en zaadbank.

De plantensoortenkaarten worden over elkaar gelegd. Als minstens een bron aan geeft dat de soort voor komt dan wordt hij als aanwezig beschouwd.

- Gevolg: de kaarten vullen elkaar aan.
- Reden: betere schatting van de verspreiding van soorten.
- Effect: vollediger kaart.

Er zal een gering aantal startjaren worden gekozen met kaarten voor de start van het model (afhankelijk van de gegevens).

- Gevolg: niet alle jaren kunnen als startjaar gekozen worden.
- Reden: teveel kaarten zijn nodig hiervoor en het geeft geen extra informatie.
- Effect: geen op de uitkomsten.

De soortenkaart zal alleen voor de initialisatie worden gebruikt.

- Gevolg: reële simulatie van dispersie dmv de initiële soortenverspreidingskaart.
- Reden: na het eerste jaar veranderd de situatie en is de kaart niet meer actueel.
- Effect: geen.

De soortenkaart wordt ook gebruikt als correctie op MOVE. Er zijn dan vier mogelijkheden:

1. MOVE4 en de kaart geven aan dat de soort voor kan komen; de kans uit MOVE4 blijft gehandhaafd.
 - Gevolg:
 - Reden:
 - Effect: kans blijft zoals die is.
2. MOVE4 geeft aan dat de soort voor komt, maar de kaart niet; de kans uit MOVE4 wordt 0.
 - Gevolg: correctie van de voorspelling van MOVE4 voor de actuele situatie.

- Reden: MOVE4 geeft een incorrecte simulatie.
 - Effect: een overschatting van de verspreiding van de soort wordt voorkomen.
3. MOVE4 geeft aan dat de kans 0 is, maar de kaart geeft aan dat de soort voor komt; de kans blijft 0.
- Gevolg: het model doet een foute aanname.
 - Reden: het is niet mogelijk om een kans te geven die overeenkomt met de werkelijkheid.
 - Effect: er vindt een onderschatting plaats van de verspreiding van de soort.
4. MOVE4 en de kaart geven aan dat de soort niet voor komt; de kans blijft 0.
- Gevolg:
 - Reden:
 - Effect: kans blijft zoals die is.

Voor het geval (3) geldt dat de soort wel voorkomt. De soort wordt daarom wel in de zaadbank als voorkomend beschouwd. Omdat MOVE4 een kans van nul geeft betekent dit dat volgens MOVE4 de abiotiek niet geschikt is. Als de abiotiek niet veranderd zal de soort dus niet uit de zaadbank komen en zich weer vestigen. Het terug kunnen komen duurt zolang de zaadbank vitaal is.

- Gevolg: gedeeltelijke en mogelijke reparatie van de fout in het model die volgens punt 3 ontstaat.
- Reden:
- Effect: juiste schatting van de situatie in de zaadbank in jaar 1.

De kaart met de kans op voorkomen volgens MOVE4 wordt elk jaar aangepast door het dispersie-model.

- Gevolg: realistischere voorspelling van de kans op voorkomen van een soort.
- Reden: MOVE4 voorspelt alleen de kans op voorkomen op basis van de abiotiek. Het daadwerkelijk voorkomen van de soort hangt af van de huidige verspreiding en de dispersie van de soort.
- Effect: betere voorspelling van de kans op voorkomen.

De zaadbankkaart wordt op dezelfde wijze geschat als de actuele verspreidingskaart, maar dan gebaseerd op gegevens uit het verleden gecombineerd met de levensduur van het zaad.

- Gevolg:
- Reden: consistentie in de manier waarop de soortgegevens wordt gebruikt
- Effect:

De zaadbankkaart is dynamisch.

- Gevolg: elk jaar wordt de kaart aangepast aan het voorspelde voorkomen van soorten en de effecten van dispersie.
- Reden:
- Effect:

Middelpunt van de cel is het startpunt van de dispersie.

- Gevolg: gemiddeld genomen wordt de dispersieafstand onderschat. Dit effect is groter naarmate de dispersieafstand van de soort kleiner is en de cellen groter zijn.
- Reden: praktisch, anders wordt het veel ingewikkelder om de dispersie van de rand van een nieuwe cel naar de volgende rand te modelleren.
- Effect: onderschatting dispersieafstand.

Zaden die geen zaadbank vormen zullen nooit in de zaadbank aanwezig zijn.

- Gevolg:
- Reden: er wordt geen zaad gevormd.
- Effect:

Levensduur zaad volgens de IRIS/LEDA-database.

- Gevolg: beperking van de levensduur in drie klassen.
- Reden: limiet aan de kennis.
- Effect: onbekend, er zullen soorten zijn waarvan de zaadlevensduur wordt onder- en overschat.

Zaadbank wordt elk jaar aangevuld als de soort aanwezig is; de levensduur van het zaad wordt bij aanvulling elke keer op de maximale leeftijd gezet.

- Gevolg: er wordt vanuit gegaan dat er elk jaar zaad wordt gevormd en dat die in de zaadbank terecht komt.
- Reden:
- Effect: overschatting van de soort in de zaadbank.

Zaadbank kan elk jaar worden aangevuld door middel van dispersie; de levensduur van het zaad wordt bij aanvulling elke keer op de maximale leeftijd gezet.

- Gevolg: zaadbank wordt elk jaar aangevuld.
- Reden:
- Effect: overschatting van de soort in de zaadbank.

Er wordt geen rekening gehouden met de hoeveelheid zaad of de vitaliteit van het zaad.

- Gevolg: er wordt vanuit gegaan dat er elk jaar zaad met een uitstekende vitaliteit wordt geproduceerd.
- Reden:
- Effect: overschatting van de zaadbank en de vitaliteit van de zaden.

Een zaad kiemt altijd, mits de abiotiek geschikt is (kans uit MOVE4 >0).

- Gevolg: overschatting van de kiemkracht van het zaad.
- Reden:
- Effect: overschatting van de kiemkracht en dus het voorkomen van de soort.

Er wordt geen rekening gehouden met predatie van zaad.

- Gevolg: er worden meer vitale zaden geproduceerd dan in werkelijkheid.
- Reden:
- Effect: als alle zaden zouden worden opgegeten een overschatting van de zaden in de zaadbank, waarschijnlijk heeft predatie meestal geen wezenlijk effect.

Er wordt geen rekening gehouden met de effecten van grondwaterstand op de kieming of levensduur van zaad.

- Gevolg: de zaden kiemen ook onder mogelijk niet geschikte condities en gaan langer mee dan in werkelijkheid.
- Reden:
- Effect: overschatting van de kiemkracht en de zaadbank.

Er wordt rekening gehouden met dispersie via wind, dieren en mechanistische aanpassingen van de plant en vegetatieve verspreiding.

- Gevolg:
- Reden:
- Effect:

De barrièrekaart uit LARCH wordt gebruikt voor de dispersie van zaad door middel van dieren.

- Gevolg: verbeterde simulatie van verspreiding van zaden door middel van dieren.
- Reden: beschikbaarheid van de kaart maakt dit mogelijk.
- Effect:

Er wordt (nog) geen barrièrekaart voor windverspreiding gebruikt.

- Gevolg: zaden komen verder dan in sommige gevallen in het veld mogelijk is door barrièrewerking.
- Reden: moet nog nader worden uitgewerkt.
- Effect: overschatting van de winddispersie afstand.

Dispensie via water wordt niet gemodelleerd.

- Gevolg: onderschatting van dispersie van soorten die via water verspreiden, berekening van soorten die (bijna) alleen via water verspreiden is onmogelijk.
- Reden: te weinig ruimtelijke informatie over waterlopen (sloten, stroomrichting) is beschikbaar.
- Effect: onderschatting van dispersie van soorten die ook via water verspreiden is mogelijk. Soorten die zich voornamelijk via water verspreiden kunnen niet worden gemodelleerd.

De dispersieafstand wordt bepaald op basis van alle dispersiemogelijkheden van een soort, waarbij rekening wordt gehouden met barrières bij verspreiding door dieren.

- Gevolg: betere simulatie van de dispersie bij effecten van barrières. Voorlopig alleen bij dierdispensie.
- Reden:
- Effect:

Op basis van een dispersiecurve zal de dispersieafstand per soort worden vastgesteld.

- Gevolg:
- Reden:
- Effect:

Waar geen dispersiecurve kan worden berekend zal worden teruggevallen op expert kennis.

- Gevolg: verschillende kwaliteiten van kennis worden in het model gebruikt.
- Reden: stand van de wetenschap.
- Effect: de onzekerheid voor de verschillende resultaten zal niet hetzelfde zijn.

Het effect van stikstofbeschikbaarheid op de zaadvorming en hoeveelheid wordt niet gesimuleerd.

- Gevolg: kwaliteit en hoeveelheid zaad hangt niet af van bodemvruchtbaarheid, hoewel dit wel bekend is via de andere modellen in de Natuurplanner.
- Reden: moet nog verder uitgezocht worden, mogelijk toevoegen in een later stadium
- Effect: resultaat is onafhankelijk van de bodemvruchtbaarheid.

Het effect van kudden, menselijk ingrijpen (aanplanten, uitzaaien) en gericht maaibeheer (van soortenrijk naar soortenarm) wordt niet meegenomen.

- Gevolg:
- Reden: Is niet realistisch te modelleren voor de praktijk (technisch geen probleem).
- Effect: Onderschatting van de verspreiding van zaden.

Er wordt voor de Natuurplanner gebruik gemaakt van verschillende kaarten in het model. Alle grids dienen gebaseerd te zijn op Amersfoortse coördinaten en een veelvoud van 250*250 m te zijn of samen tot een gridgrootte van 250*250 m te nemen zijn (bijvoorbeeld 25*25 m). Er dient steeds de linkerbenenhoek te worden opgegeven (coördinaten als 130309 zijn niet toegestaan, ze moeten steeds een veelvoud van 25 m zijn en bij voorkeur een veelvoud van 250m). Op zich is het model gridcelgrootte en coördinatenstelsel onafhankelijk, alleen de afstandseenheid staat vast (m).

Bijlage 2 Literatuuronderzoek voor de zaadbank

Diana Prins

29 juli 2005

I. Literatuursearch mei 2005

Zoekprofiel in Web of Science: 'seed bank'.



Leverd ca. 1600 referenties op.



Deze 1600 referenties zijn op titel doorgenomen.

Criterium:

- Onderzoek over vegetatie/plantensoorten *uit Europa*



Dit levert 360 referenties die mogelijk geschikt zijn. Deze zijn opgenomen in Endnote.



Deze 360 referenties zijn op summary doorgenomen.

Criteria:

- Onderzoek over vegetatie/plantensoorten uit Europa (is niet altijd in de titel te zien);
- Er zijn gegevens over zaadbank (op soortniveau of vegetatieniveau) opgenomen (er wordt niet alleen over zaadbank gesproken);
- Niet: referenties over *dormancy*/doorbreken *dormancy*.



Dit levert 210 referenties op, waarbij aantekeningen zijn gemaakt over

- Voorkomen in Nederland of Europa overig;
- Vegetatietype;
- Soortinformatie;
- Mechanismen.

In de Endnote-file 'seedbank' zijn deze 210 referenties opgenomen.

De mechanismen die beschreven zijn in de artikelen kunnen als basis dienen voor vuistregels bij de modelontwikkeling.

Onderwerpen

- Overeenkomst tussen de soortensamenstelling van de vegetatie en de zaadbank: bij sommige vegetatietypen is deze groot, bij andere klein.
- Invloed van bemesten, grazen en maaien op de zaadbank.
- Invloed van de grondwaterstand op de zaadbank.
- Correlatie zaadgrootte en voorkomen in de zaadbank: soorten met kleine zaden hebben vaak een persistente zaadbank.
- Chronosequenties: de ontwikkeling van de zaadbank in de loop van de successie.
- (Historisch) landgebruik en zaadbank.
- Zaadbank in relatie tot hoogte (altitude).

- Zaadbank in relatie tot zout-brak gradiënt.
- Zaadbankkarakteristiek in relatie tot vegetatietype: bv. (kalk)graslanden: de zaadbank lijkt niet of nauwelijks te kunnen bijdragen aan herstel. Toepassing hiervan in Prins *et al.*, 1998.
- Zaadbank en verontreiniging van de bodem met zware metalen.
- Zaadbank als voorspellende factor voor de toekomstige samenstelling van de vegetatie: afhankelijk van vegetatietype. Laag bij graslanden, hoger bij pioniervegetatie.
- Plantstrategie in relatie tot zaadbank: therofyten worden veel in de zaadbank aangetroffen.
- Zaadbankkarakteristiek (life history traits) in relatie tot de metapopulatietheorie: een persistent seed bank is een soort 'temporal rescue effect'. Hierin wordt ook de relatie met dispersal strategy uitgewerkt.
- Orchideeën: weinig informatie over de zaadbank. Zijn niet opgenomen in de database van Thompson *et al.*, 1997. Zijn wél belangrijk voor nature conservation value.
- Zaadbank en restoration: een groot aantal referenties heeft betrekking op restoration en het mogelijke bijdrage van de zaadbank hierbij.

II. Zaadbankclassificatie en de IRIS-database

In de IRIS-database wordt de zaadbankclassificatie van Thompson *et al.*, 1997 (blauwe boek) gevolgd. In de IRIS-database is de database van Thompson *et al.*, 1997 aangevuld met soorten waarvan inmiddels gegevens bekend zijn. In het standaardwerk van Thompson *et al.*, 1997 staat aangegeven welke kanttekeningen er zijn bij de zaadbankclassificatie!

Bijlage 3 Samenvatting van de literatuur over dispersie en gegevensbronnen

Bron kort (volledige lijst in file literatuurlijst)	Onderwerp / samenvatting	Data soorten	Kwaliteit	Bruikbaar
Alterra (2001)	Dispersiecapaciteit van Nederlandse plantensoorten	435 soorten dispersie afstand in klassen voor vier categorieën van dispersie (wind, dier, water en overig)	Expert judgement, gebaseerd op morfologische kenmerken van de zaden. Data zijn nog ongepubliceerd	Ja, database beschikbaar
Soons <i>et al.</i> (2004a)	Winddispersie van graslandsoorten. Ontwikkeling van dispersiemodel met gevoeligheidsanalyse. Verspreiding vooral afhankelijk van horizontale windsnelheid (zeker over lange afstand), zaad los hoogte en vegetatiehoogte zijn van groot belang. Omgeving van de plant is erg belangrijk voor dispersieafstand	Mogelijk vier soorten	Metingen	Ja, data nog niet beschikbaar
Soons <i>et al.</i> (2004)	Invloed van de mens op lange afstand winddispersie en kolonisatie van grasland soorten. Effect van habitatfragmentatie, eutrofiëring en hoge windsnelheden. Modelstudie. Habitatfragmentatie heeft negatieve invloed op zaadproductie en dus kolonisatie. Eutroficatie geeft lagere dispersieafstand, sommige soorten grotere dispersieafstand. Hogere windsnelheden geeft grotere dispersieafstand, compenseert echter niet voor de negatieve effecten van eutrofiëring en fragmentatie.	Zelfde vier soorten als Soons <i>et al.</i> (2004)		
Knevel <i>et al.</i> 2003	LEDA-database. Dispersiecapaciteit, regeneratie en persistence van Europese planten	Doel 3000 Europese soorten	Metingen, maar ook gegevens afgeleid van andere metingen	Ja, data beschikbaar. Website: www.leda-traitbase.org
Ozinga <i>et al.</i> 2004	IRIS database, relatie tussen de dispersiefactor en F,N, L (Ellenberg). Noodzaak om in een dispersiemodel meerdere vectoren op te nemen.	In principe beschikbaar, nu opgenomen in LEDA		
	FLORON-database (FlorBase en FLORIVON)	Voorkomen soorten in NL	Inventarisatiegegevens per km	Aanvragen

Bron kort (volledige lijst in file literatuurlijst)	Onderwerp / samenvatting	Data soorten	Kwaliteit	Bruikbaar
			hok	
	SynBioSys	Voorkomen soorten in NL	Vegetatieopnamen met xy coördinaten	Stephan Hennekens (Alterra Wageningen UR) is akkoord, er is een ORACLE database
Strykstra <i>et al.</i> 2002	Gegevens over dispersiemethode, zaadbank en levensduur plant	Veel soorten	Verzamelde gegevens uit literatuur, gebaseerd op metingen en waarnemingen	Opmaat voor de LEDA-database
Boedeltje <i>et al.</i> 2003	Dispersie via water; Koningsbeek bij Neede. Meer dan 95% vegetatieve diasporen, 4% zaad.	Geen tabel met gegevens in het artikel, mogelijk wel te verkrijgen	Metingen	Ja, alleen als we in een volgende fase waterdispersie mee nemen. Zie ook LEDA
Bakker <i>et al.</i> 1985	Dispersie, kieming en vestiging van soorten op begraasde en verlaten kwelder (Schier). Effect van zoutgehalte op vestiging, kasexperiment.	Geen gegevens over dispersie	Kasexperimenten	Nee
Soons & Ozinga 2005	Belang van lange afstand dispersie voor regionale overleven soort. Eutrofiëring blijkt veel belangrijker, dispersiecapaciteit en zaadbank blijken even belangrijk			Theorie interessant
Wieringa Rijkooft 1983	Windrichting in NL, gebruikt door Soons & Ozinga 2005	Te gebruiken voor windrozen in het model		Nee
Higgins <i>et al.</i> 2003	Review over lange afstanddispersie. Veel soorten hebben meerdere manieren van dispersie. De tail van de dispersie is niet gecorreleerd met de gemiddelde dispersie, wat modeleren lastig maakt. Vooral statistische relaties zijn een probleem. Mechanistische modellen zijn beter, ook hiervoor zijn data nodig. Er is ook veel onverwachte manieren van dispersie die een rol spelen bij LDD. Maakt het lastiger. Echte LDD is afhankelijk van extreme weersomstandigheden (windverspreiders, maar ook andere soorten van verspreiding)	Boodschap voor ons baseer de dispersieafstanden op mechanistische modellen, gebaseerd op eigenschappen van de zaden. Houd rekening met meerdere mogelijkheden		Theorie ja
Prins <i>et al.</i> 1998	Vestiging van doelsoorten in Drentse Aa-gebied. Belangrijk: kansen, dwz als in zaadbank wat is dan de kans van kiemen; wat is de kans op reproductie			Theorie ja, in een later stadium

Bijlage 4 Samenvatting van dispersieklassen per soort geschat voor het project *Robuuste verbinding- zones*

Ongepubliceerde data. Deze data zijn gebaseerd op expertschattingen en worden in DIMO gebruikt als de LEDA-database geen oplossing biedt voor het schatten van wind- of dierdispersie.

Klasse	Dispersieafstand
	km
1	>35
2	25 - 35
2	15 - 25
3	7-15
4	3-7
5	1-3
6	0,1-1
7	0,01-0,1
8	0,001-0,01
9	< 0,001

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Groene nachtorchis	Coeloglossum viride	3	wind		lucht
Vleeskleurige orchis	Dactylorhiza incarnata	3	wind		lucht
Gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata	3	wind		lucht
Brede orchis	Dactylorhiza majalis subsp. majalis	3	wind		lucht
Moeraswespenorchis	Epipactis palustris	3	wind		lucht
Dennenorchis	Goodyera repens	3	wind		lucht
Grote muggenorchis	Gymnadenia conopsea	3	wind		lucht
Veenmosorchis	Hammarbya paludosa	3	wind		lucht
Bokkenorchis	Himantoglossum hircinum	3	wind		lucht
Groenknolorchis	Liparis loeselii	3	wind		lucht
Kleine keverorchis	Listera cordata	3	wind		lucht
Grote keverorchis	Listera ovata	3	wind		lucht
Wantsenorchis	Orchis coriophora	3	wind		lucht
Harlekijn	Orchis morio	3	wind		lucht
Welriekende nachtorchis	Platanthera bifolia	3	wind		lucht
Witte muggenorchis	Pseudorchis albida	3	wind		lucht
Zomerschroeforchis	Spiranthes aestivalis	3	wind		lucht
Herfstschroeforchis	Spiranthes spiralis	3	wind		lucht
Dubbelloof	Blechnum spicant	4	wind		lucht
Kleine wolfsklauw	Diphasiastrum tristachyum	4	wind		lucht
Kleine zonnedaauw	Drosera intermedia	4	wind		lucht
Lange zonnedaauw	Drosera longifolia	4	wind		lucht
Ronde zonnedaauw	Drosera rotundifolia	4	wind		lucht
Bonte paardenstaart	Equisetum variegatum	4	wind		lucht
Dennenwolfsklauw	Huperzia selago	4	wind		lucht

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Kleine biesvaren	Isoetes echinospora	4	wind		lucht
Grote biesvaren	Isoetes lacustris	4	wind		lucht
Moeraswolfsklauw	Lycopodiella inundata	4	wind		lucht
Stekende wolfsklauw	Lycopodium annotinum	4	wind		lucht
Grote wolfsklauw	Lycopodium clavatum	4	wind		lucht
Stofzaad	Monotropa hypopitys	4	wind		lucht
Rode bremraap	Orobanche lutea	4	wind		lucht
Klavervreter	Orobanche minor	4	wind		lucht
Grote bremraap	Orobanche rapum-genistae	4	wind		lucht
Distelbremraap	Orobanche reticulata	4	wind		lucht
Parnassia	Parnassia palustris	4	wind		lucht
Pilvaren	Pilularia globulifera	4	wind		lucht
Brede eikvaren	Polypodium interjectum	4	wind		lucht
Eenbloemig wintergroen	Moneses uniflora	4	wind		lucht
Eenzijdig wintergroen	Orthilia secunda	4	wind		lucht
Lansvaren	Polystichum lonchitis	4	wind		lucht
Zachte naaldvaren	Polystichum setiferum	4	wind		lucht
Rozenkransje	Antennaria dioica	6	wind		lucht
Valkruid	Arnica montana	6	wind		lucht
Spaanse ruiter	Cirsium dissectum	6	wind		lucht
Wollige distel	Cirsium eriophorum	6	wind		lucht
Moerasstreekzaad	Crepis paludosa	6	wind		lucht
Moerasbasterdwederik	Epilobium palustre	6	wind		lucht
Slank wollegras	Eriophorum gracile	6	wind		lucht
Breed wollegras	Eriophorum latifolium	6	wind		lucht
Strobloem	Helichrysum arenarium	6	wind		lucht
Muurhavikskruid	Hieracium murorum	6	wind		lucht
Gevlekt biggenkruid	Hypochaeris maculata	6	wind		lucht
Donderkruid	Inula conyzae	6	wind		lucht
Wilgalant	Inula salicina	6	wind		lucht
Wilgsla	Lactuca saligna	6	wind		lucht
Dubbelkelk	Picris echioides	6	wind		lucht
Waterkruiskruid	Senecio aquaticus	6	wind		lucht
Zaagblad	Serratula tinctoria	6	wind		lucht
Schraallandpaardebloem	Taraxacum celticum	6	wind		lucht
Moeraspaardenbloem	Taraxacum palustre	6	wind		lucht
Paarse morgenster	Tragopogon porrifolius	6	wind		lucht
Oosterse morgenster	Tragopogon pratensis subsp. orientalis	6	wind		lucht
Grote centaurie	Centaurea scabiosa	6	wind		lucht
Aarddistel	Cirsium acaule	6	wind		lucht
Wildemanskruid	Pulsatilla vulgaris	6	wind		lucht
Kleine valeriaan	Valeriana dioica	6	wind		lucht
Witte engbloem	Vincetoxicum hirundinaria	6	wind		lucht
Gele monnikskap	Aconitum vulparia	7	wind		lucht
Fijnstengelige vrouwenmantel	Alchemilla filicaulis	7	wind		lucht
Kale vrouwenmantel	Alchemilla glabra	7	wind		lucht
Slanke vrouwenmantel	Alchemilla micans	7	wind		lucht

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Bergvrouwenmantel	<i>Alchemilla monticola</i>	7	wind		lucht
Geplooid vrouwenmantel	<i>Alchemilla subcrenata</i>	7	wind		lucht
Geelgroene vrouwenmantel	<i>Alchemilla xanthochlora</i>	7	wind		lucht
Dwergbloem	<i>Anagallis minima</i>	7	wind		lucht
Wondklaver	<i>Anthyllis vulneraria</i>	7	wind		lucht
Torenkruid	<i>Arabis glabra</i>	7	wind		lucht
Stijf struisriet	<i>Calamagrostis stricta</i>	7	wind		lucht
Paardenhaarzegge	<i>Carex appropinquata</i>	7	wind		lucht
Noordse zegge	<i>Carex aquatilis</i>	7	wind		lucht
Trilgraszegge	<i>Carex brizoides</i>	7	wind		lucht
Knotszegge	<i>Carex buxbaumii</i>	7	wind		lucht
Voorjaarszegge	<i>Carex caryophyllea</i>	7	wind		lucht
Polzegge	<i>Carex cespitosa</i>	7	wind		lucht
Ronde zegge	<i>Carex diandra</i>	7	wind		lucht
Tweehuisige zegge	<i>Carex dioica</i>	7	wind		lucht
Groene bermzegge	<i>Carex divulsa</i>	7	wind		lucht
Heidezegge	<i>Carex ericetorum</i>	7	wind		lucht
Gele zegge	<i>Carex flava</i>	7	wind		lucht
Blonde zegge	<i>Carex hostiana</i>	7	wind		lucht
Gladde zegge	<i>Carex laevigata</i>	7	wind		lucht
Draadzegge	<i>Carex lasiocarpa</i>	7	wind		lucht
Schubzegge	<i>Carex lepidocarpa</i>	7	wind		lucht
Dichte bermzegge	<i>Carex muricata</i>	7	wind		lucht
Bleke zegge	<i>Carex pallescens</i>	7	wind		lucht
Hangende zegge	<i>Carex pendula</i>	7	wind		lucht
Vroege zegge	<i>Carex praecox</i>	7	wind		lucht
Vlozegge	<i>Carex pulicaris</i>	7	wind		lucht
Slanke zegge	<i>Carex strigosa</i>	7	wind		lucht
Viltzegge	<i>Carex tomentosa</i>	7	wind		lucht
Voszegge	<i>Carex vulpina</i>	7	wind		lucht
Echte karwij	<i>Carum carvi</i>	7	wind		lucht
Kranskarwij	<i>Carum verticillatum</i>	7	wind		lucht
Stinkende ganzenvoet	<i>Chenopodium vulvaria</i>	7	wind		lucht
Draadgentiaan	<i>Cicendia filiformis</i>	7	wind		lucht
Franse aardkastanje	<i>Conopodium majus</i>	7	wind		lucht
Kamgras	<i>Cynosurus cristatus</i>	7	wind		lucht
Moerassmele	<i>Deschampsia setacea</i>	7	wind		lucht
Ruige anjer	<i>Dianthus armeria</i>	7	wind		lucht
Karhuizer anjer	<i>Dianthus carthusianorum</i>	7	wind		lucht
Steenanjer	<i>Dianthus deltoides</i>	7	wind		lucht
Prachtanjer	<i>Dianthus superbus</i>	7	wind		lucht
Stijve steenraket	<i>Erysimum hieracifolium</i>	7	wind		lucht
Genaald schapengras	<i>Festuca ovina</i>	7	wind		lucht
Knolspirea	<i>Filipendula vulgaris</i>	7	wind		lucht
Genadekruid	<i>Gratiola officinalis</i>	7	wind		lucht
Veenreukgras	<i>Hierochloa odorata</i>	7	wind		lucht
Beemdkroon	<i>Knautia arvensis</i>	7	wind		lucht
Ruige leeuwentand	<i>Leontodon hispidus</i>	7	wind		lucht
Boswederik	<i>Lysimachia nemorum</i>	7	wind		lucht
Wilde peterselie	<i>Petroselinum segetum</i>	7	wind		lucht
Karwijvarkenskervel	<i>Peucedanum carvifolia</i>	7	wind		lucht

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Vetblad	<i>Pinguicula vulgaris</i>	7	wind		lucht
Vlottende waterranonkel	<i>Ranunculus fluitans</i>	7	wind		lucht
Klimopwaterranonkel	<i>Ranunculus hederaceus</i>	7	wind		lucht
Witte waterranonkel	<i>Ranunculus ololeucos</i>	7	wind		lucht
Kalkboterbloem	<i>Ranunculus polyanthemos</i> subsp. <i>polyanthemoides</i>	7	wind		lucht
Kleine ratelaar	<i>Rhinanthus minor</i>	7	wind		lucht
Kleine pimpernel	<i>Sanguisorba minor</i>	7	wind		lucht
Overblijvende hardbloem	<i>Scleranthus perennis</i>	7	wind		lucht
Kleine schorseneer	<i>Scorzonera humilis</i>	7	wind		lucht
Karwijselie	<i>Selinum carvifolia</i>	7	wind		lucht
Weidekervel	<i>Silaum silaus</i>	7	wind		lucht
Echte guldenroede	<i>Solidago virgaurea</i>	7	wind		lucht
Kleine ruit	<i>Thalictrum minus</i>	7	wind		lucht
Noordse veenbies	<i>Trichophorum cespitosum</i> subsp. <i>cespitosum</i>	7	wind		lucht
Gewone veenbies	<i>Trichophorum cespitosum</i> subsp. <i>germanicum</i>	7	wind		lucht
Bochtige klaver	<i>Trifolium medium</i>	7	wind		lucht
Draadklaver	<i>Trifolium micranthum</i>	7	wind		lucht
Gestreepte klaver	<i>Trifolium striatum</i>	7	wind		lucht
Goudhaver	<i>Trisetum flavescens</i>	7	wind		lucht
Plat blaasjeskruid	<i>Utricularia intermedia</i>	7	wind		lucht
Klein blaasjeskruid	<i>Utricularia minor</i>	7	wind		lucht
Trosdravik	<i>Bromus racemosus</i>	7	wind		lucht
Kattendoorn	<i>Ononis repens</i> subsp. <i>spinosa</i>	7	wind		lucht
Bevertijes	<i>Briza media</i>	7	wind		lucht
Bleekgeel blaasjeskruid	<i>Utricularia ochroleuca</i>	7	wind		lucht
Moeslook	<i>Allium oleraceum</i>	8	wind		lucht
Daslook	<i>Allium ursinum</i>	8	wind		lucht
Echte heemst	<i>Althaea officinalis</i>	8	wind		lucht
Mierik	<i>Armoracia rusticana</i>	8	wind		lucht
Absintalsem	<i>Artemisia absinthium</i>	8	wind		lucht
Wilde averuit	<i>Artemisia campestris</i> subsp. <i>campestris</i>	8	wind		lucht
Kluwenklokje	<i>Campanula glomerata</i>	8	wind		lucht
Weideklokje	<i>Campanula patula</i>	8	wind		lucht
Rapunzelklokje	<i>Campanula rapunculus</i>	8	wind		lucht
Glanzende hoornbloem	<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>holosteoides</i>	8	wind		lucht
Rode dophei	<i>Erica cinerea</i>	8	wind		lucht
Beklierde ogentroost	<i>Euphrasia rostkoviana</i>	8	wind		lucht
Stijve ogentroost	<i>Euphrasia stricta</i>	8	wind		lucht
Geel viltkruid	<i>Filago lutescens</i>	8	wind		lucht
Dwergviltkruid	<i>Filago minima</i>	8	wind		lucht
Spatelviltkruid	<i>Filago pyramidata</i>	8	wind		lucht
Duits viltkruid	<i>Filago vulgaris</i>	8	wind		lucht
Stekelbrem	<i>Genista anglica</i>	8	wind		lucht
Duitse brem	<i>Genista germanica</i>	8	wind		lucht
Kruipbrem	<i>Genista pilosa</i>	8	wind		lucht

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Klokjesgentiaan	<i>Gentiana pneumonanthe</i>	8	wind		lucht
Bosdroogbloem	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	8	wind		lucht
Gipskruid	<i>Gypsophila muralis</i>	8	wind		lucht
Bilzekruid	<i>Hyoscyamus niger</i>	8	wind		lucht
Canadees hertshooi	<i>Hypericum canadense</i>	8	wind		lucht
Moerashertshooi	<i>Hypericum elodes</i>	8	wind		lucht
Ruig hertshooi	<i>Hypericum hirsutum</i>	8	wind		lucht
Gevlekt hertshooi	<i>Hypericum maculatum</i>	8	wind		lucht
Berghertshooi	<i>Hypericum montanum</i>	8	wind		lucht
Fraai hertshooi	<i>Hypericum pulchrum</i>	8	wind		lucht
Alpenrus	<i>Juncus alpinoarticulatus</i> subsp. <i>alpinoarticulatus</i>	8	wind		lucht
Koprus	<i>Juncus capitatus</i>	8	wind		lucht
Draadrus	<i>Juncus filiformis</i>	8	wind		lucht
Dwergrus	<i>Juncus pygmaeus</i>	8	wind		lucht
Wijdbloeiende rus	<i>Juncus tenageia</i>	8	wind		lucht
Bleke schubwortel	<i>Lathraea squamaria</i>	8	wind		lucht
Geelhartje	<i>Linum catharticum</i>	8	wind		lucht
Waterlobelia	<i>Lobelia dortmanna</i>	8	wind		lucht
Grote veldbies	<i>Luzula sylvatica</i>	8	wind		lucht
Kleine kattenstaart	<i>Lythrum hyssopifolia</i>	8	wind		lucht
Kruismuur	<i>Moenchia erecta</i>	8	wind		lucht
Beenbreek	<i>Narthecium ossifragum</i>	8	wind		lucht
Wild kattenkruid	<i>Nepeta cataria</i>	8	wind		lucht
Rode ogentroost	<i>Odontites vernus</i> subsp. <i>serotinus</i>	8	wind		lucht
Mantelanjer	<i>Petrorhagia prolifera</i>	8	wind		lucht
Zwartblauwe rapunzel	<i>Phyteuma spicatum</i> subsp. <i>nigrum</i>	8	wind		lucht
Witte rapunzel	<i>Phyteuma spicatum</i> subsp. <i>spicatum</i>	8	wind		lucht
Gulden sleutelbloem	<i>Primula veris</i>	8	wind		lucht
Stengelloze sleutelbloem	<i>Primula vulgaris</i>	8	wind		lucht
Priemvetmuur	<i>Sagina subulata</i>	8	wind		lucht
Kleinbloemige salie	<i>Salvia verbenaca</i>	8	wind		lucht
Knolsteenbreek	<i>Saxifraga granulata</i>	8	wind		lucht
Tripmadam	<i>Sedum reflexum</i>	8	wind		lucht
Zacht vetkruid	<i>Sedum sexangulare</i>	8	wind		lucht
Liggende raket	<i>Sisymbrium supinum</i>	8	wind		lucht
Brede ereprijs	<i>Veronica austriaca</i> subsp. <i>teucrium</i>	8	wind		lucht
Liggende ereprijs	<i>Veronica prostrata</i>	8	wind		lucht
Liggende raket	<i>Sisymbrium supinum</i>	8	dier	vogels	lucht
Vogelpootklaver	<i>Trifolium ornithopodioides</i>	1	dier	vogels	lucht
Grote bosaardbei	<i>Fragaria moschata</i>	3	dieren	grote zoogdieren	land
Bosaardbei	<i>Fragaria vesca</i>	3	dieren	grote zoogdieren	land
Zweedse kornoelje	<i>Cornus suecica</i>	5	dieren	vogel	lucht

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Wolfskers	<i>Atropa bella-donna</i>	5	dieren	vogels	lucht
Gele kornoelje	<i>Cornus mas</i>	5	dieren	vogels	lucht
Rood peperboompje	<i>Daphne mezereum</i>	5	dieren	vogels	lucht
Jeneverbes	<i>Juniperus communis</i>	5	dieren	vogels	lucht
Eenbes	<i>Paris quadrifolia</i>	5	dieren	vogels	lucht
Viltroos	<i>Rosa villosa</i>	5	dieren	vogels	lucht
Spits fonteinkruid	<i>Potamogeton acutifolius</i>	5	dieren	vogels vissen	lucht
Kruidvlier	<i>Sambucus ebulus</i>	5	dieren	vogels	lucht
Plat fonteinkruid	<i>Potamogeton compressus</i>	5	dieren	vogels vissen	lucht
Ongelijkbladig fonteinkruid	<i>Potamogeton gramineus</i>	5	dieren	vogels vissen	lucht
Stomp fonteinkruid	<i>Potamogeton obtusifolius</i>	5	dieren	vogels vissen	lucht
Langstengelig fonteinkruid	<i>Potamogeton praelongus</i>	5	dieren	vogels vissen	lucht
Kranssalomonszegel	<i>Polygonatum verticillatum</i>	5	dieren	vogels	lucht
Gegolfd fonteinkruid	<i>Potamogeton x zizii</i>	5	dieren	vogels vissen	lucht
Gewone agrimonie	<i>Agrimonia eupatoria</i>	5	dieren	zoogdieren	land
Welriekende agrimonie	<i>Agrimonia procera</i>	5	dieren	zoogdieren	land
Malrove	<i>Marrubium vulgare</i>	5	dieren	zoogdieren	land
Fijnstengelige vrouwenmantel	<i>Alchemilla filicaulis</i>	5	dieren		
Kale vrouwenmantel	<i>Alchemilla glabra</i>	5	dieren		
Slanke vrouwenmantel	<i>Alchemilla micans</i>	5	dieren		
Bergvrouwenmantel	<i>Alchemilla monticola</i>	5	dieren		
Geplooide vrouwenmantel	<i>Alchemilla subcrenata</i>	5	dieren		
Geelgroene vrouwenmantel	<i>Alchemilla xanthochlora</i>	5	dieren		
Kruisbladwalstro	<i>Cruciata laevipes</i>	6	dieren	vogels	lucht
Besanjelier	<i>Cucubalus baccifer</i>	6	dieren	vogels	lucht
Rozetkruidkers	<i>Lepidium heterophyllum</i>	6	dieren	vogels zoogdieren	lucht/land
Absintalsem	<i>Artemisia absinthium</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Wilde averuit	<i>Artemisia campestris</i> subsp. <i>campestris</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Platte bies	<i>Blysmus compressus</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Trosdravik	<i>Bromus racemosus</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Alpenheksenkruid	<i>Circaea alpina</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Klein heksenkruid	<i>Circaea x intermedia</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Kamgras	<i>Cynosurus cristatus</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Geel cypergras	<i>Cyperus flavescens</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Kleine zonnedaauw	<i>Drosera intermedia</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Lange zonnedaauw	<i>Drosera longifolia</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Ronde zonnedaauw	<i>Drosera rotundifolia</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Gesteeld glaskroos	<i>Elatine hexandra</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Eivormige waterbies	<i>Eleocharis ovata</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Zachte hennepnetel	<i>Galeopsis pubescens</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Noords walstro	<i>Galium boreale</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Zeegroen walstro	<i>Galium glaucum</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Boswalstro	<i>Galium sylvaticum</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Knikkend nagelkruid	<i>Geum rivale</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Veldgerst	<i>Hordeum secalinum</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Alpenrus	<i>Juncus alpinoarticulatus</i> subsp. <i>alpinoarticulatus</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Koprus	<i>Juncus capitatus</i>	6	dieren	zoogdieren	land

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Draadrus	<i>Juncus filiformis</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Dwergrus	<i>Juncus pygmaeus</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Wijdbloeiende rus	<i>Juncus tenageia</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Rijstgras	<i>Leersia oryzoides</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Linnaeusklokje	<i>Linnaea borealis</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Geelhartje	<i>Linum catharticum</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Oeverkruid	<i>Littorella uniflora</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Waterlobelia	<i>Lobelia dortmanna</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Polei	<i>Mentha pulegium</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Witte munt	<i>Mentha suaveolens</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Borstelgras	<i>Nardus stricta</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Dwergvlas	<i>Radiola linoides</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Witte snavelbies	<i>Rhynchospora alba</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Bruine snavelbies	<i>Rhynchospora fusca</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Veldsalie	<i>Salvia pratensis</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Kleinbloemige salie	<i>Salvia verbenaca</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Stekende bies	<i>Schoenoplectus pungens</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Driekantige bies	<i>Schoenoplectus triqueter</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Betonie	<i>Stachys officinalis</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Blauwe knoop	<i>Succisa pratensis</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Grote tijm	<i>Thymus pulegioides</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Wilde tijm	<i>Thymus serpyllum</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Knopig doornzaad	<i>Torilis nodosa</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Bochtige klaver	<i>Trifolium medium</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Genaald schapengras	<i>Festuca ovina</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Beemdkroon	<i>Knautia arvensis</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Brede ereprijs	<i>Veronica austriaca</i> subsp. <i>teucrium</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Liggende ereprijs	<i>Veronica prostrata</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Fijne ooievaarsbek	<i>Geranium columbinum</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Goudhaver	<i>Trisetum flavescens</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Heelkruid	<i>Sanicula europaea</i>	6	dieren	zoogdieren	land
Moeslook	<i>Allium oleraceum</i>	7	dieren	mieren	land
Daslook	<i>Allium ursinum</i>	7	dieren	mieren	land
Aarddistel	<i>Cirsium acaule</i>	7	dieren	mieren	land
Spaanse ruiter	<i>Cirsium dissectum</i>	7	dieren	mieren	land
Wollige distel	<i>Cirsium eriophorum</i>	7	dieren	mieren	land
Wilde herfsttijloos	<i>Colchicum autumnale</i>	7	dieren	mieren	land
Cipreswolfsmelk	<i>Euphorbia cyparissias</i>	7	dieren	mieren	land
Moeraswolfsmelk	<i>Euphorbia palustris</i>	7	dieren	mieren	land
Stijve wolfsmelk	<i>Euphorbia stricta</i>	7	dieren	mieren	land
Weidegeelster	<i>Gagea pratensis</i>	7	dieren	mieren	land
Schedegeelster	<i>Gagea spathacea</i>	7	dieren	mieren	land
Wrangwortel	<i>Helleborus viridis</i>	7	dieren	mieren	land
Beemdkroon	<i>Knautia arvensis</i>	7	dieren	mieren	land
Zomerklokje	<i>Leucojum aestivum</i>	7	dieren	mieren	land
Grote veldbies	<i>Luzula sylvatica</i>	7	dieren	mieren	land
Wilde narcis	<i>Narcissus pseudonarcissus</i> subsp. <i>pseudonarcissus</i>	7	dieren	mieren	land
Moeraskartelblad	<i>Pedicularis palustris</i>	7	dieren	mieren	land

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Heidekartelblad	<i>Pedicularis sylvatica</i>	7	dieren	mieren	land
Liggende vleugeltjesbloem	<i>Polygala serpyllifolia</i>	7	dieren	mieren	land
Gewone vleugeltjesbloem	<i>Polygala vulgaris</i>	7	dieren	mieren	land
Voorjaarsganzerik	<i>Potentilla verna</i>	7	dieren	mieren	land
Gulden sleutelbloem	<i>Primula veris</i>	7	dieren	mieren	land
Stengelloze sleutelbloem	<i>Primula vulgaris</i>	7	dieren	mieren	land
Smal longkruid	<i>Pulmonaria montana</i>	7	dieren	mieren	land
Gaspeldoorn	<i>Ulex europaeus</i>	7	dieren	mieren	land
Bleke schubwortel	<i>Lathraea squamaria</i>	7	dieren	mieren	land
Hondsviooltje	<i>Viola canina</i>	7	dieren	mieren	land
Melkviooltje	<i>Viola persicifolia</i>	7	dieren	mieren	land
Schraallandpaardebloem	<i>Taraxacum celticum</i>	7	dieren	vogels	lucht
Moeraspaardenbloem	<i>Taraxacum palustre</i>	7	dieren	vogels	lucht
Selderij	<i>Apium graveolens</i>	*	water		water
Ondergedoken moerasscherm	<i>Apium inundatum</i>	*	water		water
Kruipend moerasscherm	<i>Apium repens</i>	*	water		water
Kleine kroosvaren	<i>Azolla mexicana</i>	*	water		water
Platte bies	<i>Blysmus compressus</i>	*	water		water
Gekield sterrenkroos	<i>Callitriche cophocarpa</i>	*	water		water
Rond sterrenkroos	<i>Callitriche hermaphrodita</i>	*	water		water
Klein sterrenkroos	<i>Callitriche palustris</i>	*	water		water
Spindotterbloem	<i>Caltha palustris</i> subsp. <i>araneosa</i>	*	water		water
Paardenhaarzegge	<i>Carex appropinquata</i>	*	water		water
Noordse zegge	<i>Carex aquatilis</i>	*	water		water
Trilgraszegge	<i>Carex brizoides</i>	*	water		water
Knotszegge	<i>Carex buxbaumii</i>	*	water		water
Voorjaarszegge	<i>Carex caryophylla</i>	*	water		water
Polzegge	<i>Carex cespitosa</i>	*	water		water
Ronde zegge	<i>Carex diandra</i>	*	water		water
Tweehuizige zegge	<i>Carex dioica</i>	*	water		water
Groene bermzegge	<i>Carex divulsa</i>	*	water		water
Heidezegge	<i>Carex ericetorum</i>	*	water		water
Gele zegge	<i>Carex flava</i>	*	water		water
Blonde zegge	<i>Carex hostiana</i>	*	water		water
Gladde zegge	<i>Carex laevigata</i>	*	water		water
Draadzegge	<i>Carex lasiocarpa</i>	*	water		water
Schubzegge	<i>Carex lepidocarpa</i>	*	water		water
Dichte bermzegge	<i>Carex muricata</i>	*	water		water
Bleke zegge	<i>Carex pallescens</i>	*	water		water
Hangende zegge	<i>Carex pendula</i>	*	water		water
Vroege zegge	<i>Carex praecox</i>	*	water		water
Vlozegge	<i>Carex pulicaris</i>	*	water		water
Slanke zegge	<i>Carex strigosa</i>	*	water		water
Viltzegge	<i>Carex tomentosa</i>	*	water		water
Voszegge	<i>Carex vulpina</i>	*	water		water
Stinkende ganzenvoet	<i>Chenopodium vulvaria</i>	*	water		water
Galigaan	<i>Cladium mariscus</i>	*	water		water
Borstelkrans	<i>Clinopodium vulgare</i>	*	water		water

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Echt lepelblad	<i>Cochlearia officinalis</i> subsp. <i>officinalis</i>	*	water		water
Moerasstreekzaad	<i>Crepis paludosa</i>	*	water		water
Kruisbladwalstro	<i>Cruciata laevipes</i>	*	water		water
Klein warkruid	<i>Cuscuta epithymum</i>	*	water		water
Stijve moerasweegbree	<i>Echinodorus ranunculoides</i>	*	water		water
Kruipende moerasweegbree	<i>Echinodorus repens</i>	*	water		water
Eivormige waterbies	<i>Eleocharis ovata</i>	*	water		water
Vlottende bies	<i>Eleogiton fluitans</i>	*	water		water
Brede waterpest	<i>Elodea canadensis</i>	*	water		water
Moerasbasterdwederik	<i>Epilobium palustre</i>	*	water		water
Moeraswespenorchis	<i>Epipactis palustris</i>	*	water		water
Knolspirea	<i>Filipendula vulgaris</i>	*	water		water
Wilde kievitsbloem	<i>Fritillaria meleagris</i>	*	water		water
Moerashertshooi	<i>Hypericum elodes</i>	*	water		water
Kleine biesvaren	<i>Isoetes echinospora</i>	*	water		water
Grote biesvaren	<i>Isoetes lacustris</i>	*	water		water
Rijstgras	<i>Leersia oryzoides</i>	*	water		water
Zomerklokje	<i>Leucorum aestivum</i>	*	water		water
Waterlepeltje	<i>Ludwigia palustris</i>	*	water		water
Drijvende waterweegbree	<i>Luronium natans</i>	*	water		water
Boswederik	<i>Lysimachia nemorum</i>	*	water		water
Kleine kattenstaart	<i>Lythrum hyssopifolia</i>	*	water		water
Wilde gagel	<i>Myrica gale</i>	*	water		water
Klein nimfkruid	<i>Najas minor</i>	*	water		water
Beenbreek	<i>Narthecium ossifragum</i>	*	water		water
Dodemansvingers	<i>Oenanthe crocata</i>	*	water		water
Beverneltorkruid	<i>Oenanthe pimpinelloides</i>	*	water		water
Weidekerveltorkruid	<i>Oenanthe silaifolia</i>	*	water		water
Moeraskartelblad	<i>Pedicularis palustris</i>	*	water		water
Heidekartelblad	<i>Pedicularis sylvatica</i>	*	water		water
Karwijvarkenskervel	<i>Peucedanum carvifolia</i>	*	water		water
Dubbelkelk	<i>Picris echioides</i>	*	water		water
Vetblad	<i>Pinguicula vulgaris</i>	*	water		water
Spits fonteinkruid	<i>Potamogeton acutifolius</i>	*	water		water
Plat fonteinkruid	<i>Potamogeton compressus</i>	*	water		water
Ongelijkbladig fonteinkruid	<i>Potamogeton gramineus</i>	*	water		water
Stomp fonteinkruid	<i>Potamogeton obtusifolius</i>	*	water		water
Langstengelig fonteinkruid	<i>Potamogeton praelongus</i>	*	water		water
Gegolfd fonteinkruid	<i>Potamogeton x zizii</i>	*	water		water
Vlottende waterranonkel	<i>Ranunculus fluitans</i>	*	water		water
Klimopwaterranonkel	<i>Ranunculus hederaceus</i>	*	water		water
Witte waterranonkel	<i>Ranunculus ololeucos</i>	*	water		water
Kalkboterbloem	<i>Ranunculus polyanthemus</i> subsp. <i>polyanthemoides</i>	*	water		water
Driedelige waterranonkel	<i>Ranunculus tripartitus</i>	*	water		water
Kleine ratelaar	<i>Rhinanthus minor</i>	*	water		water
Witte snavelbies	<i>Rhynchospora alba</i>	*	water		water
Bruine snavelbies	<i>Rhynchospora fusca</i>	*	water		water
Knolsteenbreek	<i>Saxifraga granulata</i>	*	water		water

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Klasse	Mechanisme	Verspreider	Medium
Stekende bie	Schoenoplectus pungens	*	water		water
Driekantige bie	Schoenoplectus triqueter	*	water		water
Klein glidkruid	Scutellaria minor	*	water		water
Drijvende egelskop	Sparganium angustifolium	*	water		water
Kleinste egelskop	Sparganium natans	*	water		water
Bosmuur	Stellaria nemorum	*	water		water
Krabbenscheer	Stratiotes aloides	*	water		water
Plat blaasjeskruid	Utricularia intermedia	*	water		water
Klein blaasjeskruid	Utricularia minor	*	water		water
Bleekgeel blaasjeskruid	Utricularia ochroleuca	*	water		water
Liggende raket	Sisymbrium supinum	*	water		water
Echte heemst	Althaea officinalis	*	water		water
Kleine valeriaan	Valeriana dioica	*	water		water
Dwergbloem	Anagallis minima	8		regenballist	land
Spindotterbloem	Caltha palustris subsp. araneosa	8		regenballist	land
Kluwenklokje	Campanula glomerata	8		regenwater	land
Weideklokje	Campanula patula	8		regenwater	land
Rapunzelklokje	Campanula rapunculus	8		regenwater	land
Paarbladig goudveil	Chrysosplenium oppositifolium	8		regenballist	land
Cipreswolfsmelk	Euphorbia cyparissias	8		zelf	land
Moeraswolfsmelk	Euphorbia palustris	8		zelf	land
Stijve wolfsmelk	Euphorbia stricta	8		zelf	land
Grondster	Illecebrum verticillatum	8		regenwater	land
Rozetkruidkers	Lepidium heterophyllum	8		regenballist	land
Klein glidkruid	Scutellaria minor	8		regenballist	land
Tripmadam	Sedum reflexum	8		regenballist	land
Zacht vetkruid	Sedum sexangulare	8		regenballist	land
Stijve wikke	Vicia tenuifolia	8		zelf	land
Slanke wikke	Vicia tetrasperma subsp. gracilis	8		zelf	land
Distelbremraap	Orobancha reticulata	8		regenwater	land
Rode bremraap	Orobancha lutea	8		regenwater	land
Parnassia	Parnassia palustris	8		regenwater	land
Kleine pimpernel	Sanguisorba minor	8		regenwater	land
Fijne ooievaarsbek	Geranium columbinum	8		zelf	land
Knollathyrus	Lathyrus linifolius	8		zelf	land
Zwarte lathyrus	Lathyrus niger	8		zelf	land
Graslathyrus	Lathyrus nissolia	8		zelf	land
Boslathyrus	Lathyrus sylvestris	8		zelf	land
Veldsalie	Salvia pratensis	8		zelf	land
Hondsviooltje	Viola canina	8		zelf	land
Melkviooltje	Viola persicifolia	8		zelf	land
Rozenkransje	Antennaria dioica	9		wortelstokken	land
Alpenheksenkruid	Circaea alpina	9		turionen	land
Klein heksenkruid	Circaea x intermedia	9		turionen	land
Onderaardse klaver	Trifolium subterraneum	9		geocarpie	land

Bijlage 5 Indeling van plantensoorten per vegetatietype

SBS_nr	SBS name	Grasland	Heide	Naaldbos	Loofbos	Rietland en veenmos	Akker	Water
3013	<i>Achillea millefolium</i> L.	1						
40532	<i>Agrostis canina</i> L.	1						
41896	<i>Agrostis vinealis</i> Schreber		1					
41629	<i>Aira praecox</i> L.	1	1					
50025	<i>Amelanchier lamarckii</i> F.-G. Schroeder		1	1	1			
41907	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1	1		1			
3665	<i>Arnica montana</i> L.	1	1					
11725	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	1	1	1	1	1		
11725	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	1	1	1	1	1		
40342	<i>Briza media</i> L.	1						
19587	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull		1	1	1			
27293	<i>Caltha palustris</i> L.	1				1		
37228	<i>Carex nigra</i> ssp. <i>alpina</i> (Gaudin) Lemke	1	1					
26075	<i>Epilobium angustifolium</i> L.		1	1	1			
5024	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1						
5194	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	1						
40290	<i>Dactylis glomerata</i> L.	1			1	1		
39515	<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó	1	1			1		
39506	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	1	1			1		
1358	<i>Daucus carota</i> L.	1						
40299	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	1			1			
41982	<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.		1	1	1			
16129	<i>Dianthus deltoides</i> L.	1						
33178	<i>Digitalis purpurea</i> L.			1	1			
18999	<i>Drosera rotundifolia</i> L.	1	1			1		
377	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs			1	1	1		
387	<i>Dryopteris dilatata</i> (Hoffm.) A. Gray			1	1			
19449	<i>Empetrum nigrum</i> L.		1	1	1	1		
39624	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	1				1		
19489	<i>Erica tetralix</i> L.	1	1	1	1	1		
37550	<i>Eriophorum angustifolium</i> ssp. <i>angustifolium</i>	1	1	1	1	1		1
22485	<i>Fagus sylvatica</i> L.		1	1	1			
40171	<i>Festuca ovina</i> L.	1	1	1	1			
39121	<i>Fritillaria meleagris</i> L.	1						
22875	<i>Gentiana pneumonanthe</i> L.	1	1					
23049	<i>Gentianella campestris</i> (L.) Börner	1						
11311	<i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Schultz Bip. & F.W. Schultz		1	1	1			
42613	<i>Holcus lanatus</i> L.	1			1			
6499	<i>Hypochoeris radicata</i> L.	1	1					
2439	<i>Ilex aquifolium</i> L.				1			
35974	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	1	1			1		
35965	<i>Juncus articulatus</i> L.	1				1		
36026	<i>Juncus bulbosus</i> L.					1		1
36112	<i>Juncus tenuis</i> Willd.		1	1	1			

SBS_nr	SBS name	Grasland	Heide	Naaldbos	Loofbos	Rietland en veenmos	Akker	Water
15394	<i>Linnaea borealis</i> L.			1				
21448	<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr	1						
36245	<i>Luzula multiflora</i> (Retz.) Lej.	1	1		1			
476	<i>Lycopodium annotinum</i> L.		1		1			
39069	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt				1			
42495	<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	1	1	1	1	1		
25316	<i>Myrica gale</i> L.		1		1	1		
43217	<i>Nardus stricta</i> L.	1	1					
33007	<i>Odontites verna</i> (Bellardi) Dumort.	1					1	
39762	<i>Orchis morio</i> L.	1						
40043	<i>Orchis morio</i> subsp. <i>champagneuxii</i> (Barn.) Camus	1						
25636	<i>Parnassia palustris</i> L.	1	1			1		
42412	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel	1			1	1		1
27860	<i>Plantago lanceolata</i> L.	1						
43060	<i>Poa annua</i> L.	1						
28858	<i>Primula veris</i> L.	1			1			
22457	<i>Quercus robur</i> L.	1	1	1	1			
28032	<i>Frangula alnus</i> Miller		1	1	1			
9629	<i>Senecio inaequidens</i> DC.	1	1				1	
36308	<i>Stratiotes aloides</i> L.							1
59282	<i>Taraxacum officinale</i> agg.	1						
44250	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	1						
22101	<i>Trifolium repens</i> L.	1						
9608	<i>Tussilago farfara</i> L.	1					1	
35149	<i>Urtica dioica</i> L.	1	1		1			
34832	<i>Valeriana officinalis</i> L.	1			1			
35384	<i>Viola canina</i> L.	1	1					

Bijlage 6 Vegetatiekaarten voor DIMO

Gevraagde DIMO-vegetatie-invoer

Voor het draaien van een DIMO-simulatie worden per plantensoort twee vegetatiekaarten gevraagd:
plant age map: huidig voorkomen kaart, met als celwaarde de duur van voorkomen van de plantensoort op die plek tot tijdstip van simulatie in jaren;
seed age map: huidige zaadbank kaart, met als celwaarde de resterende levensduur van de zaadbank op die plek tot tijdstip van simulatie in jaren.

Maken van vegetatiekaarten voor DIMO-toepassing in de Natuurplanner

Basiskaarten

Voor toepassing van DIMO in de Natuurplanner zijn vegetatiekaarten gevraagd van de 914 plantensoorten waarvan de kans op voorkomen in MOVE worden gemodelleerd. De gebruikte bronnen voor de vegetatiekaarten zijn:

FLORON: verspreidingsgegevens per soort, gegeven als puntenfile, representatief voor 250*250 m hok;

FLORON: verspreidingsgegevens per soort per kilometerhok, gegeven als vlakkenkaart.

Aannames basiskaarten

De beschikbare soortverspreidingskaarten zijn niet volledig. De kaarten geven wel de aanwezigheid van een soort, maar niet de afwezigheid. Een leeg vlak of een nulwaarde kan dus betekenen dat de soort er niet voorkomt, maar het kan ook betekenen dat het punt of vlak niet is geïnventariseerd (waarnemerseffect). De soortverspreidingskaarten geven daarmee veelal een onderschatting van het voorkomen van plantensoorten. De mate van deze onderschatting dient te worden uitgezocht bij de bronhouder.

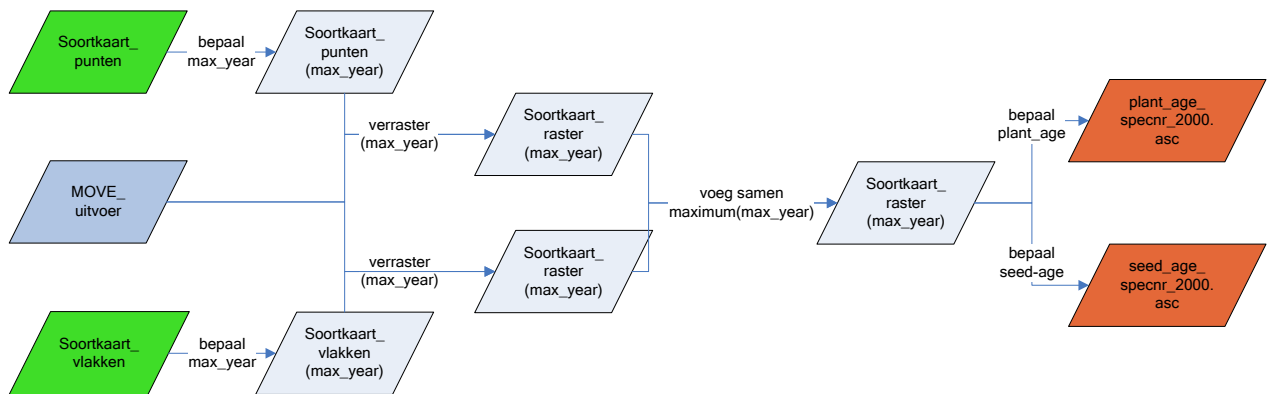
Uit deze kenmerken van de soortverspreidingskaarten volgen twee aannames:

Recentste observatie tussen 1991 en 2010: soort wordt als 'nu aanwezig' verondersteld.

Recentste observatie voor 1991: soort wordt als 'nu afwezig' verondersteld.

Werkwijze

De werkwijze voor het maken van de plant-age- en seed-age-map is schematisch weergegeven in de figuur op de volgende pagina.



De stappen zijn als volgt:

- 1 Het meest recente voorkomen van de soort, max_year, wordt bepaald, per kaart.
- 2 De kaarten worden elk verrasterd, en samengevoegd op maximum max_year. Twee aandachtspunten:
 - a. Correcte 'vertaling' van punt naar raster: de puntlocaties dienen het juiste (kilometer)hok weer te geven, anders moet dit gecorrigeerd worden in de verrasterprocedure.
 - b. Verraster in aansluiting op de overige DIMO-invoer, in de Natuurplanner dus de MOVE-kaart. Dit bepaalt celgrootte, oorsprong en aantal rijen en kolommen.
- 3 De plant-age wordt bepaald:
 - a. als (max_year > 1990) (soort 'nu aanwezig'):
plant-age = 2010 – max_year;
 - b. anders (soort 'nu afwezig'):
plant-age = 0.
- 4 De seed-age wordt bepaald:
 - a. als (max_year > 1990) (soort 'nu aanwezig'):
seed-age = max_seed_life;
 - b. anders als (1991– max_year =< max_seed_lifeyear) (soort 'nu afwezig'):
seed-age = max_seed_life – (1991 – max_year);
 - c. anders (soort al lang afwezig):
seed-age = 0.
- 5 De kaarten worden geëxporteerd als ascii-bestand.

Naamgeving vegetatiekaarten

De Natuurplanner vraagt voor de resulterende plant-age- en seed-age-map een vast format voor naamgeving:

1. plant_age_[soortnr]_[jaar].asc, bijvoorbeeld plant_age_135_2000.asc;
2. seed_age_[soortnr]_[jaar].asc, bijvoorbeeld seed_age_135_2000.asc.

Bijlage 7 Parametercombinaties gebruikt voor de gevoeligheidsanalyse van DIMO

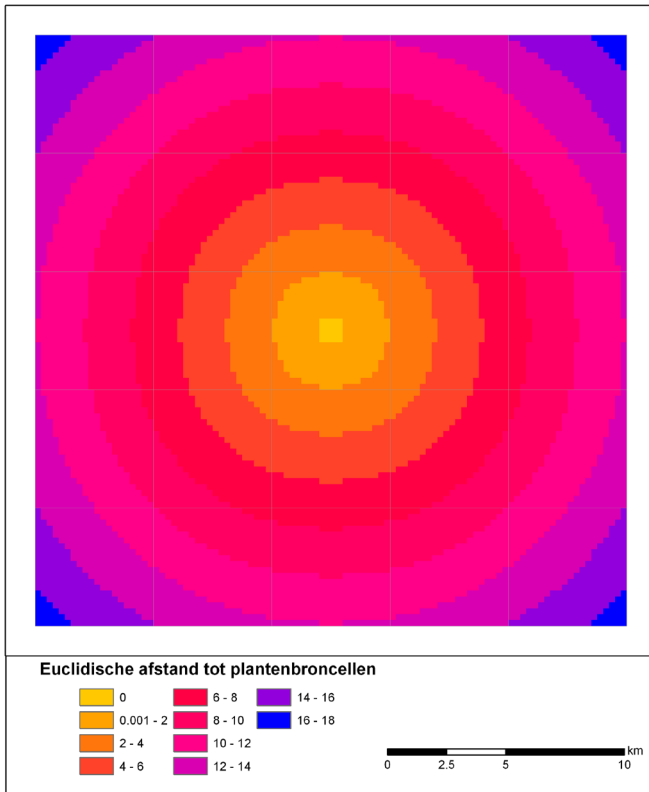
Dispersie-afstand wind (m)	Windkracht (-)	Dispersie-afstand dier (m)	Germination delay (j)	Barrière (-)	Gridcel-grootte (m)
Set 1 dispersie wind					
0	1	0	0	1	250
0.1	1	0	0	1	250
200	1	0	0	1	250
400	1	0	0	1	250
800	1	0	0	1	250
1600	1	0	0	1	250
Set 2 windkracht					
1000	1	0	0	1	250
1000	1.5	0	0	1	250
1000	2	0	0	1	250
1000	2.5	0	0	1	250
Set 3 dispersie dier					
0	1	0	0	1	250
0	1	0.1	0	1	250
0	1	50	0	1	250
0	1	200	0	1	250
0	1	1000	0	1	250
0	1	10000	0	1	250
Set 4 germination delay					
200	1	200	0	1	250
200	1	200	1	1	250
200	1	200	5	1	250
200	1	200	10	1	250
200	1	200	25	1	250
Set 5 barrière					
200	1	1000	0	1	250
200	1	1000	0	2	250
Set 6 gridgrootte					
200	1	200	0	1	25
200	1	200	0	1	250
200	1	200	0	1	1000

De windkracht wordt gegeven in een relatieve maat, waarbij een waarde 2 ervoor zorgt dat behalve de dominante windrichting de dispersieafstand de helft is ten opzichte van de dominante windrichting. De barrièrewerking wordt als 1 of 2 aangegeven, waarbij 1 geen barrière en 2 een ondoorlatende barrière voor dieren aan geeft.

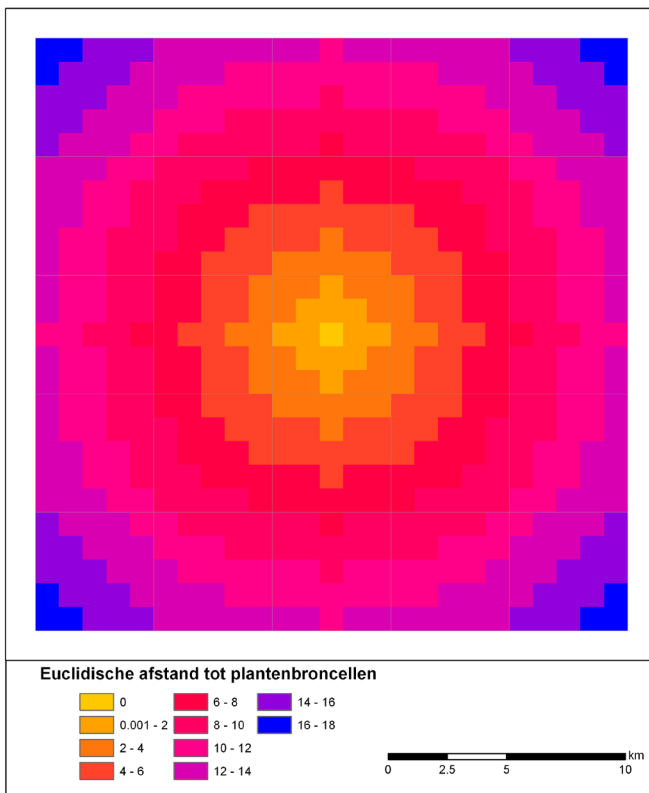
Bijlage 8 Euclidische distancekaarten, gebruikt voor de dispersieafstandbepaling in de gevoeligheidsanalyse

De kaarten gepresenteerd in deze bijlage zijn gebruikt om de dispersieafstand te bepalen voor de verschillende modelruns die zijn uitgevoerd voor de gevoeligheidsanalyse. Omdat er met drie gridgroottes is gewerkt zijn hier ook drie kaarten gegeven. De afstanden in de legenda worden gegeven in kilometers en vertegenwoordigen afstandsklassen. Voor de berekeningen is niet gewerkt met de klassen zoals die hieronder gegeven worden, maar met de absolute afstanden.





250 m grid



1000 m grid

Bijlage 9 Fout in de berekening van de dispersieafstand in DIMO

Bij de modelresultaten voor dispersie constateren we twee afwijkingen van de verwachte dispersie.

1. Bij berekening van de dispersie wordt de 'resterende' dispersieafstand niet meegenomen in de dispersiemogelijkheid voor het volgende runjaar; de dispersie start dan weer vanuit het celcentrum. Bijvoorbeeld: bij een plant met dispersiecapaciteit = 400m/j en celgrootte = 250 m worden in het 1e runjaar alle 8 buurcellen bereikt (4 direct aanliggende cellen met afstand 250 m en 4 diagonale cellen met afstand = 353m). In het 2e runjaar wordt de dispersie berekend vanaf het centrum van de bereikte cellen; er wordt geen rekening gehouden met de al in het 1e runjaar bereikte dispersieafstand in die cellen (in de aanliggende cellen: $400-250 = 150\text{m}$; in de diagonale cellen: $400-353 = 47\text{m}$). Dit geeft een onderschatting van de dispersie.
2. Bij dispersieafstanden kleiner dan de gridcelgrootte wordt het bereiken van de buurcellen bepaald door te berekenen na hoeveel jaar de plant de cel uit is. Deze berekening is nu: $\text{dispersie-interval} = \text{celgrootte} / \text{dispersieafstand}$. Deze berekening is gebaseerd op dispersie naar de aanliggende cellen, en werkt onvoldoende voor de diagonale cellen. De dispersie in de diagonale cellen wordt hiermee onderschat.

Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2009

Werkdocumenten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl
De werkdocumenten zijn ook te downloaden via de WOT-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

2009

- 126** *Kamphorst, D.A.* Keuzes in het internationale biodiversiteitsbeleid; Verkenning van de beleidstheorie achter de internationale aspecten van het Beleidsprogramma Biodiversiteit (2008-2011)
- 127** *Dirkx, G.H.P. & F.J.P. van den Bosch.* Quick scan gebruik Catalogus groenblauwe diensten
- 128** *Loeb, R. & P.F.M. Verdonschot.* Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren
- 129** *Kruit, J. & P.M. Veer.* Herfotografie van landschappen; Landschapsfoto's van de 'Collectie de Boer' als uitgangspunt voor het in beeld brengen van ontwikkelingen in het landschap in de periode 1976-2008
- 130** *Oenema, O., A. Smit & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Landelijk Gebied; werkwijze en eerste resultaten
- 131** *Agricola, H.J.A.J. van Strien, J.A. Boone, M.A. Dolman, C.M. Goossen, S. de Vries, N.Y. van der Wulp, L.M.G. Groenemeijer, W.F. Lukey & R.J. van Til.* Achtergrond-document Nulmeting Effectindicatoren Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 132** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-001 – Koepel
- 133** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 134** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 135** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-005 – M-AVP
- 136** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 137** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 138** *Jong de, J.J., J. van Os & R.A. Smidt.* Inventarisatie en beheerskosten van landschapselementen
- 139** *Dirkx, G.H.P., R.W. Verburg & P. van der Wielen.* Tegenkrachten Natuur. Korte verkenning van de weerstand tegen aankopen van landbouwgrond voor natuur
- 140** *Annual reports for 2008; Programme WOT-04*
- 141** *Vullings, L.A.E., C. Blok, G. Vonk, M. van Heusden, A. Huisman, J.M. van Linge, S. Keijzer, J. Oldengarm & J.D. Bulens.* Omgaan met digitale nationale beleidskaarten
- 142** *Vreke, J.A.L. Gerritsen, R.P. Kranendonk, M. Pleijte, P.H. Kersten & F.J.P. van den Bosch.* Maatlat Government – Governance
- 143** *Gerritsen, A.L., R.P. Kranendonk, J. Vreke, F.J.P. van den Bosch & M. Pleijte.* Verdrogingsbestrijding in het tijdperk van het Investeringsbudget Landelijk Gebied. Een verslag van casuonderzoek in de provincies Drenthe, Noord-Brabant en Noord-Holland
- 144** *Luesink, H.H., P.W. Blokland, M.W. Hoogeveen & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 2006 en 2007
- 145** *Bakker de, H.C.M. & C.S.A. van Koppen.* Draagvlakonderzoek in de steigers. Een voorstudie naar indicatoren om maatschappelijk draagvlak voor natuur en landschap te meten
- 146** *Goossen, C.M.,* Monitoring recreatiegedrag van Nederlanders in landelijke gebieden. Jaar 2006/2007
- 147** *Hoefs, R.M.A., J. van Os & T.J.A. Gies.* Kavelruil en Landschap. Een korte verkenning naar ruimtelijke effecten van kavelruil
- 148** *Klok, T.L., R. Hille Ris Lambers, P. de Vries, J.E. Tamis & J.W.M. Wijsman.* Quick scan model instruments for marine biodiversity policy
- 149** *Spruijt, J., P. Spoorenberg & R. Schreuder.* Milieueffectiviteit en kosten van maatregelen gewasbescherming
- 150** *Ehlert, P.A.I. (rapporteur).* Advies Bemonstering bodem voor differentiatie van fosfaatgebruiksnormen
- 151** *Wulp van der, N.Y.* Storende elementen in het landschap: welke, waar en voor wie? Bijlage bij WOT-paper 1 – Krassen op het landschap
- 152** *Oltmer, K., K.H.M. van Bommel, J. Clement, J.J. de Jong, D.P. Rudrum & E.P.A.G. Schouwenberg.* Kosten voor habitattypen in Natura 2000-gebieden. Toepassing van de methode Kosteneffectiviteit natuurbeleid
- 153** *Adrichem van, M.H.C., F.G. Wortelboer & G.W.W. Wamelink (2010).* MOVE. Model for terrestrial Vegetation. Version 4.0
- 154** *Wamelink, G.W.W., R.M. Winkler & F.G. Wortelboer.* User documentation MOVE4 v 1.0
- 155** *Gies de, T.J.A., L.J.J. Jeurissen, I. Staritsky & A. Bleeker.* Leefomgevingsindicatoren Landelijk gebied. Inventarisatie naar stand van zaken over geurhinder, lichthinder en fijn stof
- 156** *Tamminga, S., A.W. Jongbloed, P. Bikker, L. Sebek, C. van Bruggen & O. Oenema.* Actualisatie excretiecijfers landbouwhuisdieren voor forfaits regeling Meststoffenwet
- 157** *Van der Salm, C., L. M. Boumans, G.B.M. Heuvelink & T.C. van Leeuwen.* Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid
- 158** *Bouwma, I.M.* Quicksan Natura 2000 en Programma Beheer. Een vergelijking van Programma Beheer met de soorten en habitats van Natura 2000
- 159** *Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst, T.A. Selnes, M. van Veen, F.J.P. van den Bosch, L. van den Broek, M.E.A. Broekmeyer, J.L.M. Donders, R.J. Fontein, S. van Tol, G.W.W. Wamelink & P. van der Wielen.* Dilemma's en barrières in de praktijk van het natuur- en landschapsbeleid; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 160** *Fontein R.J., T.A. de Boer, B. Breman, C.M. Goossen, R.J.H.G. Henkens, J. Luttik & S. de Vries.* Relatie recreatie en natuur; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 161** *Deneer, J.W. & R. Kruijne. (2010).* Atmosferische depositie van gewasbeschermingsmiddelen. Een verkenning van de literatuur verschenen na 2003
- 162** *Verburg, R.W., M.E. Sanders, G.H.P. Dirkx, B. de Knegt & J.W. Kuhlman.* Natuur, landschap en landelijk gebied. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 163** *Doorn van, A.M. & M.P.C.P. Paulissen.* Natuurgericht milieubeleid voor Natura 2000-gebieden in Europees perspectief: een verkenning
- 164** *Smidt, R.A., J. van Os & I. Staritsky.* Samenstellen van landelijke kaarten met landschapselementen, grondeigendom en beheer. Technisch achtergronddocument bij de opgeleverde bestanden
- 165** *Pouwels, R., R.P.B. Foppen, M.F. Wallis de Vries, R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen & A. van Kleunen.* Verkenning LARCH: omgaan met kwaliteit binnen ecologische netwerken
- 166** *Born van den, G.J., H.H. Luesink, H.A.C. Verkerk, H.J. Mulder, J.N. Bosma, M.J.C. de Bode & O. Oenema.* Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen, versie 2009
- 167** *Dijk, T.A. van, J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema.* Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet- Versie 2.1
- 168** *Smits, M.J., M.J. Bogaardt, D. Eaton, A. Karbauskas & P. Roza.* De vermaatschappelijking van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. Een inventarisatie van visies in Brussel en diverse EU-lidstaten
- 169** *Vreke, J. & I.E. Salverda.* Kwaliteit leefomgeving en stedelijk groen

- 170 *Hengsdijk, H. & J.W.A. Langeveld.* Yield trends and yield gap analysis of major crops in the World
- 171 *Horst, M.M.S. ter & J.G. Groenwold.* Tool to determine the coefficient of variation of DegT50 values of plant protection products in water-sediment systems for different values of the sorption coefficient
- 172 *Boons-Prins, E., P. Leffelaar, L. Bouman & E. Stehfest (2010)* Grassland simulation with the LPJmL model
- 173 *Smit, A., O. Oenema & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Kwaliteit Landelijk Gebied
- 2010**
- 174 *Boer de, S., M.J. Bogaardt, P.H. Kersten, F.H. Kistenkas, M.G.G. Neven & M. van der Zouwen.* Zoektocht naar nationale beleidsruimte in de EU-richtlijnen voor het milieu- en natuurbeleid. Een vergelijking van de implementatie van de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn in Nederland, Engeland en Noordrijn-Westfalen
- 175 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-001 – Koepel
- 176 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 177 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 178 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-005 – M-AVP
- 179 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 180 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 181 *Annual reports for 2009;* Programme WOT-04
- 182 *Oenema, O., P. Bikker, J. van Harn, E.A.A. Smolders, L.B. Sebek, M. van den Berg, E. Stehfest & H. Westhoek.* Quickscan opbrengsten en efficiëntie in de gangbare en biologische akkerbouw, melkveehouderij, varkenshouderij en pluimveehouderij. Deelstudie van project 'Duurzame Eiwitvoorziening'
- 183 *Smits, M.J.W., N.B.P. Polman & J. Westerink.* Uitbreidingsmogelijkheden voor groene en blauwe diensten in Nederland; Ervaringen uit het buitenland
- 184 *Dirkx, G.H.P. (red.).* Quick responsefunctie 2009. Verslag van de werkzaamheden
- 185 *Kuhlman, J.W., J. Lujt, J. van Dijk, A.D. Schouten & M.J. Voskuilen.* Grondprijskaarten 1998-2008
- 186 *Slangen, L.H.G., R.A. Jongeneel, N.B.P. Polman, E. Lianouridis, H. Leneman & M.P.W. Sonneveld.* Rol en betekenis van commissies voor gebiedsgericht beleid
- 187 *Temme, A.J.A.M. & P.H. Verburg.* Modelling of intensive and extensive farming in CLUE
- 188 *Vreke, J.* Financieringsconstructies voor landschap
- 189 *Slangen, L.H.G.* Economische concepten voor beleidsanalyse van milieu, natuur en landschap
- 190 *Knotters, M., G.B.M. Heuvelink, T. Hoogland & D.J.J. Walvoort.* A disposition of interpolation techniques
- 191 *Hoogeveen, M.W., P.W. Blokland, H. van Kernebeek, H.H. Luesink & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 1990 en 2005-2008
- 192 *Beekman, V., A. Pronk & A. de Smet.* De consumptie van dierlijke producten. Ontwikkeling, determinanten, actoren en interventies.
- 193 *Polman, N.B.P., L.H.G. Slangen, A.T. de Blaeij, J. Vader & J. van Dijk.* Baten van de EHS; De locatie van recreatiebedrijven
- 194 *Veeneklaas, F.R. & J. Vader.* Demografie in de Natuurverkenning 2011; Bijlage bij WOT-paper 3
- 195 *Wascher, D.M., M. van Eupen, C.A. Múcher & I.R. Geizendorffer.* Biodiversity of European Agricultural landscapes. Enhancing a High Nature Value Farmland Indicator
- 196 *Apeldoorn van, R.C., I.M. Bouwma, A.M. van Doorn, H.S.D. Naeff, R.M.A. Hoefs, B.S. Elbersen & B.J.R. van Rooij.* Natuurgebieden in Europa: bescherming en financiering
- 197 *Brus, D.J., R. Vasat, G. B. M. Heuvelink, M. Knotters, F. de Vries & D. J. J. Walvoort.* Towards a Soil Information System with quantified accuracy; A prototype for mapping continuous soil properties
- 198 *Groot, A.M.E. & A.L. Gerritsen, m.m.v. M.H. Borgstein, E.J. Bos & P. van der Wielen.* Verantwoording van de methodiek Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 199 *Bos, E.J. & M.H. Borgstein.* Monitoring Gesloten voer-mest kringlopen. Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 200 *Kennismarkt 27 april 2010;* Van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten Planbureau voor de Leefomgeving
- 201 *Wielen van der, P.* Monitoring Integrale duurzame stallen. Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 202 *Groot, A.M.E. & A.L. Gerritsen.* Monitoring Functionele agrobiodiversiteit. Achtergrond-document bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 203 *Jongeneel, R.A. & L. Ge.* Farmers' behavior and the provision of public goods: Towards an analytical framework
- 204 *Vries, S. de, M.H.G. Custers & J. Boers.* Storende elementen in beeld; de impact van menselijke artefacten op de landschapsbeleving nader onderzocht
- 205 *Vader, J. J.L.M. Donders & H.W.B. Bredenoord.* Zicht op natuur- en landschapsorganisaties; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 206 *Jongeneel, R.A., L.H.G. Slangen & N.B.P. Polman.* Groene en blauwe diensten; Een raamwerk voor de analyse van doelen, maatregelen en instrumenten
- 207 *Letourneau, A.P., P.H. Verburg & E. Stehfest.* Global change of land use systems; IMAGE: a new land allocation module
- 208 *Heer, M. de.* Het Park van de Toekomst. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 209 *Knotters, M., J. Lahr, A.M. van Oosten-Siedlecka & P.F.M. Verdonschot.* Aggregation of ecological indicators for mapping aquatic nature quality. Overview of existing methods and case studies
- 210 *Verdonschot, P.F.M. & A.M. van Oosten-Siedlecka.* Graadmeters Aquatische natuur. Analyse gegevenskwaliteit Limnodata
- 211 *Linderhof, V.G.M. & H. Leneman.* Quickscan kosteneffectiviteitsanalyse aquatische natuur
- 212 *Leneman, H., V.G.M. Linderhof & R. Michels.* Mogelijkheden voor het inbrengen van informatie uit de 'KRW database' in de 'KE database'
- 213 *Schrijver, R.A.M., A. Corporaal, W.A. Ozinga & D. Rudrum.* Kosteneffectieve natuur in landbouwgebieden; Methode om effecten van maatregelen voor de verhoging van biodiversiteit in landbouwgebieden te bepalen, een test in twee gebieden in Noordoost-Twente en West-Zeeuws-Vlaanderen
- 214 *Hoogland, T., R.H. Kemmers, D.G. Cirkel & J. Hunink.* Standplaatsfactoren afgeleid van hydrologische model uitkomsten; Methode-ontwikkeling en toetsing in het Drentse Aa-gebied
- 215 *Agricola, H.J., R.M.A. Hoefs, A.M. van Doorn, R.A. Smidt & J. van Os.* Landschappelijke effecten van ontwikkelingen in de landbouw
- 216 *Kramer, H., J. Oldengarm & L.F.S. Roupioz.* Nederland is groener dan kaarten laten zien; Mogelijkheden om 'groen' beter te inventariseren en monitoren met de automatische classificatie van digitale luchtfoto's
- 217 *Raffe, J.K. van, J.J. de Jong & G.W.W. Wamelink (2011).* Kostenmodule Natuurplanner; functioneel ontwerp en software-validatie
- 218 *Hazeu, G.W., Kramer, H., J. Clement & W.P. Daamen (2011).* Basiskaart Natuur 1990rev
- 219 *Boer, T.A. de.* Waardering en recreatief gebruik van Nationale Landschappen door haar bewoners
- 220 *Leneman, H., A.D. Schouten & R.W. Verburg.* Varianten van natuurbeleid: voorbereidende kostenberekeningen; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 221 *Knegt, B. de, J. Clement, P.W. Goedhart, H. Sierdsema, Chr. van Swaay & P. Wiersma.* Natuurkwaliteit van het agrarisch gebied

2011

- 222** *Kamphorst, D.A. & M.M.P. van Oorschot.* Kansen en barrières voor verduurzaming van houtketens
- 223** *Salm, C. van der & O.F. Schoumans.* Langetermijneffecten van verminderde fosfaatgiften
- 224** *Bikker, P., M.M. van Krimpen & G.J. Remmelink.* Stikstofverteerbaarheid in voeders voor landbouwhuisdieren; Berekeningen voor de TAN-excretie
- 225** *M.E. Sanders & A.L. Gerritsen (red.).* Het biodiversiteitsbeleid in Nederland werkt. Achtergronddocument bij Balans van de Leefomgeving 2010
- 226** *Bogaart, P.W., G.A.K. van Voorn & L.M.W. Akkermans.* Evenwichtsanalyse modelcomplexiteit; een verkennende studie
- 227** *Kleunen A. van, K. Koffijberg, P. de Boer, J. Nienhuis, C.J. Camphuysen, H. Schekkerman, K.H. Oosterbeek, M.L. de Jong, B. Ens & C.J. Smit (2010).* Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2007 en 2008
- 228** *Salm, C. van der, L.J.M. Boumans, D.J. Brus, B. Kempen & T.C. van Leeuwen.* Validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE met meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK).
- 229** *Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, L. van Egmond, H.J. Venema & J.J. Jongsma.* Vijftig jaar monitoring en beheer van de Friese en Groninger kwelderwerken: 1960-2009
- 230** *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-001 – Koepel
- 231** *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 232** *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 233** *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-005 – M-AVP
- 234** *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-006 – Natuurplanbureauafunctie
- 235** *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-007 – Milieuplanbureauafunctie
- 236** *Arnouts, R.C.M. & F.H. Kistenkas.* Nederland op slot door Natura 2000: de discussie ontrafeld; Bijlage bij WOT-paper 7 – De deur klemt
- 237** *Harms, B. & M.M.M. Overbeek.* Bedrijven aan de slag met natuur en landschap; relaties tussen bedrijven en natuurorganisaties. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 238** *Agricola, H.J. & L.A.E. Vullings.* De stand van het platteland 2010. Monitor Agenda Vitaal Platteland; Rapportage Midterm meting Effectindicatoren
- 239** *Klijn, J.A.* Wisselend getij. Omgang met en beleid voor natuur en landschap in verleden en heden; een essayistische beschouwing. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 240** *Corporaal, A., T. Denters, H.F. van Dobben, S.M. Hennekens, A. Klimkowska, W.A. Ozinga, J.H.J. Schaminée & R.A.M. Schrijver.* Stenoeciteit van de Nederlandse flora. Een nieuwe parameter op grond van ecologische amplitudo's van de Nederlandse plantensoorten en toepassingsmogelijkheden
- 241** *Wamelink, G.W.W., R. Jochem, J. van der Greff, C. Grashof-Bokdam, R.M.A. Wegman, G.J. Franke & A.H. Prins.* Het plantendispersiemodel DIMO; verbetering van de modellering in de Natuurplanner
- 242** *Klimkowska, A., M.H.C. van Adrichem, J.A.M. Jansen & G.W.W. Wamelink.* Bruikbaarheid van WNK-monitoringgegevens voor EC-rapportage voor Natura 2000-gebieden. Eerste fase
- 243** *Goossen, C.M., R.J. Fontein, J.L.M. Donders & R.C.M. Arnouts.* Mass Movement naar recreatieve gebieden; Overzicht van methoden om bezoekersaantallen te meten
- 244** *Spruijt, J., P.M. Spoorenberg, J.A.J.M. Rovers, J.J. Slabbekoorn, S.A.M. de Kool, M.E.T. Vlaswinkel, B. Heijne, J.A. Hiemstra, F. Nouwens & B.J. van der Sluis.* Milieueffecten van maatregelen gewasbescherming
- 245** *Walker, A.N. & G.B. Woltjer.* Forestry in the Magnet model.
- 246** *Hoefnagel, E.W.J., F.C. Buisman, J.A.E. van Oostenbrugge & B.I. de Vos.* Een duurzame toekomst voor de Nederlandse visserij. Toekomstscenario's 2040
- 247** *Buurma, J.S. & S.R.M. Janssens.* Het koor van adviseurs verdient een dirigent. Over kennisverspreiding rond phytophthora in aardappelen
- 248** *Verburg, R.W., A.L. Gerritsen & W. Nieuwenhuizen.* Natuur meekoppelen in ruimtelijke ontwikkeling: een analyse van sturingsstrategieën voor de Natuurverkenning. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 249** *Kooten, T. van & C. Klok.* The Mackinson-Daskalov North Sea EcoSpace model as a simulation tool for spatial planning scenarios
- 250** *Bruggen van, C., C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans, S.M. van der Sluis & G.L. Velthof.* Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest 1990-2008. Berekeningen met het Nationaal Emissiemodel voor Ammoniak (NEMA)
- 251** *Bruggen van, C., C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans, S.M. van der Sluis & G.L. Velthof.* Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest in 2009. Berekeningen met het Nationaal Emissiemodel voor Ammoniak (NEMA)
- 252** *Randen van, Y., H.L.E. de Groot & L.A.E. Vullings.* Monitor Agenda Vitaal Platteland vastgelegd. Ontwerp en implementatie van een generieke beleidsmonitor
- 253** *Agricola, H.J., R. Reijnen, J.A. Boone, M.A. Dolman, C.M. Goossen, S. de Vries, J. Roos-Klein Lankhorst, L.M.G. Groenemeijer & S.L. Deijl.* Achtergronddocument Midterm meting Effectindicatoren Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 254** *Buiteveld, J. S.J. Hiemstra & B. ten Brink.* Modelling global agrobiodiversity. A fuzzy cognitive mapping approach
- 255** *Hal van R., O.G. Bos & R.G. Jak.* Noordzee: systeemdynamiek, klimaatverandering, natuurtypen en benthos. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 256** *Teal, L.R.* The North Sea fish community: past, present and future. Background document for the 2011 National Nature Outlook
- 257** *Leopold, M.F., R.S.A. van Bemmelen & S.C.V. Geelhoed.* Zeevogels op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 258** *Geelhoed, S.C.V. & T. van Polanen Petel.* Zeezoogdieren op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 259** *Kuijs, E.K.M. & J. Steenbergen.* Zoet-zoutovergangen in Nederland; stand van zaken en kansen voor de toekomst. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 260** *Baptist, M.J.* Zachte kustverdediging in Nederland; scenario's voor 2040. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 261** *Wiersinga, W.A., R. van Hal, R.G. Jak & F.J. Quirjns.* Duurzame kottervisserij op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 262** *Wal J.T. van der & W.A. Wiersinga.* Ruimtegebruik op de Noordzee en de trends tot 2040. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 263** *Wiersinga, W.A. J.T. van der Wal, R.G. Jak & M.J. Baptist.* Vier kijkrichtingen voor de mariene natuur in 2040. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 264** *Bolman, B.C. & D.G. Goldsborough.* Marine Governance. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 265** *Bannink, A.* Methane emissions from enteric fermentation in dairy cows, 1990-2008; Background document on the calculation method and uncertainty analysis for the Dutch National Inventory Report on Greenhouse Gas Emissions
- 266** *Wyngaert, I.J.J. van den, P.J. Kuikman, J.P. Lesschen, C.C. Verwer & H.H.J. Vreuls.* LULUCF values under the Kyoto Protocol; Background document in preparation of the National Inventory Report 2011 (reporting year 2009)
- 267** *Helming, J.F.M. & I.J. Terluin.* Scenarios for a cap beyond 2013; implications for EU27 agriculture and the cap budget.
- 268** *Woltjer, G.B.* Meat consumption, production and land use. Model implementation and scenarios.

- 269 *Knegt, B. de, M. van Eupen, A. van Hinsberg, R. Pouwels, M.S.J.M. Reijnen, S. de Vries, W.G.M. van der Bilt & S. van Tol.* Ecologische en recreatieve beoordeling van toekomstscenario's van natuur op het land. Achtergrond-document bij Natuurverkenning 2011.
- 270 *Bos, J.F.F.P., M.J.W. Smits, R.A.M. Schrijver & R.W. van der Meer.* Gebiedsstudies naar effecten van vergroening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid op bedrijfseconomie en inpassing van agrarisch natuurbeheer.
- 271 *Donders, J., J. Luttk, M. Goossen, F. Veeneklaas, J. Vreke & T. Weijsschede.* Waar gaat dat heen? Recreatiemotieven, landschapskwaliteit en de oudere wandelaar. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011.
- 272 *Voorn G.A.K. van & D.J.J. Walvoort.* Evaluation of an evaluation list for model complexity.
- 273 *Heide, C.M. van der & F.J. Sijtsma.* Maatschappelijke waardering van ecosysteemdiensten; een handreiking voor publieke besluitvorming. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 275 *Os, J. van; T.J.A. Gies; H.S.D. Naeff; L.J.J. Jeurissen.* Emissieregistratie van landbouwbedrijven; verbeteringen met behulp van het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven.
- 276 *Walsum, P.E.V. van & A.A. Veldhuizen.* MetaSWAP_V7_2_0; Rapportage van activiteiten ten behoeve van certificering met Status A.
- 277 *Kooten T. van & S.T. Glorius.* Modeling the future of het North Sea. An evaluation of quantitative tools available to explore policy, space use and planning options.
- 280 *Kistenkas, F.H. & W. Nieuwenhuizen.* Rechtsontwikkelingen landschapsbeleid: landschapsrecht in wording. Bijlage bij WOt-paper 12 – 'Recht versus beleid'
- 281 *Meeuwssen, H.A.M. & R. Jochem.* Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScape.
- 282 *Dobben, H.F. van.* Naar eenvoudige dosis-effectrelaties tussen natuur en milieucondities; een toetsing van de mogelijkheden van de Natuurplanner.
- 283 *Gaaff, A.* Raming van de budgetten voor natuur op langere termijn; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011.