

# **Eerste fase van de ontwikkeling van het Successie Model SUMO 1**

## **Verbetering van de vegetatiemodellering in de Natuurplanner**

**G.W.W. Wamelink**

**J.P. Mol-Dijkstra**

**H.F. van Dobben**

**J. Kros**

**F. Berendse**

**Alterra-rapport 045**

In opdracht van het RIVM en DWK

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000**

## REFERAAT

G.W.W. Wamelink, J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben, J. Kros en F. Berendse. 2000. *Eerste fase van de ontwikkeling van het Successie Model SUMO 1; Verbetering van de vegetatiemodellering in de Natuurplanner*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 045. 84 blz. 24 fig.; 5 tab.; 51 ref.

Ten bate van het Natuurplanbureau (Natuurplanner) is het successiemodel SUMO ontwikkeld. Het vervangt de vegetatievoorspelling in het bodemmodel SMART2, waar SUMO een geïntegreerd onderdeel van is. De biomassa wordt gemodelleerd voor vijf functionele typen (kruiden, dwergstruiken, struiken, pionierbomen en climaxbomen) en drie organen (wortels, tak/stam en blad). De biomassaontwikkeling is afhankelijk van de stikstof- en lichtbeschikbaarheid en het beheer. Successie (bijvoorbeeld bij het staken van beheer) vindt plaats op basis van veranderende biomassa per functioneel type. De biomassaontwikkeling en successie is goed te voorspellen op zowel regionale als landelijke schaal en vormt zo een goede aanvulling van de Natuurplanner.

Trefwoorden: stikstof, licht, beheer, bos, heide, gras, kruiden, dwergstruiken, struiken, scenario, natuurplanbureau, voorspellen.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 51,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 045. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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 Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Probleemstelling	13
1.3 Doel	15
2 Het model SUMO 1	17
2.1 Algemene beschrijving	17
2.2 Procesbeschrijving	20
2.2.1 Functionele typen	20
2.2.2 Biomassa	22
2.2.3 Concurrentie om licht	23
2.2.4 Concurrentie om stikstof	24
2.2.5 Het stikstofgehalte van de organen	25
2.2.6 Lengtegroei	26
2.2.7 Vocht	29
2.2.8 Beheer	30
3 Interactie met SMART2	33
3.1 Aanpassingen in de source code van het model SMART2	34
4 Modeldata en toepassing	37
4.1 De Basiskaart voor SUMO 1	37
4.2 Successie	38
4.3 Toepassing op site-niveau	38
4.4 Toepassing op regionaal en landelijk niveau	38
5 Resultaten	41
5.1 Riet	41
5.2 Heide	42
5.3 Agrarisch grasland	42
5.4 Structuurrijk loofbos	44
5.5 Donker loofbos	46
5.6 Licht loofbos	46
5.7 Donker naaldbos	46
5.8 Licht naaldbos	47
5.9 Kwelder	47
5.10 Successie van kaal duinzand naar duinbos via duinheide en duinstruweel	47
5.11 Overig natuurlijk terrein	48

5.12	Hoogveen	48
5.13	Voorspellingen op regionale en landelijke schaal	51
5.14	Vergelijking tussen de stikstofbeschikbaarheid van SMART2 en die van SMART2/SUMO 1	51
6	Discussie	57
7	Toekomstige ontwikkelingen	59
	Literatuur	61
	Literatuur gebruikt voor de parameterisatie	63
<b>Bijlagen</b>		
1	De lichtuitdovingsfactor per functioneel type	67
2	De gvg waarbij groeireductie optreedt, de gvg waarbij de maximale groeireductie bereikt wordt en de parameters (a, b) voor formule 13	69
3	De parameters voor formule 10 per boomsoort. Om de maximale lengtegroei te berekenen worden de -max-parameters gebruikt, voor de minimale groei de -min-parameters	71
4.	Verdelingsfactoren voor de nieuwe biomassa per functioneel type en per structuurtype	75
5	Maximale groeisnelheid van de functionele typen per vegetatiestructuurtype	77
6	Sterftefactor per orgaan en per functioneel type en vegetatietype	79
7	Verdelingsfactoren voor de nieuwe stikstof per functioneel type en per structuurtype	81
8	Vegetatietypen aanwezig op de basiskaart van SUMO 1 met de initiële leeftijd, filescode, Larch-vegetatietype en bijbehorend structuurtype in SUMO 1	83

## Woord vooraf

In het kader van het RIVM-DLO-convenant financieren RIVM en DLO gezamenlijk de ontwikkeling van bepaalde onderdelen van het Milieuplanbureau-instrumentarium. De Natuurplanner, bestaande uit modellen als SMART2, MOVE, LARCH en BIODIV, is hiervan een voorbeeld. In 1998 is gewerkt aan de verbetering en uitbreiding van de bodemmodule SMART2 met een aparte biomassa-module, SUMO 1. Er is een meer dynamische terugkoppeling gemaakt tussen bodem en vegetatie. Daardoor zijn voorspellingen in stikstofbeschikbaarheid en bodem-pH realistischer en kan de invloed van beheer en autonome successie op de vegetatiestructuur voorspeld worden (bijv. vergrassing of verbossing).

In dit project is gestreefd naar een ecologisch simpele en - voor landelijke toepassingen - realistische voorspelling van de biomassa en vegetatiestructuur als functie van bodem, grondwater, depositie en beheer. Er is een elegante oplossing gevonden die zowel qua rekentijd als qua invoerdata praktisch bruikbaar is. De belangrijke vraag die sinds het APV-onderzoek was blijven liggen - hoe kan de fysiologisch aangetoonde invloed van verzuring/vermesting op biomassa doorvertaald worden naar verandering in biodiversiteitswaarde? - is hiermee een stuk dichterbij de oplossing gebracht. De uitkomst van SMART2-SUMO 1 is immers met behulp van MOVE en BIODIV direct te vertalen naar verandering van natuurwaarde voor planten en met behulp van LARCH naar natuurwaarde voor fauna (vogels).

Het projectteam bestond uit dr. H.F. van Dobben (projectleider), ir. G.W.W. Wamelink (beiden IBN-DLO), ir. J.P. Mol-Dijkstra en J. Kros (beiden SC-DLO). Het IBN had als opdracht de biomassa-module SUMO 1 te ontwikkelen, het SC had als taak de bestaande biomassa-beschrijving SMART2 zo aan te passen dat SMART2-SUMO 1 als geheel goed zou functioneren. Belangrijke inhoudelijke wetenschappelijke inbreng met name vanuit de ervaring met model NUCOM is verkregen van prof. dr. F. Berendse en dr. H. van Oene (beiden vakgroep WU-Natuurbeheer en Plantenoecologie). De begeleidingsgroep bestond verder uit dr. J.R.M. Alkemade, dr. A. van Hinsberg, (beiden RIVM), dr. W. de Vries (SC-DLO) en drs. J. Wiertz (voorzitter, RIVM). Drs. M. Bakkenes (RIVM) heeft advies gegeven over de IT-aspecten om een technisch goede implementatie in de Natuurplanner te verkrijgen.

Waardering is er voor de deelnemers aan een tweetal workshops die vanuit verschillende instituten bijgedragen hebben aan de definitie van deze studie.

De ontwikkeling van dit modelinstrumentarium zal in ieder geval in 2000 voortgezet worden en deels in andere kaders ook daarna. De bedoeling is onderdelen te gebruiken voor een dissertatieonderzoek.

J. Wiertz  
Voorzitter Begeleidingscommissie



## Samenvatting

Eind jaren tachtig is het bodemverzuringmodel SMART ontwikkeld om meer inzicht te krijgen in de langetermijneffecten van verzuring op bodemprocessen. De vegetatie werd in die versie van SMART zeer summier gemodelleerd. De vegetatiegroei werd van tevoren opgelegd, er was geen terugkoppeling tussen de stikstofbeschikbaarheid en de groei, successie van de vegetatie was niet mogelijk en de effecten van beheer op de vegetatie werden niet meegenomen. Medio jaren negentig is, in opdracht van het RIVM, het model uitgebreid met functionaliteiten voor een stikstofkringloop en voor diverse typen kwel (SMART2). SMART2 simuleerde de bodemprocessen voor vijf vegetatietypen: loofbos, licht en donker naaldbos, heide en graslanden. Binnen zo'n type werd alleen de dominante groeivorm beschouwd (geen kruiden, dwergstruiken en struiken in bossen).

Om de vegetatiemodellering te verbeteren is de successiemodule SUMO 1 ontwikkeld. De basis in SUMO 1 is, net als in het vegetatiegedeelte van SMART2, de biomassaontwikkeling. De biomassaontwikkeling wordt door verschillende parameters beïnvloed. De drie belangrijkste zijn stikstofbeschikbaarheid, licht en beheer. De biomassa wordt voor vijf functionele typen gesimuleerd: kruiden, dwergstruiken, struiken, pionierbomen en climaxbomen (in SMART2 was er maar één functioneel type per realisatie). Elk functioneel type is opgebouwd uit drie organen: wortels, houtige delen en blad. De functionele typen beconcurreren elkaar om stikstof en licht.

De beschikbare stikstof, die berekend wordt door SMART2, wordt verdeeld over de functionele typen op basis van de hoeveelheid wortelbiomassa. Hoe meer wortelbiomassa het type heeft, hoe meer stikstof er beschikbaar is voor dat type. De stikstofopname is begrensd door een maximum, waarbij bij een hoger aanbod het stikstofgehalte in de plant langzaam oploopt. Een bepaald percentage van de stikstof depositie wordt rechtstreeks opgenomen door het blad. Aan het eind van het groeiseizoen blijft een deel van de stikstof achter in de overblijvende organen en komt dus niet beschikbaar voor andere typen.

De beschikbare hoeveelheid licht wordt op gelijke wijze als de stikstof verdeeld, maar dan op basis van de bladbiomassa. Hierbij speelt ook de lengte van de functionele typen een rol. Het hoogste type onderschept als eerste licht. Hierbij onderscheppen pionierbomen en climaxbomen gelijktijdig licht, evenals kruiden en dwergstruiken.

Voor beheer geldt dat op het ogenblik alleen de effecten van maaien en plaggen in SUMO 1 worden gemodelleerd. Het maaieregime kan variëren van één tot negen maal per jaar. Het effect van maaien is dat er alleen een kruidachtige vegetatie ontstaat. Wordt dit maaien echter gestaakt, bijvoorbeeld bij natuurontwikkeling, dan vindt er successie plaats naar een structuurrijk loofbos. Plaggen wordt in SUMO 1 als standaardmaatregel voor heidevegetaties toegepast. Het plaggen gebeurt eenmaal in de dertig jaar, maar kan gevarieerd worden. Alle bovengrondse biomassa en een

groot deel van de ondergrondse biomassa wordt verwijderd, waarna er een successie plaatsvindt van kale grond via heide (eventueel vergraste heide) naar een structuurrijk loofbos. Als het plaggen niet herhaald wordt dan ontstaat er ook hier uiteindelijk bos.

In welk successiestadium de vegetatie zich bevindt wordt bepaald door de biomassa in de functionele typen. Zit er veel biomassa in de dwergstruiken en weinig in de andere dan zit de successie in het heidestadium. Ontstaat er veel biomassa in de pionierbomen dan gaat dit over in bos. Dit wordt doorgegeven aan SMART2 die dan onder andere rekening houdt met een veranderende strooiselafbraak en depositie. De strooiselval aan het einde van de eenjarige cyclus dient als input voor SMART2. Net als de biomassa varieert het stikstofgehalte en daarmee de afbreekbaarheid van het strooisel (dus indirect afhankelijk van de stikstofbeschikbaarheid). Ook dit is een verandering ten opzichte van de vegetatiemodellering SMART2, waar het stikstofgehalte vast lag.

Voor voorspellingen van de vegetatieontwikkeling maakt SUMO 1 gebruik van kaarten met daarop de huidige situatie en de verspreiding van 21 vegetatietypen, waarbij de leeftijd van de bossen is opgedeeld in vier categorieën (jonger dan 40 jaar, 40 tot 80 jaar, 80 tot 120 jaar en ouder dan 120 jaar).

De eerste resultaten van SUMO 1 laten zien dat successie goed voorspeld kan worden. Daarnaast heeft SUMO 1 duidelijk effect op de stikstofbeschikbaarheid in de bodem. Ten opzichte van SMART2 zonder SUMO 1 duurt het langer, bij een dalende stikstofdepositie, voordat de beschikbaarheid op hetzelfde lagere niveau is. Dit wordt veroorzaakt door het variërende stikstofgehalte, waardoor er een soort najlingseffect aanwezig is.

SUMO 1 is een geïntegreerd onderdeel van SMART2. De SMART2/SUMO 1-combinatie zal voor het voorspellen van toekomstscenario's worden ingebouwd in de 'Natuurplanner', een beleidsinstrumentarium van het Natuurplanbureau. De modellentrein SMART2/SUMO 1/MOVE/BIODIV zal daarin de standaardmodellentrein vertegenwoordigen. SUMO 1 zal in dit verband informatie over de vegetatiestructuur doorgeven aan het model MOVE. Dit model voorspelt op basis van abiotische eigenschappen (vocht- en stikstofbeschikbaarheid en zuurgraad van de bodem) de kans op het voorkomen van plantensoorten. Koppeling met SUMO 1 geeft de mogelijkheid om in bos alleen de kans op het voorkomen van bossoorten te voorspellen.

Daarnaast zal SUMO 1 gekoppeld worden aan het model LARCH. SUMO 1 gaat de vegetatiestructuur en de veranderingen daarin doorgeven aan LARCH. LARCH bepaalt mede op basis van de SUMO 1-gegevens het duurzaam voorkomen van dierpopulaties in een bepaald gebied. Verder zal SUMO 1 worden uitgebreid met een begrazingsmodule, waardoor dit belangrijke effect rechtstreeks gemodelleerd zal kunnen worden.



## Summary

During the late eighties the soil acidification model SMART has been developed in order to get better understanding of the effects of acid rain on the soil and the soil processes. The influence of the vegetation on the soil processes was mainly modelled as a sink of nutrients through uptake and litterfall respectively. The vegetation was either growing to or in a steady state. Succession was not possible neither was the influence of (changing) management.

To improve the simulation of the vegetation growth and to include vegetation succession the model SUMO 1 was developed. This model was integrated with the SMART2 model. In the near future the integrated SMART2/SUMO 1 model will be incorporated in the mainframe 'natuurplanner' of the Dutch National Institute of Public Health and the Environment. The 'natuurplanner' is a decision support system for environmental and nature issues. For instance, it is used to advise the Dutch government in environmental issues. This system works on a national scale as SMART2 and SUMO 1 do, although both models are in principle dimension free and independent from any scale since they do not contain any spatial information.

In SUMO 1, biomass growth is the main force that drives the model. The growth of five functional vegetation types is being simulated: herbs, dwarf-shrubs, shrubs, pioneer trees and climax trees whereas only one type was simulated in SMART2. In SUMO 1 the newly formed biomass is divided into three organs: roots, wood and leaves. Three main factors influence biomass growth: nitrogen availability, light availability and management. SMART2 gives the nitrogen availability in the soil and the total canopy uptake from the air as input for SUMO 1. The nitrogen available in the soil is divided between the functional types based on the root biomass per type up to a maximum. Canopy uptake is divided between the types similar as light is. Light is available for the different types depending on both the length of the type (the tallest first) and the leave biomass according to the extinction formula of Lambert-Beer. Management influences the growth through the removal of biomass. For the time being, this is only possible for mowing, but we are expanding the model with the effects of grazing from both domestic and natural grazers.

The total effect of the above mentioned factors results in the biomass growth per type, which is then divided over the three organs. The growth is calculated by a Michaelis Menten equation. The nitrogen-content of the types is varies by this calculation based on the N-availability.

The biomass per type defines in what succession stage the vegetation is (grassland, heath, shrub, forest), so succession from grassland to forest can be simulated.

The basis of SUMO 1 is a map with information about the initial vegetation. For instance, the map contains vegetation of in total twenty different types where the age of forests is divided in four classes (e.g. grassland, heathland and beech 60 years old).

To be able to predict the effects of management (at the moment mowing frequentie or no management), the model is initiated with an estimation of the initial biomass according the age of the vegetation type. The time step of the integrated SMART2/SUMO 1 model is one year.

Preliminary results of SMART2/SUMO 1 are showing, that biomass production is similar to observations from the field. Compared to SMART2 without SUMO 1, SMART2/SUMO 1 produces twice as much litter. SMART2 predicts only the biomass of the most important vegetation type, whereas SMART2/SUMO 1 predicts the biomass of the whole vegetation.

# **1 Inleiding**

## **1.1 Achtergrond**

Het beleid wil graag inzicht in de huidige toestand van de natuur. Daarnaast wil zij graag de (langetermijn-) effecten weten van haar beleid op de natuur. Modellen vormen een hulpmiddel bij het vinden van antwoorden op deze vragen. Hiertoe wordt de Natuurplanner (Latour et al. 1997) ontwikkeld door onder andere het RIVM, IKC-N, RIZA en DLO. De Natuurplanner is een belangrijk instrument bij de voorbereiding en evaluatie van het Nederlandse natuurbeleid. Bijzondere aandacht is er voor de milieu-aspecten verzuring, vermesting, verdroging en versnippering. Belangrijke toepassingen van de Natuurplanner doen zich voor bij het werk van het Milieu- en het Natuurplanbureau. De Natuurplanner is opgezet als een Decision Support System dat uitspraken doet over de effecten van voorgenomen beleids- en inrichtingsmaatregelen op natuur en milieu op verschillende schaalniveaus, van nationaal tot regionaal.

De Natuurplanner wordt o.a. ingezet voor:

- Milieu- en Natuurbalans;
- Milieu- en Natuurverkenningen;
- Evaluatie en begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur;
- Gebiedsgericht beleid;
- Evaluatie van voorstellen met betrekking tot de ICES gelden.

De Natuurplanner beoogt uitspraken te doen over terrestrische vegetatie en fauna, in relatie tot o.a. vermesting, verzuring, verdroging, versnippering en inrichting en beheer. In de Natuurplanner spelen de modellen SMART2 (Kros et al. 1995) en MOVE (Latour & Reiling, 1991) een centrale rol (zie fig. 1). Daarnaast zijn verschillende modellen en kaarten ingebouwd. SMART2 voorspelt bodemeigenschappen (zuurgraad en stikstofbeschikbaarheid) als functie van grondwatertrap, kwel, atmosferische depositie en vegetatie. MOVE doet een uitspraak over de kans op voorkomen per soort op grond van de door SMART2 berekende pH en stikstofbeschikbaarheid en de door het Landelijk Grondwater Model aangeleverde voorjaarsgrondwaterstand (gvg). De ruimtelijke verdeling van vegetatie(structuur) dient als invoer voor het faunamodel LARCH (Foppen & Chardon, 1998).

## **1.2 Probleemstelling**

In de ontwikkeling van de Natuurplanner doen zich in het bodemmodel SMART2 de volgende knelpunten voor:

- 1 Het ontbreken van een adequate terugkoppeling van bodem naar vegetatie;
- 2 Het ontbreken van beheer als invoerparameter;
- 3 Een gebrekkige modellering van de vegetatiestructuurontwikkeling ten bate van de faunamodellering.

Ad 1 In SMART2 wordt de interactie tussen vegetatie en bodem relatief eenvoudig gemodelleerd. SMART2 berekent een stikstofopname (via de wortels) en stikstofmineralisatie (via wortelsterfte en strooiselproductie) op grond van logistische groeicurven voor vijf vegetatiestructuurtypen (gras, heide, loofbos, dennenbos en sparrenbos). De groei wordt in de huidige modelopzet niet aangestuurd door de actuele pH, stikstofbeschikbaarheid en GVG. Onderzoek door van Hinsberg (1997) wees bijvoorbeeld uit dat, ongeacht de mate van depositie, er een onrealistische verhoging van de stikstofbeschikbaarheid plaatsvindt. In werkelijkheid vindt er een ingewikkelde interactie tussen bodem en vegetatie plaats. De groeisnelheid wordt onder andere bepaald door actuele pH en stikstofbeschikbaarheid. De groei is bepalend voor zowel de aan- als de afvoer van voedingsstoffen door de vegetatie.

Ad 2 Het beheer speelt een belangrijke rol voor zowel de biomassaontwikkeling als de successie. Uit een studie van Oosterbeek et al. (1997) bleek dat bij 5 van de 10 plantensoorten het effect van beheer belangrijker was dan die van pH, gvg of nutriënten. Een niet-beheerde vegetatie zal in de meeste gevallen een successie ondergaan naar bos. Beheer zorgt voor afvoer van biomassa en daarmee voedingsstoffen en beperkt de groei van houtige gewassen. Het legt beperkingen op aan de groei en de successie. In SMART2 zit dit alleen impliciet in de groeicurven. Hierdoor kan het beheer niet veranderen en kan er geen successie plaatsvinden. De gebrekkige modellering van beheer in SMART2 bleek onder andere tot gevolg te hebben dat voedselarme situaties niet goed gemodelleerd konden worden (Hinsberg en Kros 1999).

Ad 3 Het veranderen van de vegetatiestructuur en de effecten daarvan op de fauna hebben deels met het hiervoor genoemde beheer te maken. Als het beheer verandert, bijvoorbeeld bij natuurontwikkeling, dan verandert de vegetatiestructuur. Aangezien in SMART2 het beheer en de vegetatiestructuur niet kan veranderen kunnen de effecten hiervan op de fauna moeilijk gemodelleerd worden. In dit project is alleen gewerkt aan de voorspelling van de vegetatiestructuur. De doorgifte van de vegetatiegegevens naar het faunamodel LARCH wordt in een apart project uitgevoerd.

Om de bovengenoemde problemen op te lossen is het vegetatiesuccessie model SUMO 1 (Successie Model) ontwikkeld. SUMO 1 beschrijft in kwantitatieve termen de groei van de vegetatie en de daaruit resulterende stikstofstromen. De invloed van overige nutriënten wordt in SUMO 1 (voorlopig) niet gemodelleerd. Deze worden wel in SMART2 meegenomen, zij het dat de gehalten in de plant constant worden verondersteld. Enerzijds wordt de groei aangestuurd door de in SMART2 berekende beschikbaarheid van stikstof, anderzijds wordt SMART2 mede aangestuurd door de in SUMO 1 berekende opname en afgifte (via strooisel) van stikstof. Tegelijkertijd kan de groei van de vegetatie worden beperkt door de afvoer van biomassa als gevolg van beheer. Op deze wijze wordt niet alleen een sterk verbeterde aansluiting tussen SMART2 en MOVE bereikt, maar wordt ook recht gedaan aan het algemeen erkende belang van vegetatiebeheer (zie Oosterbeek et al. 1997).

Om SMART2 en SUMO 1 te kunnen gebruiken in de Natuurplanner dienen deze geïntegreerd te worden in de Natuurplanner. Hiervoor komt een apart project, waarbij in samenwerking met het RIVM in het najaar van 1999 aan de inbouw wordt gewerkt.

De ontwikkeling van een model doorloopt altijd een aantal fasen; het neerleggen van de theorie in de code, de parameterisatie, de kalibratie, de onzekerheids- en betrouwbaarheidsanalyse en de validatie. In dit verslag wordt voornamelijk ingegaan op de vastlegging van de theorie in de code en deels op de parameterisatie.

De kalibratie en validatie van SUMO 1 zal in aparte projecten plaatsvinden. Daarnaast wordt verder gewerkt aan de parameterisatie van het model, mede naar aanleiding van de resultaten uit de kalibratie en validatie (Wamelink et al., i.v.). Een onzekerheids- en betrouwbaarheidsanalyse van de modellen SMART2/SUMO 1/NTM (NTM: natuurtechnisch model; voorspelt potentiële natuurwaarden bij gegeven abiotiek, Wamelink et al. 1998) zal plaats vinden in het kader van een SEO-onderzoek (IBN-DLO en SC-DLO). Een validatie van o.a. SMART2/SUMO 1/MOVE zal, in samenwerking met het RIVM, plaatsvinden als onderdeel van het MPB-convenantproject.

### **1.3 Doel**

Doel van het in dit rapport beschreven onderzoek is het oplossen van de eerste twee knelpunten die hierboven zijn genoemd: het ontbreken van terugkoppeling van bodem naar vegetatie in SMART2 en de afwezigheid van de invloed van beheer op de vegetatie. Het hier beschreven model SUMO 1 simuleert de interactie tussen bodem en vegetatie, daarbij gebruik makend van de gegevens uit SMART2 en terugkoppelend naar SMART2. Hierdoor wordt de stikstofkringloop beter gemodelleerd. Daarnaast wordt het beheer als parameter opgenomen in het model, waardoor dit kan gaan variëren en successie mogelijk wordt.

Het derde knelpunt wordt slechts deels opgelost. Vertaling van de vegetatiestructuur output naar LARCH structuurtypen zal in een apart project moeten gebeuren.

## Modellenoverzicht

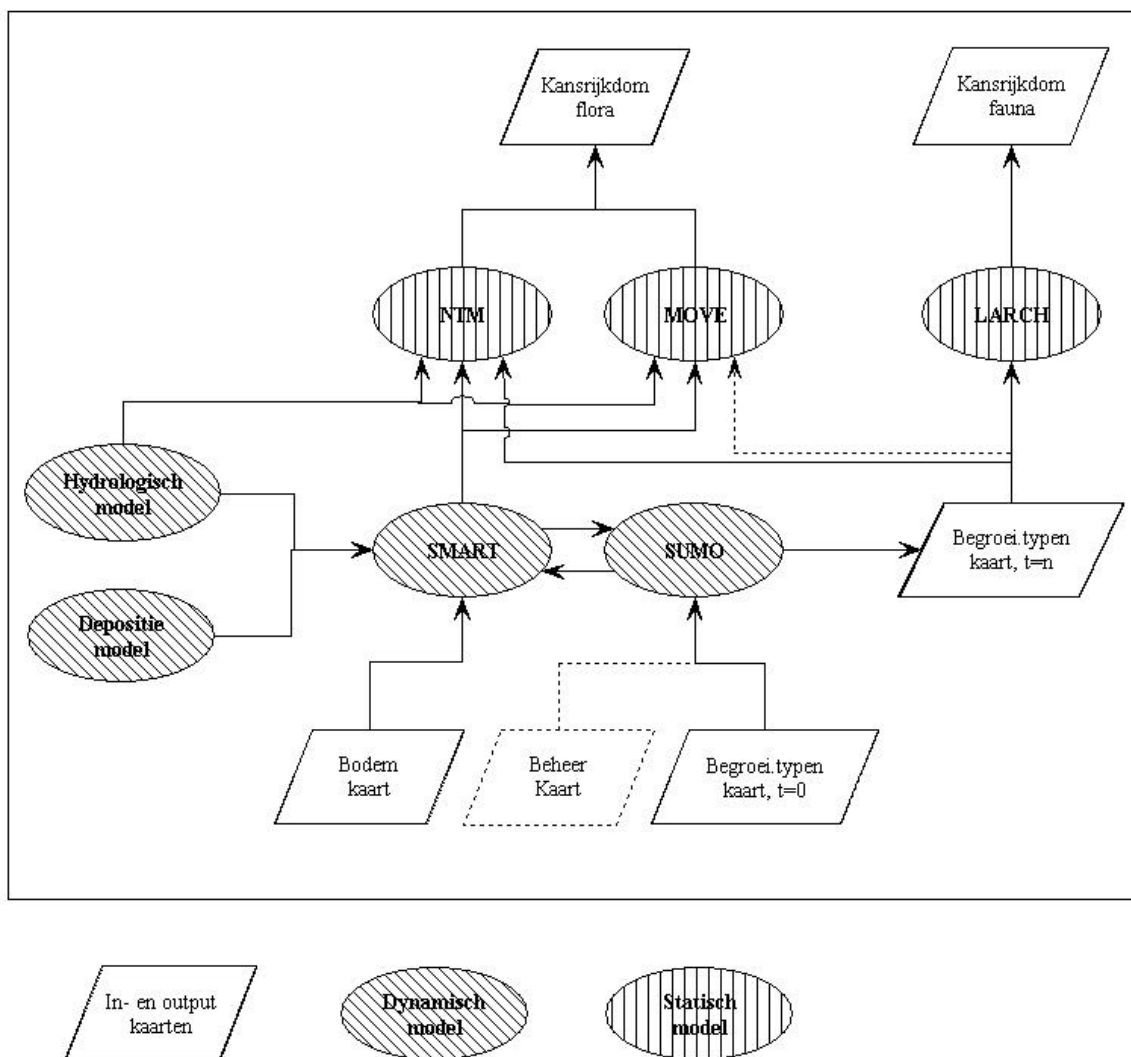


Fig. 1. Samenhang van een aantal modellen en in en output kaarten rond SUMO 1. De verticaal gestreepte ovalen vertegenwoordigen statistische modellen, de van links boven naar rechts onder gestreepte ovalen dynamische modellen. De ruiten vertegenwoordigen invoer en uitvoer van de modellen in de vorm van kaarten. Gestippelde verbindingslijnen geven nog te ontwikkelen koppelingen weer, de gestippelde ruit een nog te maken invoerkaart. Al deze kaarten en modellen vormen een onderdeel van de door het Natuurplanburo gebruikte Natuurplanner. SMART simuleert bodemprocessen (Kros et al., 1995), SUMO 1 simuleert de vegetatie, MOVE voorspelt de kans op voorkomen van plantensoorten (Latour & Reiling, 1991), NTM voorspelt de potentiële natuurwaarde (Wamelink et al., 1998) en LARCH voorspelt de duurzaamheid van dierpopulaties (Foppen & Chardon 1998).

## **2 Het model SUMO 1**

### **2.1 Algemene beschrijving**

SUMO 1 vormt een geïntegreerd geheel met SMART2 en wordt als zodanig ingebouwd in de Natuurplanner (zie figuur 1). De tijdstap van beide modellen is een jaar. Gegevens worden dan ook eenmaal per jaar uitgewisseld. SUMO 1 modelleert de biomassagroei en daarmee de vegetatieontwikkeling en successie. Er worden vijf vegetatiestructuurtypen onderscheiden, de zogenaamde functionele typen: kruiden, dwergstruiken, struiken, pionierbomen en climaxbomen. Deze typen concurreren elkaar voor de beschikbare hoeveelheid stikstof en licht. Op basis van biomassa toe- of afname in de functionele typen wordt de successie van een vegetatietype naar een ander vegetatietype gemodelleerd. Hierbij wordt rekening gehouden met het maai- en plagbeheer. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste parameters in SUMO 1, en de belangrijkste uitvoer. In de volgende paragrafen worden de parameters uitgebreid besproken.

In SUMO 1 wordt per functioneel type rekening gehouden met:

- De biomassa (wordt in SUMO 1 verdeeld over wortels, stam/tak en blad);
- De N-gehalten van de organen;
- De lichtinterceptie, afhankelijk van de bladbiomassa;
- De vochtbeschikbaarheid op basis van de gvg;
- De N-beschikbaarheid uit SMART2;
- De verdeling van N over de functionele typen, afhankelijk van de wortelbiomassa;
- De input van biomassa via zaad;
- De terugtrekking van N uit afgestorven delen per functioneel type;
- De opname van stikstof uit de atmosfeer per functioneel type (uit SMART2);
- Het beheer, plagen of maaien, met bijbehorend biomassaverlies;
- Het minimale en maximale N-gehalte in de organen.

SUMO 1 levert als output voor SMART2:

- Het N-gehalte en de biomassa van het strooisel (tak + blad);
- Het N-gehalte en de biomassa dode wortels;
- De N-opname;
- De vegetatiestructuur (in SMART2 termen; gras, heide, loofbos en licht en donker naaldbos);
- De totale houtige biomassa (voor basische kationen opname in SMART2);
- In welk jaar er wordt geplagd bij plagbeheer.

Verder levert SUMO 1 ook:

- De biomassa per functioneel type per orgaan;
- De totale biomassa per functioneel type;
- Het N-gehalte per functioneel type;

- De hoeveelheid N die niet wordt opgenomen;
- De vegetatiestructuur (in SUMO 1, SMART2 termen).

Een stroomschema van SUMO 1 wordt weergegeven in figuur 2. Voor de parameterisatie van SUMO 1 is gebruik gemaakt van veel gegevens uit de literatuur, zonder dat er direct gegevens zijn gebruikt waarnaar verwezen kan worden literatuur gebruikt voor de parameterisatie). Het is vaak een getal dat ligt in de range die wordt aangegeven in de literatuur. De hiervoor gebruikte literatuur wordt in een aparte literatuurlijst genoemd. Over de uiteindelijk parameterisatie van het model zal een apart verslag geschreven worden. Daarin zullen alle gebruikte gegevens exact vermeld worden (Wamelink et al, i.v).

SUMO 1 levert output voor de koppeling met verschillende modellen en met op zichzelf staande output, die tot kaartjes verwerkt kan worden. Beide vormen van uitvoer worden hieronder apart besproken.

SUMO 1 levert gegevens voor de modellen SMART2 en LARCH en in de toekomst voor MOVE. Elk model vraagt om zijn eigen gegevens. De gegevensuitwisseling met SMART2 is het grootst en wordt apart beschreven in 2.2. Voor de toekomstige koppeling met LARCH en MOVE wordt het vegetatietype doorgegeven. Dit betekent dat de vegetatiestructuur in termen van biomassa per functioneel type, omgezet moet worden in een vegetatietyologie zoals die in LARCH en MOVE worden gebruikt. Deze omzetting staat beschreven in bijlage 8. De koppeling met MOVE vindt op het ogenblik plaats via SMART2.

De berekeningen die in SUMO 1 worden uitgevoerd leveren ook informatie op die zelfstandig kan worden bekeken. In principe is het mogelijk om van elke berekening uitvoer te genereren. Bij de controle en parameterisatie van het model is dit ook gebeurd (Wamelink et al, i.v.). De huidige uitvoer van SUMO 1 beperkt zicht tot de biomassa en het stikstofgehalte per functioneel type (eventueel ook per orgaan) en de stikstofbalans.



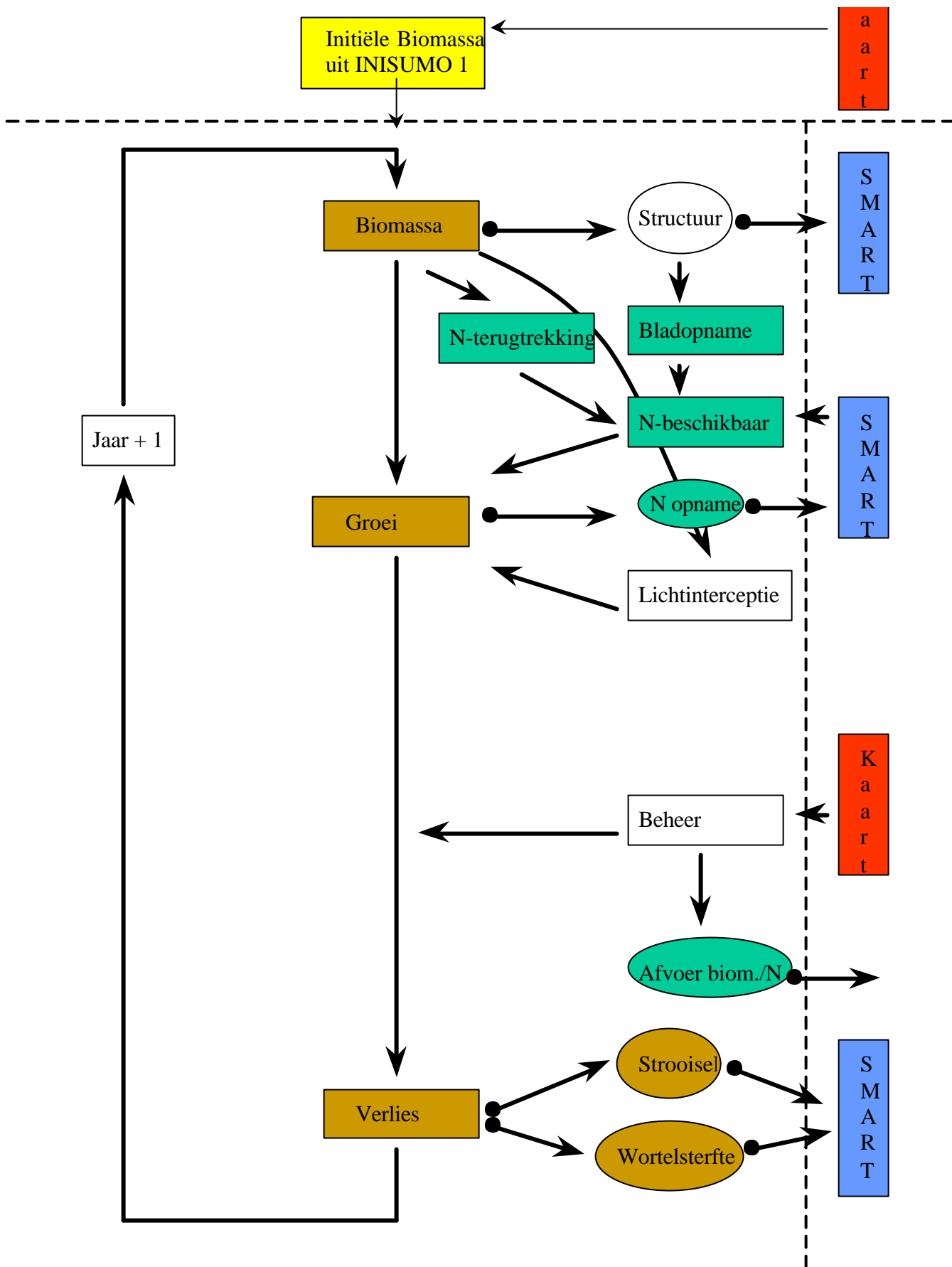


Fig. 2. Stroomschema van SUMO 1 met de koppelingen naar SMART, kaarten en iniSUMO 1. Een rechthoek geeft een zelfstandig SUMO 1 -proces weer, een ovaal een proces dat output levert voor processen buiten SUMO 1. Pijlen geven de richting van de informatiestroom weer (→: SUMO in, ●→: SUMO uit). In bruin zijn processen weergegeven die betrekking hebben op de biomassa, in groen op stikstof, in blauw op SMART2 en in rood op kaarten.

## 2.2 Procesbeschrijving

### 2.2.1 Functionele typen

De vegetatiegroei wordt in SUMO 1 gemodelleerd voor vijf functionele typen: kruiden, dwergstruiken, struiken, pionierbomen en climaxbomen. Per type wordt de nieuw gevormde biomassa verdeeld over drie organen: wortels, hout en blad (zie bijlage 4). De verdeling van de nieuwe biomassa over de organen bepaalt het verschil tussen de typen. In de volgorde van kruid, dwergstruik, struik, pionierboom en climaxboom wordt steeds meer biomassa aan het hout toegevoegd, ligt de maximale biomassa in het type hoger en wordt dit maximum op een latere leeftijd bereikt. Hieronder worden de functionele typen gedefinieerd.

**Kruiden en grassen:** Niet-houtige soorten. Over het algemeen niet hoger dan 2 m, maar meestal lager. Met de dwergstruiken is dit het laagstblijvende type. De biomassatoename van het type (in monocultuur en zonder beheer) wordt gegeven in figuur 3.

**Dwergstruiken:** Houtige soorten die meestal niet hoger worden dan een halve meter. Veelal zijn dit evergreens met naaldachtige bladeren. Ten opzichte van de overige houtige gewassen gaat hier relatief weinig biomassa naar de houtige delen en is de leeftijd waarbij de maximale biomassa wordt bereikt laag. De biomassatoename van het type (in monocultuur en zonder beheer) wordt gegeven in figuur 3.

**Struiken:** Houtige soorten tot 7 m hoog. De struiken stoppen duidelijk meer biomassa in de houtige delen dan de dwergstruiken en de maximale biomassa wordt veel later bereikt. De biomassatoename van het type (in monocultuur en zonder beheer) wordt gegeven in figuur 3.

**Pionierbomen:** Houtige gewassen tot maximaal 30 m hoog. Bij successie zijn dit vaak de eerste boomsoorten. Ze worden uiteindelijk voor een groot deel verdrongen door de climaxbomen. De maximale biomassa wordt bij pionierbomen weer later bereikt dan bij struiken. Mede hierdoor bevatten de houtige delen veel meer biomassa dan bij de struiken. De biomassatoename van het type (in monocultuur en zonder beheer) wordt gegeven in figuur 3.

**Climaxbomen:** Houtige soorten tot 35 m hoog. Bij ongestoorde successie vormen deze soorten uiteindelijk een groot gedeelte van de boomlaag. Ten opzichte van de pionierbomen groeien deze soorten over het algemeen langzamer en bereiken zij de maximale biomassa veel later. Zij bevatten echter veel meer biomassa in de houtige delen. In een volgroeid (aangeplant) bos is dit vaak meer dan 75%. De biomassatoename van het type (in monocultuur en zonder beheer) wordt gegeven in figuur 3.

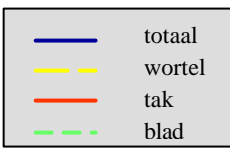
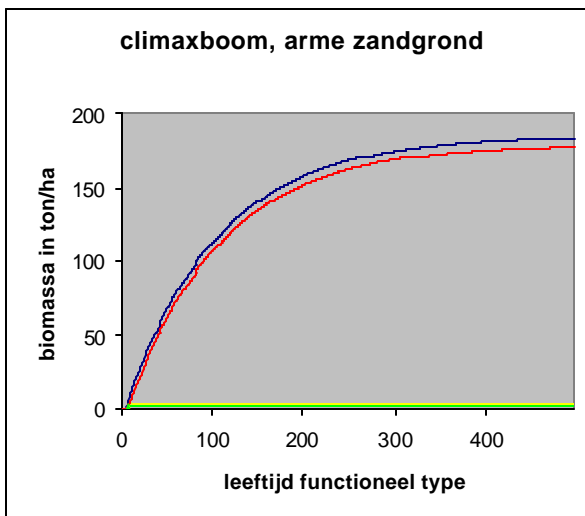
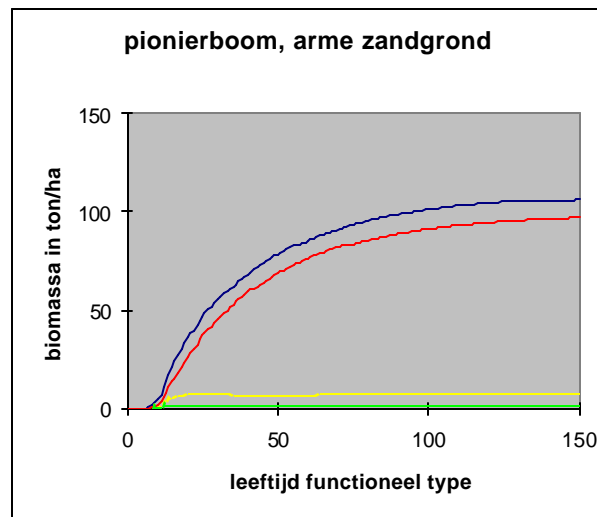
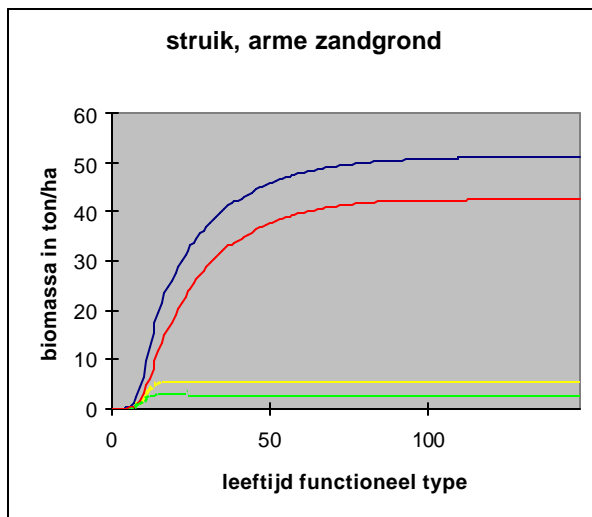
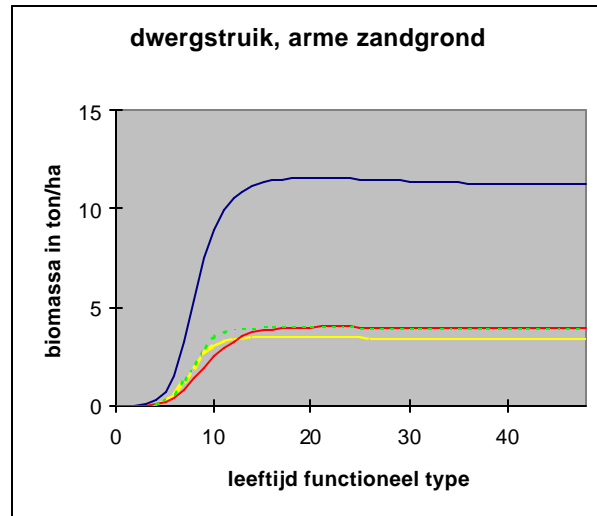
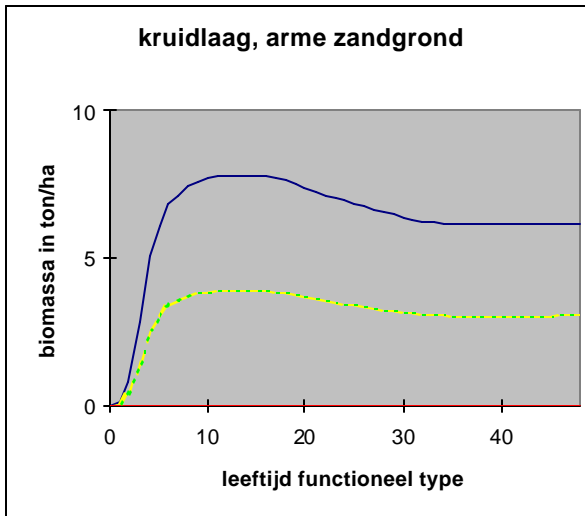


Fig. 3. De biomassaontwikkeling per functioneel type zoals voorspeld door SUMO 1. Weergegeven worden de totale-, wortel-, houtig- en bladbiomassaontwikkeling voor een arme zandgrond onder een scenario van in de tijd afnemende N-depositie. De typen worden voorspeld alsof ze in monocultuur groeien en dus geen concurrentie ondervinden van de andere typen. De biomassa per orgaan wordt bepaald door de verdelingsfactor van de nieuw gevormde biomassa over de organen. De daling in de biomassa voor de kruiden en de dwergstruiken wordt veroorzaakt door de dalende N-beschikbaarheid.

## 2.2.2 Biomassa

De biomassatoename wordt per functioneel type berekend. Vervolgens wordt de nieuwe biomassa verdeeld over de organen (zie bijlage 4). Hierbij is de verdeling per functioneel type verschillend.

De werkelijke biomassagroei is afhankelijk van de maximale groeisnelheid (per functioneel- en vegetatietype verschillend; zie bijlage 5). Lichtbeschikbaarheid, gvg en beheer, kunnen de maximale groeisnelheid kleiner maken (zie formule 1). De stikstofbeschikbaarheid bepaalt (formule 2) de gerealiseerde groei. In de hierna volgende paragrafen wordt hierop nader ingegaan. Bij voldoende stikstofbeschikbaarheid kan voor een of meer functionele typen de maximale groeisnelheid bereikt worden, mits de bovengenoemde factoren niet beperkend zijn. De groei volgt een Michaelis Menten-achtige vergelijking (Berendse et al. 1987, Berendse 1994, Berendse et al. 1998), waarbij rekening wordt gehouden met een variërend N-gehalte. Hoe groter de stikstofbeschikbaarheid, hoe hoger het N-gehalte in het functionele type (met een maximum). De vergelijking wordt gegeven in formule 2. Hoe de stikstofbeschikbaarheid voor een functioneel type wordt berekend staat beschreven in paragraaf 2.2.4.

$$Gpot_{ij} = f(Gmax_{ij}, \text{licht}, \text{gvg}) \quad [1]$$

- Gpot<sub>ij</sub> : de potentiële groei voor functioneel type i en vegetatietype j (ton/ha./jr)
- Gmax : maximale groeisnelheid voor functioneel type i en vegetatietype j (ton/ha./jr)
- licht : invloed van de lichtbeschikbaarheid, zie formule 3 en 4
- gvg : invloed van de grondwaterstand, zie formule 12, 13 en 14

$$Gact_i = Gpot_i * (N_{\text{besch } i} / (N_{\text{besch } i} + Gpot_i * N_{\text{min } i})) \quad [2]$$

- Gact<sub>i</sub> : biomassagroei voor functioneel type i en functioneel type j (ton/ha./jr)
- N<sub>besch i</sub> : stikstofopname voor functioneel type i (ton/ha./jr)
- Gpot<sub>ij</sub> : potentiële groeisnelheid voor functioneel type i en vegetatietype j (gecorrigeerd voor de invloeden van stikstof, licht, beheer en gvg) (ton/ha./jr)
- N<sub>min i</sub> : het minimale stikstofgehalte in de plant voor functioneel type i (gehalte)

Naast groei van biomassa treedt er elk jaar ook sterfte van biomassa op. Dit is ook per orgaan en per functioneel type verschillend. De sterfte is een fractie van de aanwezige biomassa. Voordat de biomassa sterft wordt de terugtrekking van stikstof berekend. Dit is een fractie van de aanwezige stikstof in de afstervende biomassa (zie 2.2.4 en bijlage 6). De dode wortel- en bladbiomassa wordt doorgegeven aan SMART2 met het N-gehalte als strooisel (blad) of rechtstreeks als dode wortelbiomassa. De mineralisatie van deze dode biomassa wordt door SMART2

gesimuleerd. De dode houtige biomassa wordt niet doorgegeven aan SMART2 en wordt dus niet gemineraliseerd. Hierdoor gaat een deel van de stikstof uit het systeem verloren. Om de afbraak van houtige delen in het strooisel te kunnen modelleren zijn aanpassingen in SMART2 noodzakelijk.

### 2.2.3 Concurrentie om licht

Naast stikstofbeschikbaarheid is licht de belangrijkste variabele die groei van de functionele typen bepaalt. Lichtonderschepping vindt plaats afhankelijk van de bladbiomassa en de lengte van het functionele type. Hoe groter de bladbiomassa hoe groter de lichtonderschepping. In tegenstelling tot de ondergrondse stikstofopname, waar concurrentie rechtstreeks wordt bepaald door de biomassa van de wortels, speelt bovengronds de lengte van het type een belangrijke rol. Het hoogste type vangt als eerste licht. De hoeveelheid licht die overblijft is dan beschikbaar voor het op dat moment één na hoogste type, enzovoort. Welk functioneel type op een bepaald tijdstip het hoogste is wordt bepaald door de lengtegroei, die per functioneel type gesimuleerd wordt (zie 2.2.6). De lichtonderschepping wordt berekend volgens formule 3 (analoog aan de wet van Lambert-Beer). Een uitdovingsfactor bepaalt welk deel van het licht een functioneel type kan onderscheppen. De uitdovingsfactor is per functioneel type en per vegetatietype verschillend en wordt weergegeven in bijlage 1. Nader literatuuronderzoek naar deze factor is gewenst. De potentiële groeisnelheid op basis van de lichtbeschikbaarheid wordt gegeven in formule 4. Een voorbeeld van de fractie lichtbeschikbaarheid per functioneel type in een wilgenbos wordt gegeven in figuur 4.

$$\text{Onderschepping}_{ij} = \text{instraling}_i * (1 - \text{EXP}(-\text{uitdoving}_{ij} * \text{bladbiom}_{ij})) \quad [3]$$

- Onderschepping<sub>ij</sub> : lichtonderschepping voor functioneel type i en vegetatietype j
- Instraling<sub>i</sub> : beschikbare fractie licht voor functioneel type i
- Uitdoving<sub>ij</sub> : uitdovingsfactor voor functioneel type i en vegetatietype j
- Bladbiom<sub>i</sub> : biomassa in het blad voor functioneel type i (ton/ha)

Hierbij geldt dat de instraling, de beschikbare fractie van het licht voor functioneel type i, de initiële hoeveelheid (=1) min de onderschepping door de hogere typen is.

$$\text{Gpot}_{ij} = \text{Onderschepping}_{ij} * \text{Gmax}_{ij} \quad [4]$$

- Gpot<sub>ij</sub> : potentiële groei voor functioneel type i en vegetatietype j (ton/ha./jr)
- Onderschepping<sub>ij</sub> : lichtonderschepping voor functioneel type i en vegetatietype j
- Gmax<sub>ij</sub> : maximale groeisnelheid voor functioneel type i en vegetatietype j (ton/ha./jr)

## 2.2.4 Concurrentie om stikstof

De groei en ontwikkeling van de vegetatie in SUMO 1 wordt mede bepaald door drie stikstofbronnen: beschikbaarheid in de bodem, depositie en stikstofterugtrekking door de vegetatie. De stikstofbeschikbaarheid in de bodem en de depositie vanuit de lucht worden gegeven door SMART2. De drie stikstofbronnen worden hieronder besproken.

De depositie wordt door SMART2 gegeven, afhankelijk van het structuurtype volgens SMART2 (gras, heide, donker naaldbos, licht naaldbos en loofbos). De depositie wordt in SUMO 1 verdeeld over de functionele typen, waarbij het hoogste type als eerste stikstof (N) onderschept (de lengtegroei wordt beschreven in 2.2.6). De stikstofonderschepping is per type gekoppeld aan de lichtonderschepping (zie 2.2.3), waarbij de verhouding voor lichtonderschepping tussen de typen de hoeveelheid stikstofonderschepping per type bepaalt (zie formule 5). De totale lichtonderschepping wordt hierbij op 1 gesteld. Immers niet alle licht wordt onderschept, een deel bereikt de bodem. Daardoor zou ook een deel van de depositie, die door de planten opgenomen zou moeten worden, op de bodem terecht komen.

$$N_{\text{dep } ij} = (\text{onderschepping }_{ij} / \sum_{i=1,5} (\text{onderschepping }_{ij})) * N_{\text{deptot}} \quad [5]$$

- $N_{\text{dep } ij}$  : stikstofdepositie die door functioneel type i en vegetatietype j wordt onderschept (ton/ha./jr)
- onderschepping  $_{ij}$  : lichtonderschepping door functioneel type i en vegetatietype j
- $N_{\text{deptot}}$  : totale stikstofdepositie op de vegetatie (ton/ha./jr).

De stikstofbeschikbaarheid in de bodem wordt over de functionele typen verdeeld op basis van de wortelbiomassa (zie formule 6). De hoeveelheid N die elk type krijgt, is rechtstreeks afhankelijk van de wortelbiomassa van het type ten opzichte van de totale wortelbiomassa van de functionele typen.

$$N_{\text{besch }_{ij}} = N_{\text{dep }_{ij}} + N_{\text{terug }_i} + (\text{wortelbiom }_i / \sum_{i=1,5} (\text{wortelbiom }_j)) * N_{\text{besch }_{\text{tot}}} \quad [6]$$

- $N_{\text{besch }_{ij}}$  : stikstof beschikbaar voor functioneel type i en vegetatietype j (ton/ha./jr)
- $N_{\text{dep }_{ij}}$  : stikstofdepositie die wordt onderschept door functioneel type i en vegetatietype j (ton/ha./jr)
- $N_{\text{terug }_i}$  : de teruggetrokken stikstof uit afgestorven biomassa per functioneel type i (ton/ha.)
- $N_{\text{besch }_{\text{tot}}}$  : de totale stikstofbeschikbaarheid (ton/ha./jr)
- wortelbiom  $_i$  : wortelbiomassa voor functioneel type i (ton/ha.)

De stikstofopname door een functioneel type kan niet boven een bepaald maximum uitkomen. Dit maximum is afhankelijk van de groei en het maximale stikstofgehalte per functioneel type. Als de stikstofbeschikbaarheid groter is dan door de functionele

typen samen opgenomen kan worden blijft er stikstof over in de bodem. De opgenomen stikstof wordt omgezet in biomassa (zie 2.2.1, formule 2) met een bepaald stikstofgehalte (zie 2.2.5, formule 7).

Elk jaar wordt er door SUMO 1 sterfte van biomassa gesimuleerd. Dit gebeurt met een vaste fractie per orgaan. Deze fractie varieert per functioneel type en per vegetatietype. De fracties worden gegeven in bijlage 6.

De terugtrekking van stikstof uit afstervende delen wordt in SUMO 1 per orgaan gesimuleerd. De fracties die teruggetrokken worden, worden gegeven in tabel 1. De fractie terugtrekking wordt alleen gevarieerd per orgaan, er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende functionele typen en vegetatietypen. Stikstof die wordt teruggetrokken blijft echter in het functionele type aanwezig en kan dus het volgende seizoen weer door dat functionele type worden gebruikt voor groei. Deze stikstof wordt dus niet opnieuw verdeeld tussen de functionele typen!

Bij een snelle achteruitgang in biomassa van een functioneel type kan het voorkomen dat alleen de hoeveelheid stikstof die in het vorig groeijaar is teruggetrokken al de maximale N-opname vertegenwoordigt. In dat geval wordt 90% van de maximale N-opname gebruikt van de stikstof van vorig jaar en 10% wordt uit de bodem opgenomen. De overgebleven stikstof van vorig jaar (minimaal 10%, er is immers meer dan 100% van de opnamecapaciteit in voorraad) wordt vervolgens afgevoerd via het strooisel. Het N-gehalte van het strooisel wordt hierdoor hoger (zie 2.2.5, formule 8).

Tabel 1 De fractie N-terugtrekking per orgaan

Orgaan	Fractie terugtrekking
Wortel	0,3
Hout	0,1
Blad	0,4

Het is wenselijk om de stikstofterugtrekking in een volgende versie te variëren en te zorgen dat het N-gehalte van de dode biomassa niet beneden het gehalte aan niet-mobiele stikstof terug komt.

## 2.2.5 Het stikstofgehalte van de organen

De stikstofopname per functioneel type zorgt voor een biomassatoename per type. Net zoals de biomassa over de organen wordt verdeeld wordt ook de stikstof over de organen verdeeld, zij het met een andere verdelingsfactor. Relatief veel van de stikstof gaat naar de wortels en de bladeren, relatief weinig naar het hout. De verdeelsleutels zijn zo gekozen dat de stikstofgehalten overeenkomen met literatuurgegevens (Aerts 1993, Bakker 1989, Maliondo et al. 1990, Rode 1993, Ranger et al. 1997). Het stikstofgehalte wordt per orgaan berekend door de stikstofmassa te delen door de biomassa (zie formule 7). De stikstofverdeling over de organen per functioneel type en per vegetatietype staan weergegeven in bijlage 7.

Het stikstofgehalte van het strooisel en de dode wortels wordt berekend door eerst de stikstofhoeveelheid per orgaan te verminderen met de stikstof die teruggetrokken wordt en deze te delen door de biomassa (zie formule 8 voor de berekening voor strooisel en formule 9 voor dode wortels en hout). De factor voor de stikstofterugtrekking staat vermeld in tabel 1.

$$N_{\text{geh}}_{\text{orgaan } i} = N_{\text{orgaan } i} / \text{biom}_{\text{orgaan } i} \quad [7]$$

- $N_{\text{geh}}_{\text{orgaan } i}$  : stikstofgehalte van het orgaan voor functioneel type i
- $N_{\text{orgaan } i}$  : stikstof massa van het orgaan voor functioneel type i (ton/ha.).
- $\text{biom}_{\text{orgaan } i}$  : biomassa van het orgaan voor functioneel type i (ton/ha.).

$$N_{\text{geh}}_{\text{strooisel}} = \sum_{i=1,5} (N_{\text{blad } i} - N_{\text{terug}}_{\text{blad } i} + N_{\text{over } i}) / \sum_{i=1,5} (\text{doodblad } i) \quad [8]$$

- $N_{\text{geh}}_{\text{strooisel}}$  : stikstofgehalte van het strooisel
- $N_{\text{blad } i}$  : stikstofmassa in het blad voor functioneel type i (ton/ha.)
- $N_{\text{terug}}_{\text{blad } i}$  : stikstofterugtrekking uit het blad van functioneel type i (ton/ha.)
- $\text{doodblad } i$  : biomassa van het dode blad = strooisel voor functioneel type i (ton/ha.)
- $N_{\text{over } i}$  : stikstof die teruggetrokken is in het vorig jaar en die niet gebruikt is voor groei omdat er een overmaat aan stikstof beschikbaar is in de plant voor functioneel type i (ton/ha.)

$$N_{\text{geh}}_{\text{dood}} = \sum_{i=1,5} (N_{\text{dood } i} - N_{\text{terug}}_{\text{dood } i}) / \sum_{i=1,5} (\text{biom}_{\text{dood } i}) \quad [9]$$

- $N_{\text{geh}}_{\text{dood}}$  : stikstofgehalte van de dode biomassa (hout of wortels)
- $N_{\text{dood}}$  : stikstofmassa in de dode biomassa voor functioneel type i (ton/ha.)
- $N_{\text{terug}}_{\text{dood}}$  : stikstofterugtrekking uit de dode biomassa van functioneel type i (ton/ha.)
- $\text{biom}_{\text{dood}}$  : biomassa van de dode biomassa voor functioneel type i (ton/ha.)

## 2.2.6 Lengtegroei

De lengtegroei van de functionele typen wordt gesimuleerd om te kunnen bepalen welk type het hoogste is en dus het eerste licht onderschept. Voor de hoofdboomsoort wordt onderscheid gemaakt in 12 boomsoorten. De lengtegroei van de bomen wordt berekend afhankelijk van de gevormde biomassa. Per soort is een maximum- en een minimumgroei-curve voor Nederland berekend. De groei-curve zijn gefit met formule 10. Als basisgegevens dienden de metingen van de



snelst en langzaamst groeiende bosopstanden in Nederland zoals die gegeven worden door Jansen en Sevenster (1996). Deze gegevens zijn alleen beschikbaar voor minimaal 15 jaar oude opstanden. Extrapolatie naar de eerste groeijaren geeft onacceptabele waarden. De groeicurven zijn daarom aangepast, waardoor de lengte in jaar 1 ongeveer 15 à 20 cm is en de snelste groeiers vanaf het begin hoger zijn dan de langzaamste groeiers. De parameters voor de maximale en minimale groei per soort staan in bijlage 3. De lengtegroei voor een arm (levert de minimale lengtegroei) en rijk bos (levert de maximale lengtegroei) staan in figuur 5.

$$L_t = A + (B * R^{\text{leeftijd}}) \quad [10]$$

- $L_t$  : lengte boom op tijdstip t
- A : maximale lengte in meters
- B : regressiecoëfficiënt
- R : regressiecoëfficiënt
- leeftijd : leeftijd van de opstand op tijdstip t

De werkelijke lengtegroei wordt berekend met behulp van de maximale en minimale lengtegroei. De maximale en de minimale lengte op tijdstip t wordt berekend met behulp van de groeicurven. De gerealiseerde lengtegroei in jaar t is een gewogen gemiddelde van de maximale en minimale lengtegroei. De biomassagroei (op t-1) bepaalt het gewicht; deze is een fractie van de maximale biomassagroei (nu gesteld op 2 ton per jaar per hectare; de minimale biomassagroei, behorend bij de minimale lengtegroei is nul). De lengtegroei in jaar t wordt opgeteld bij de lengte op tijdstip t-1 (zie formule 11).

$$L_t = L_{t-1} + \{(L_{\max} - L_{\min}) * ((B - B_{\min}) / B_{\max})\} \quad [11]$$

- $L_t$  : Lengte op tijdstip t (m)
- $L_{\max}$  : maximale lengtegroei op tijdstip t (=maximale lengte t – maximale lengte t-1) (m)
- $L_{\min}$  : minimale lengtegroei op tijdstip t (=minimale lengte t – minimale lengte t-1) (m)
- B : totale biomassatoename boom op tijdstip t (ton/ha.)
- $B_{\min}$  : minimale biomassatoename (ton/ha.)
- $B_{\max}$  : maximale biomassatoename (ton/ha.)

Bij elke climaxboomsoort hoort een pionierboomsoort; de combinaties worden gegeven in tabel 2. De lengte van de pionierboom wordt op dezelfde wijze als voor de climaxboom bepaald. Voor alle niet-bos-vegetatietypen geldt dat er per vegetatietype een vaste climaxboomsoort aanwezig is, die bepaald is op basis van expert kennis. Hierbij ligt de pionierboomsoort ook automatisch vast (volgens tabel 2). Bij het staken van beheer gaan de boomsoorten groeien. In het kader van de koppeling SUMO 1-LARCH wordt dit veranderd en wordt de climaxboom en pionierboom gekoppeld aan het bodemtype en de grondwatertrap. Bij successie wordt dit schema ook gehanteerd om de meest waarschijnlijke climaxboom en pionierboom te selecteren. Het successieschema wordt gegeven door tabel 5

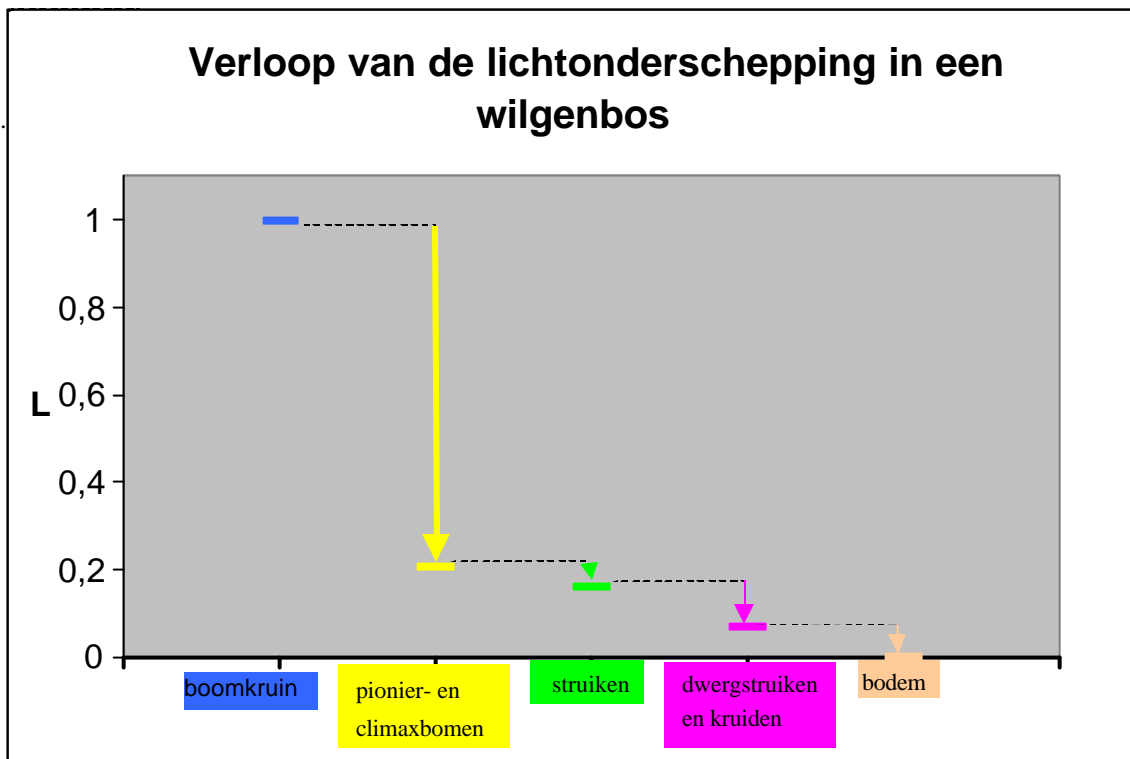


Fig. 4. Verloop van de lichtonderschepping (L) in een 80 jaar oud wilgenbos op een rijke kleigrond. Voor de simulatie van de fractie van de lichtonderschepping zijn de functionele typen climax- en pionierbomen samengevoegd, evenals de typen dwergstruiken en kruiden. Zij onderscheppen op basis van hun gezamenlijke bladbiomassa. Op basis van de bladbiomassa-verhouding wordt vervolgens bepaald welk deel van de onderschepte laag naar de typen gaat. Voordat de lichtonderschepping wordt bepaald is de lengte van elk type bepaald en is de volgorde van lichtonderschepping vastgesteld (het hoogste type onderscheept als eerste licht). De pijlen geven aan welk gedeelte van het licht wordt onderschept (de pijl met de gele kleur geeft de onderschepping voor de geel gekleurde pionierboom en climaxboom weer). In dit geval bereikt een kleine fractie van het licht nog de bodem.

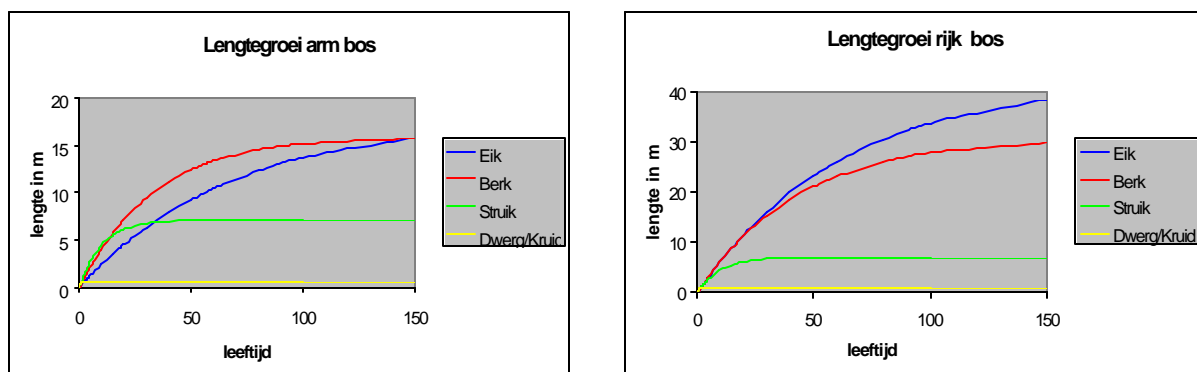


Fig. 5. Lengtegroei van de functionele typen: links bij minimale lengtegroei, rechts bij maximale lengtegroei. De lengtegroei wordt geschetst met als pionierboom berk en als climaxboom eik. Grootste verschil tussen beide omstandigheden is de groeisnelheid. Onder arme omstandigheden groeien struiken en berken de eerste jaren gelijk op, waarna de berk lange tijd de hoogste boom is. Pas na ongeveer 150 jaar wordt de eik de hoogste boom. Onder rijke omstandigheden groeien struiken, berken en eiken de eerste jaren gelijk op, waarna binnen 50 jaar de eik de hoogste boom wordt. Voor beide situaties geldt dat in het eerste jaar de kruiden het hoogste zijn (en dus als eerste licht onderscheppen).

De lengte van de struiken wordt ook volgens formule 10 bepaald, waarbij de maximale lengte van 7m na 30 jaar wordt bereikt. De lengte van de dwergstruiken en kruiden is afhankelijk van de aanwezige biomassa en varieert van 0,5 tot 1,5 meter (is de biomassa kleiner dan 5 ton/ha dan 0,5m, tussen 5 en 10 ton/ha 1 m en groeter dan 10 ton/ha. 1,5 m).

Tabel 2 Combinaties van climaxboomsoort en pionierboomsoort

Climaxboom	Pionierboom
Amerikaanse eik	Berk
Beuk	Eik
Douglas	Berk
Eik	Berk
Grove den	Eik
Lariks	Eik
Populier	Es
Berk	Eik
Es	Els
Fijnspar	Berk
Els	Eik

## 2.2.7 Vocht

De biomassagroei in SUMO 1 wordt beïnvloed door de gemiddelde voorjaars-grondwaterstand (gvg). De gvg wordt berekend met een hydrologisch model (zie fig. 1) en doorgegeven door SMART2. Aangenomen is dat de gvg alleen invloed heeft op de biomassagroei onder zeer droge omstandigheden. Per vegetatietype en per functioneel type vindt vanaf een bepaalde grondwaterstand (lage drempelwaarde, zie bijlage 2) een reductie plaats op de potentiële groeisnelheid, volgens een lineair verband met een maximale reductie bij een vastgelegde gvg (hoge drempelwaarde, zie formules 12, 13 en 14 en bijlage 2).

Als geldt  $gvg \leq$  lage drempelwaarde (zie bijlage 2 voor drempel)

$$Gpot_{i(red)} = Gpot_i \quad [12]$$

Als geldt lage drempelwaarde  $\leq$  gvg  $\leq$  hoge drempelwaarde

$$Gpot_{i(red)} = Gpot_i (1 - (a_i * gvg + b_i)) \quad [13]$$

Als geldt gvg  $\geq$  hoge drempelwaarde

$$Gpot_{i(red)} = Gpot_i * 0,9 \quad [14]$$

$Gpot_{i(red)}$  : de gereduceerde potentiële groeisnelheid van het functionele type i (ton/ha/jr.)

$Gpot_i$  : de potentiële groeisnelheid van het functionele type i (ton/ha/jr.)

$a_i$  : helling van type i

$b_i$	:	intercept van type i
gvg	:	gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (meters beneden maaiveld)

Invloed van grondwaterstand is er alleen onder zeer droge omstandigheden. Het is wenselijk om in een volgende versie een realistischer beeld te geven, door ook rekening te houden met groeireductie onder natte omstandigheden. Tevens dient er een literatuuronderzoek plaats te vinden naar de effecten van gvg op de groei van de verschillende functionele typen om een meer gefundeerde uitspraak te kunnen doen.

## **2.2.8 Beheer**

De effecten van beheer op de biomassagroei en op de successie worden in SUMO 1 voor drie beheersvormen gesimuleerd: geen beheer (a), maaien (b) en plagen (c). De effecten van begrazing als beheersmaatregel wordt op het ogenblik niet gemodelleerd in SUMO 1. Wel bestaat er de mogelijkheid om dit als invoer te geven. Begrazing wordt dan gemodelleerd als tweemaal per jaar maaien. In een volgende versie zal het effect van begrazing aan SUMO 1 worden toegevoegd of als aparte module aan SMART2-SUMO 1 worden gekoppeld. Hieronder worden de drie beheersvormen puntsgewijs besproken.

### ***a Geen beheer***

Hierbij vindt geen verwijdering van biomassa plaats. De vegetatie kan zich ongeremd ontwikkelen, al wordt door middel van parameterisatie wel rekening gehouden met de effecten 'wilde' grazers (reeën en konijnen). Bossen worden in SUMO 1 ook gemodelleerd alsof er geen beheer plaatsvindt. Dit betekent niet dat de bomen alsmaar door blijven groeien. Op een gegeven ogenblik zijn biomassagroei en sterfte in evenwicht. Het effect van kappen en dunnen dient echter nog aan het model te worden toegevoegd.

Zonder beheer volgt successie, afhankelijk van het beginstadium, in vaste patronen (zie tabel 5), waarbij de biomassa per functioneel type het successiestadium bepaalt. Het kan echter voorkomen dat onbeheerde graslanden zich alleen ontwikkelen tot een soort ruigte. Er ontstaat dan geen bos.

### ***b Maaibeheer***

Het effect van maaien is in principe tweeledig: het verwijderen van bovengrondse biomassa en het voorkomen van successie. Twee vegetatietypen kennen in SUMO 1 maaibeheer: graslanden en rietvelden. Bij maaien wordt biomassa verwijderd, waarbij wordt aangenomen dat er 2 ton per ha. aan bovengrondse biomassa achterblijft. De terugtrekking van stikstof vindt na het maaien plaats en is dus minder dan in de onbeheerde situatie. De maaifrequentie in SUMO 1 loopt van eenmaal per jaar tot negen maal per jaar. Als er vaker dan eenmaal per jaar wordt gemaaid, dan wordt de maximale groeisnelheid verhoogd volgens formule 15.

$$G_{\max} = G_{\max} * (1 + mf/10) \quad [15]$$

$G_{\max}$  : potentiële groeisnelheid (ton/ha./jr)  
 $mf$  : maaifrequentie

Rietlanden hebben een vast maaibeheer van eenmaal wintermaaien per jaar. De stikstofruigtekking is hetzelfde als in onbeheerde situaties, er vindt alleen biomassaverwijdering plaats. Hierdoor kan er onder andere geen successie naar een moerasbos plaatsvinden. Veel rietvelden worden minder dan eenmaal per jaar gemaaid. Op het ogenblik wordt dit nog niet gesimuleerd in SUMO 1.

### ***c Plagbeheer***

Plagbeheer is beperkt tot het vegetatietype heide. Eens in de  $x$  jaar wordt de heide geplagd. Alle biomassa wordt dan verwijderd, zowel boven- als ondergronds. Er vindt geen stikstofruigtekking plaats en de leeftijd van de vegetatie wordt op nul gezet. Daarnaast wordt er een signaal naar SMART2 gestuurd, waardoor daar de hoeveelheid aanwezige strooisel op de bodem wordt verminderd met 50%.

Nadere studie moet uitwijzen of, in plaats van om de  $x$  jaar, plagen vooral gebeurt als er een bepaalde (visuele) hoeveelheid biomassa kruiden en of struiken aanwezig is. Bepaalt de beheerder aan de hand van de vergrassing wanneer er geplagd wordt of gebeurt dit standaard na een vast aantal jaren? Modelleren van de effecten van begrazing (schapen, reeën) is nog niet mogelijk.



### 3 Interactie met SMART2

De successiemodule SUMO 1 is geïntegreerd in het model SMART2 en vervangt daarmee de oorspronkelijke simulatie van de vegetatiegroei in SMART2. SMART2 gekoppeld met SUMO 1 wordt beschouwd als een aparte versie van het model SMART2 en staat dus naast SMART2 zonder SUMO 1. De oorspronkelijke simulatie van de vegetatiegroei in SMART2 bestond uit een constante groei óf uit een logistische groeicurve die van tevoren was vastgelegd. De vegetatiegroei was dus onafhankelijk van de nutriëntenbeschikbaarheid. De vorm van de logistische groeicurve werd bepaald door de maximale hoeveelheid biomassa, de leeftijd waarop de helft van de maximale hoeveelheid biomassa wordt bereikt en waar de groeisnelheid het grootst is, en een parameter die de steilheid van de bepaalde. Deze groeicurve had alleen betrekking op de groei van het dominante functionele type: de ondergroei in bossen werd bijvoorbeeld niet gesimuleerd. De bovengrondse strooiselproductie was direct gekoppeld aan de groeicurve. De wortelsterfte (ondergrondse strooiselproductie) werd berekend met behulp van een zgn. 'nutrient cycling factor' (ncf) die afhankelijk was van het vegetatietype. Met de ncf stond de verhouding tussen bovengrondse en ondergrondse strooiselproductie vast.

Met de simulatie van de groei van de vegetatie door SUMO 1 is een jaarlijkse terugkoppeling tussen vegetatiegroei en nutriëntenbeschikbaarheid tot stand gekomen. Vooral nog heeft de terugkoppeling alleen betrekking op stikstof en grondwaterstand. De BC-huishouding (basische kationen) wordt volledig in SMART2 afgehandeld, waarbij de potentiële opname wordt berekend door de toename van de biomassa van blad en eventueel stam te vermenigvuldigen met gehalten in deze vegetatiecomponenten. Het BC-tekort kan in de toekomst worden doorgegeven naar SUMO 1 om groeireductie te bepalen, maar voornamelijk kan verdunning van BC-gehalte in de biomassa optreden, als de beschikbare hoeveelheid aan basische kationen lager is dan de potentiële opname (in SMART2). De door SMART2 berekende N-beschikbaarheid wordt door SUMO 1 gebruikt voor de berekening van de groei en daarmee de N-gehalten. De N-opname en strooiselproductie worden in de daarop volgende tijdstap weer gebruikt voor de berekening van de N-beschikbaarheid. De mineralisatie van stikstof uit het strooisel is afhankelijk van het N-gehalte (C/N verhouding). In SMART2 wordt de N-beschikbaarheid berekend als de som van de mineralisatie, doorval en bladopname minus de denitrificatie en immobilisatie. De totale bovengrondse opname wordt volledig (zowel N als BC) in SMART2 afgehandeld. De N-opname wordt aan SUMO 1 doorgegeven en daar verdeeld over de aanwezige vegetatie. Omrekeningen van molc.m<sup>-2</sup> naar ton.ha<sup>-1</sup> en van N% naar N-gehalte en andersom, vinden plaats in SUMO 1. In tabel 3 worden de grootheden die uitgewisseld worden tussen SMART2 en SUMO 1 nog eens op een rijtje gezet.

Tabel 3 Interface SMART2/SUMO 1. Aangegeven wordt wat SMART2 aan SUMO 1 doorgeeft en omgekeerd

SMART2 → SUMO 1
N-beschikbaarheid ( $\text{mol}_c \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ) (= doorval + mineralisatie - denitrificatie - immobilisatie + bladopname)
Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (gvg)
Bladopname. SUMO 1 heeft dit nodig, omdat een deel van de totale N-behoefte al wordt voorzien door de bovengrondse bladopname (SUMO 1 verdeelt de bladopname over de functionele typen)
SUMO 1 → SMART2
Totale N-opname ( $\text{mol}_c \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ) (bovengronds en ondergronds in totaal N, SMART2 verdeelt dit over $\text{NO}_3^-$ en $\text{NH}_4^+$ op basis van de verhouding tussen $\text{NO}_x^-$ en $\text{NH}_3$ -depositie)
Bovengrondse strooiselproductie (bladval) ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) en N-gehaltes (%)
Wortelsterfte met bijbehorend N-gehalte
Vegetatiestructuurtype. Dit wordt in de lopende tijdstap doorgegeven om de invang van de depositie te berekenen en in de volgende tijdstap om de mineralisatie te berekenen. In de huidige tijdstap wordt dus de mineralisatie berekend met de mineralisatieconstante die hoort bij het vegetatiestructuurtype dat er in de vorige tijdstap stond (omdat de strooiselproductie ook in de vorige tijdstap gevormd is)
Beheer = plaggen (afvoer van strooisel C en N). Maaien in SUMO 1 betekent extra N-opname en strooiselproductie
Hoeveelheid bladeren, hout en wortels ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) voor de berekening van de opname van BC door SMART2. In SMART2 wordt de groei berekend uit het verschil in hoeveelheid tussen de tijdstappen

### 3.1 Aanpassingen in de source code van het model SMART2

De source code van het model SMART2 is zo weinig mogelijk aangepast. De belangrijkste aanpassing in het model SMART2 is vanzelfsprekend de vervanging van de groeicurve (subroutine FGROWTH) door de subroutine SUMO 1. In tegenstelling tot FGROWTH is SUMO 1 binnen de tijdloop gezet, vanwege de jaarlijkse terugkoppeling. Voorheen werd de groei over de totale periode berekend vóór de tijdloop. Doordat FGROWTH vervangen is door SUMO 1, is de argumentenlijst in de subroutine INFLUX2 aangepast. In deze subroutine worden de fluxen van de N-kringloop berekend.

Vegetatieparameters die door SUMO 1 berekend worden, worden nu niet meer uit een invoertabel ingelezen. De vegetatieparameters die nu nog wél worden ingelezen zijn:

- de filteringfactoren voor depositie;
- bladopnamefracties;
- fractie van wortelmasa in de strooisellaag;
- gehalten van basische kationen in bladeren en stammen;
- mineralisatieconstanten.

Deze parameters worden ieder jaar opnieuw gealloceerd, omdat het vegetatiestructuurtype door successie kan veranderen in de loop van de tijd.

De initialisatie vindt nu op een iets andere manier plaats, doordat o.a. leeftijd en vegetatietypen van de kaart worden afgelezen. Op basis van deze parameters wordt de initiële hoeveelheid biomassa en strooiselproductie berekend, die worden gebruikt



voor de berekening van de initiële N-beschikbaarheid. Voor de initialisatieprocedure zijn twee subroutines geschreven (INISUMO 1 en ININAV). De oude initialisatieprocedure, in de subroutine INFLUX2, is voor het grootste gedeelte uitgeschakeld. Hier worden alleen nog een aantal variabelen hernoemd en wordt de hoeveelheid basische kationen in de strooisellaag geïnitieerd. De initiële hoeveelheid organisch materiaal wordt in SMART2 geschat afhankelijk van de initiële biomassa.



## 4 Modeldata en toepassing

### 4.1 De Basiskaart voor SUMO 1

Als invoer voor de huidige situatie dient een basiskaart. Deze basiskaart is een vereenvoudiging van de kaart gebruikt voor het model LARCH (Foppen & Chardon 1998), gecombineerd met de leeftijdsgegevens van bossen uit de Vierde bosstatistiek (Dirkse 1987). Deze samenvoeging levert in totaal 23 vegetatietypen op. Hoe deze samenvoeging tot stand is gekomen staat weergegeven in bijlage 8. De bossen worden onderverdeeld in jonger dan 40 jaar (rekengemiddelde 30 jaar), tussen 40 en 80 jaar (rekengemiddelde 60 jaar), tussen 80 en 120 jaar (rekengemiddelde 100 jaar) en ouder dan 120 jaar (rekengemiddelde afhankelijk van de boomsoort). SUMO 1 heeft de initiële leeftijd van de vegetatie nodig om de initiële lengte en biomassa te bepalen. De vegetatietypen met de initiële leeftijden staan weergegeven in bijlage 8. Bij elk vegetatietype hoort niet een aparte set van parameters. SUMO 1 rekent met 14 vegetatiestructuurtypen die elk een set parameters omvat (zie tabel 4). Hoe de vegetatietypen zijn toegekend aan de structuurtypen staat in bijlage 8. De indeling in structuurtypen is uitgebreider dan die in SMART2 (5), maar heeft, mede vanwege de omzetting daarnaar toe, nog vele overeenkomsten. In een volgende versie zullen in ieder geval de bostypen anders gemodelleerd gaan worden. Aangezien SUMO 1 boomsoorten simuleert kunnen hieraan boomsoortspecifieke parameters worden gekoppeld, waardoor er geen verschil meer hoeft te worden gemaakt tussen donker en licht loofbos en naaldbos. Immers, de boomsoorten bepalen dan hoeveel licht er wordt onderschept en dus of er een licht of donker bos wordt gesimuleerd. Het wordt dan ook mogelijk om een gemengd bos te simuleren (grove den, eik). Het zal echter nodig blijven om SMART2 de biomassa per SMART2-vegetatietype door te geven en dus de omrekening te maken naar donker en licht loof- en naaldbos.

Tabel 4 Structuurtypen in SUMO 1.

structuurtype	Omschrijving
1	grasland
2	heide
3	donker naaldbos
4	licht loofbos
5	licht naaldbos
6	donker eike beuken bos
7	donker beukenbos
8	Structuurrijk loofbos
9	riet
10	struweel
11	kwelder
12	hoogveen
13	moeras
14	open zand

## **4.2 Successie**

In SUMO 1 kan successie worden gemodelleerd van het ene vegetatietype naar het andere. Dit geldt voor zowel leeftijdssuccessie (ouder worden van bos, bijvoorbeeld Beukenbos 40-80 naar Beukenbos 80-120) als vegetatiesuccessie (bijvoorbeeld Heide < 75% vergrast naar Heide > 75% vergrast naar structuurrijk loofbos). Bij leeftijdsuccessie veranderen de parameters zoals biomassaverdeling en sterfte niet. Dit is van belang in LARCH en MOVE voor de voorspelling van bijvoorbeeld oude bossoorten. Bij vegetatiesuccessie is dit anders. Daarbij veranderen de parameters wel. Er ontstaat immers een nieuw vegetatietype met andere parameters (uitgezonderd Heide < 75% vergrast naar Heide > 75%). De successieschema's met de beslismomenten staan vermeld in tabel 5.

Op de gebruikte LARCH-kaart komt als graslandtype alleen agrarisch grasland voor. SMART2 kan echter alleen onbemeste graslanden doorrekenen. In SUMO 1 wordt agrarisch grasland daarom beschouwd als natuurlijk grasland zonder bemesting, voorzover de graslanden binnen de EHS liggen (dus zonder bemesting). Deze aanname is alleen geldig binnen de EHS, SUMO 1 kan als gevolg hiervan dus alleen voorspellingen doen voor graslanden binnen de EHS. In principe kan SUMO 1 ook voorspellingen doen voor bemeste graslanden, SMART2 kan dit echter niet. Het overgaan van het ene vegetatietype in het andere is gebaseerd op de biomassa in vooral houtige delen. De biomassa's waarbij dit gebeurt zijn arbitrair en dienen nog te worden ondersteund door literatuuronderzoek.

## **4.3 Toepassing op site-niveau**

Voor een beperkt aantal sites is de combinatie SMART2/SUMO 1 gedraaid. Voor de invoer zijn dezelfde gegevens als voor het EC-scenario in NVK'97 gebruikt (RIVM 1997). De vegetatieontwikkeling van kale grond naar bos wordt gesimuleerd voor de vegetatietypen zoals die zijn gedefinieerd in SUMO 1 (tabel 5). De effecten van beheer op grasland en riet (maaïen) en op heide (plaggen) worden weergegeven voor de biomassa per functioneel type (kruiden, dwergstruiken, struiken, pionierbomen en climaxbomen) en in enkele gevallen ook voor de stikstofbeschikbaarheid.

## **4.4 Toepassing op regionaal en landelijk niveau**

De veranderingen in de loofbossen van Nederland zijn door SUMO 1 doorgerekend. Hiervoor zijn de opstandgegevens van de in paragraaf 4.1 beschreven kaart gebruikt. Hierbij wordt dus rekening gehouden met de leeftijdsopbouw van de bossen, afkomstig uit de indeling van de Vierde bosstatistiek (CBS 1985, Dirkse 1987). De totale biomassa per opstand is berekend. De uitkomst wordt gepresenteerd voor 250 m bij 250 m gridcellen. Aangezien er per grid verschillende bosvegetatietypen en

leeftijden kunnen voorkomen, wordt het bosvegetatietype met de grootste oppervlakte per grid weergegeven. Van dit landelijk overzicht wordt ook de stikstofbeschikbaarheid, zoals SMART2 die voorspelt weergegeven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen SMART2 met aangepaste parameters op basis van de SUMO 1-kalibratie en SMART2/SUMO 1. Er is een SMART2-versie gekalibreerd op basis van de gebruikte N% en biomassa zoals SUMO 1 wordt die voorspelt. Dit is gebeurd om een betere vergelijking tussen SMART2 en SMART2/SUMO 1 mogelijk te maken.

Voor successie op landelijk niveau wordt als voorbeeld de successie in loofbossen weergegeven. Dit is de enige successie die zonder speciale ingrepen (uit gebruik nemen van akkers, staken van beheer in graslanden) en dus zonder scenario waar (veranderend) beheer in zit, kan worden voorspeld. SUMO 1 kan de successie op landelijk niveau van graslanden of heiden voorspellen, mits er een kaart met het veranderende beheer beschikbaar komt. Voor de weergave is gekozen voor de Veluwe en omgeving.

Tabel 5. Successieschema voor SUMO 1 met vegetatietypen in LARCH, de voorspelde climaxboomsoort bij successie naar bos en het beslismoment in SUMO 1 op basis van de biomassa in een functioneel type wanneer de overgang naar een volgend vegetatietype plaatsvindt

Begin vegetatie	Veg-nr.	LARCH veg.-type	LARCH veg. nr.	Gaat over in	Veg.-nr.	LARCH veg.-type	LARCH veg.-nr.	climaxboomsoort	Beslismoment in SUMO 1
Grasland	1	Agrarisch grasland	6	Heide	2	Heide < 75% vergrast	8	-	Biomassa houtige delen dwergstruiken > 3 ton/ha
Grasland	1	Agrarisch grasland	6	Structuurrijk loofbos	8	Eik	17	Eik	Biomassa houtige delen struiken > 2 ton/ha
Grasland	1	Natuurlijk grasland	7	Heide	2	Heide < 75% vergrast	8	-	Biomassa houtige delen dwergstruiken > 3 ton/ha
Grasland	1	Natuurlijk grasland	7	Structuurrijk loofbos	8	Eik	17	Eik	Biomassa houtige delen dwergstruiken > 2 ton/ha
Grasland	1	Natuurlijk terrein	12	Structuurrijk loofbos	8	Eik	17	Eik	Biomassa houtige delen dwergstruiken > 2 ton/ha
Heide	2	Heide < 75% vergrast	8	Heide	2	Heide > 75% vergrast	9	-	Biomassa kruiden > 3 ton/ha
Heide	2	Heide < 75% vergrast, of heide > 75% vergrast	8 of 9	Licht naaldbos	5	Grove den	19	Grove den	Biomassa houtige delen struiken > 2 ton/ha
Riet	9	Riet	4	Riet	9	Els	18	Els	Biomassa houtige delen struiken > 2 ton/ha
Duinstruweel	10	Duinstruweel	1	Structuurrijk loofbos	8	Eik	17	Eik	Biomassa houtige delen pionierboom > 20 ton/ha

## 5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden een aantal voorbeelden besproken van SUMO 1-output. Dit gebeurt zowel op standplaats, als op regionaal en landelijk niveau. SUMO 1 is hiervoor gedraaid met de basiskaarten zoals die in 4.1 besproken zijn. De hieronder gebruikte vegetatiebenamingen zijn aan die kaarten ontleend.

In deze paragraaf worden alle vegetatietypen die SUMO 1 onderscheidt besproken. Dit gebeurt voor een aantal 250 m bij 250 m gridcellen. Voor de simulatie van graslanden is ook gebruik gemaakt van een scenario. Dit zogenaamde EC-scenario is een van de drie scenario's die zijn gebruikt voor de Natuurverkenningen '97 (RIVM 1997). Het scenario heeft ondermeer invloed op de grondwaterstand en de stikstofdepositie. Over het algemeen neemt de stikstofdepositie en daarmee de stikstofbeschikbaarheid af. Daarnaast zijn de veelal lokaal voorziene grondwaterstandingrepen verwerkt in het scenario, wat zowel verhoging als verlaging van grondwaterstanden kan inhouden. Voor alle andere berekeningen is gebruik gemaakt van een vaste stikstofdepositie van 40 kg/ha. N. Door een vaste stikstofdepositie te modelleren komt de performance van het model beter naar voren. De uitkomst is dan geen mengsel van het model en een scenario.

In de volgende hoofdstukken wordt de biomassaontwikkeling van verschillende vegetatietypen weergegeven. Hierbij wordt uitgegaan van kale grond. Dit betekent dat de biomassa op  $t=0$  nagenoeg nul is (in totaal 5 kg/ha.). De grond is echter niet "nul jaar oud", Zij heeft al een lange geschiedenis achter de rug en wordt als zodanig ook in SMART2 gesimuleerd. Dit betekent dat er dus al strooisel aanwezig is en dat dus de stikstofbeschikbaarheid groter is dan van een nieuw gevormde kale grond zonder enig organisch materiaal. De initiële strooiselhoeveelheid in de bodem wordt door SMART2 geschat op basis van de initiële biomassa. De biomassagroei is in het eerste jaar dan ook behoorlijk groot, veel groter dan bij een volledig kale grond, waar de bodem zich ook nog moet vormen.

### 5.1 Riet

De vegetatieontwikkeling vanaf kale grond naar riet staat weergegeven in fig. 6. In het eerste jaar wordt een biomassa van ongeveer 4 ton/ha voorspeld. Bij jaarlijks maaien loopt de biomassa langzaam op naar zo'n 9 ton/ha. Onder de natte omstandigheden duurt het vrij lang voordat er zich een behoorlijke biomassa heeft gevormd. Hoewel het effect van hoge grondwaterstanden niet direct door SUMO 1 wordt gesimuleerd, is er wel een indirect effect via simulatie van de bodem in SMART2. De grondwaterstand heeft effect op de bodemprocessen, waaronder de mineralisatie. Het jaarlijks maaien is ook van invloed. Dit jaarlijks maaien vindt in de praktijk vaak niet plaats. Hierdoor kan er in het veld sneller een grotere hoeveelheid biomassa ontstaan. In SUMO 1 bestaat de mogelijkheid van minder dan eenmaal maaien per jaar nog niet. Dit zou voor een betere voorspelling van het beheer van

rietvelden wel noodzakelijk zijn. Figuur 7 geeft de vegetatieontwikkeling voor riet, waar na 20 jaar het beheer wordt gestaakt. De initiële leeftijd op  $t=0$  is 10 jaar. Na het staken van het beheer neemt de biomassa in de struiken vrij snel toe, waarna er een dicht struweel met pionierbomen ontstaat met nauwelijks nog ondergroei. 30 Jaar na het staken van het beheer wordt het ontstane struweel weer wat opener en komen de kruiden terug. Vrij snel daarna beginnen de climaxbomen belangrijk te worden, om ongeveer 90 jaar na het staken van het beheer dominant te worden. Er wordt dan een soort structuurrijk loofbos voorspeld, hetgeen overeenkomt met de praktijk.

## 5.2 Heide

Voor de voorspelling van heide geldt dat er een vast beheer is van plaggen na 30 jaar. De voorspelling van de biomassaontwikkeling staat weergegeven in figuur 8. De bovengrondse biomassa wordt na 30 jaar verwijderd, samen met een deel van de biomassa in de bodem en het strooisel. Dit heeft een duidelijke verarming tot gevolg. Na plaggen neemt de biomassa van de kruiden (lees pijpestrootje) minder snel terug. Aan het einde van de dertigjarige periode neemt de biomassa van de struiken ook toe, ook als door het plaggen de stikstofbeschikbaarheid terugloopt.

## 5.3 Agrarisch grasland

Net als voor riet en heide wordt voor graslanden op het ogenblik gerekend met een vast beheer van eenmaal maaien per jaar. Dit is niet verplicht, SUMO 1 kan voorspellingen doen tot 10 maal maaien per jaar. Deze voorspelling is alleen geldig voor niet-bemeste graslanden, omdat bemesting niet in SMART2 kan worden gesimuleerd. Figuur 9 geeft het biomassaverloop bij een constante depositie in vergelijking met de depositie volgens het EC-scenario. Figuur 10 geeft de bijbehorende stikstofbeschikbaarheden. Er is hier uitgegaan van een beginbiomassa van 9 ton/ha voor het vaste-depositiescenario, voor het EC-scenario is begonnen met kale grond. De biomassa's van de overige structuurtypen worden niet weergegeven: zij zijn zeer laag, door het constant wegmaaien van de bovengrondse biomassa. Hierdoor vindt er voor deze typen ook geen ondergrondse biomassaopbouw plaats. De biomassa van de kruiden wordt weergegeven voor het maaien. Na maaien blijft er standaard 2 ton per hectare bovengrondse biomassa achter, waar vervolgens de strooiselval en de N-terugtrekking voor wordt meeberekend. In het eerste jaar wordt in graslanden ongeveer dezelfde biomassa bereikt als waarmee het vaste-depositiescenario wordt begonnen. Dit geeft aan dat de geschatte initiële biomassa (de biomassa aan het begin van de run) goed bruikbaar is voor deze omstandigheden. Zolang niet de initiële biomassa per site bekend is, zal er gebruik moeten worden gemaakt van een schatting. Door elke site in Nederland vanuit het verleden naar het heden te voorspellen zou dit kunnen worden voorkomen. Op deze wijze is de intiele biomassa voor graslanden op een arme zandbodem niet langer hetzelfde als op een rijke kleigrond.



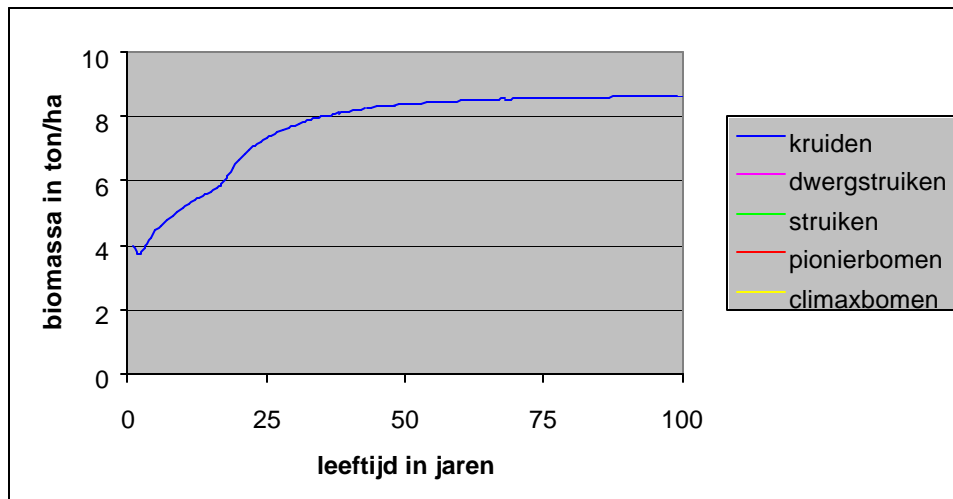


Fig. 6. Biomassaontwikkeling voor het vegetatietype riet, per functioneel type. In het jaar nul wordt begonnen met 4 ton/ha

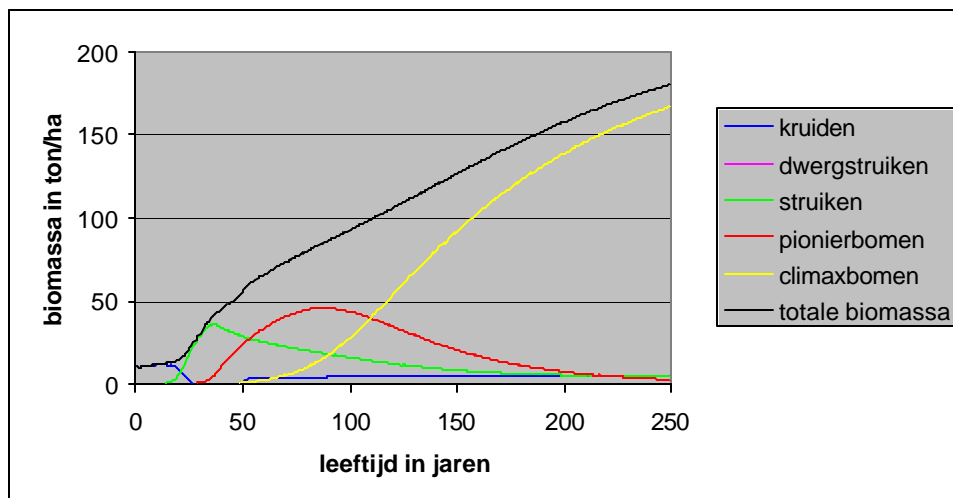


Fig. 7. Biomassaontwikkeling in het vegetatietype riet, per functioneel type. Het beheer van eenmaal maaien per jaar wordt na tien jaar gestaakt

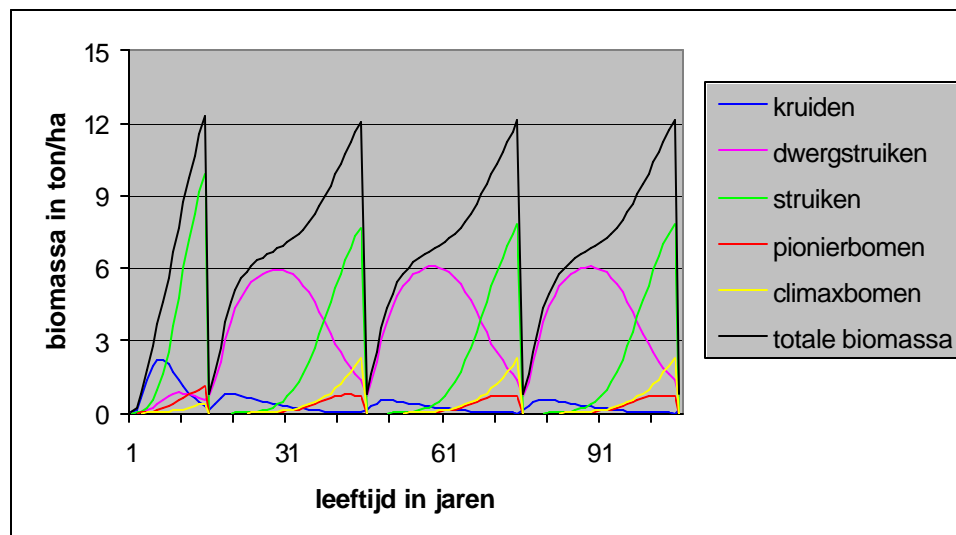


Fig. 8. Biomassaontwikkeling in het vegetatietype heide, per functioneel type. Er wordt elke dertig jaar geplagd.

In beide figuren is een behoorlijk effect zichtbaar van het EC-scenario: zowel de biomassa als de stikstofbeschikbaarheid dalen. De stikstofbeschikbaarheid daalt echter veel forser dan de biomassa. Dit komt omdat SUMO 1 ook rekent met een variabel stikstofgehalte. Bij een lager aanbod van stikstof daalt ook het N-gehalte van de vegetatie, waardoor hier de biomassadaling relatief gering is. Dit wordt bij alle vegetatietypen berekend, hetgeen in het veld betekent dat de afname van de biomassa geringer is dan op basis van de afname van de depositie verwacht mag worden. Er is als het ware een naijlingseffect aanwezig, doordat een deel van de stikstof lang in de vegetatie aanwezig blijft.

#### **5.4    Structuurrijk loofbos**

Structuurrijk loofbos kan in SUMO 1 ontstaan op kale onbeheerde grond of uit de typen natuurlijk terrein, grasland dat niet langer gemaaid wordt, en ruigte. Figuur 11 geeft de ontwikkeling van een 20 jaar oud grasland waar (op  $t=0$  in de figuur, met een initiële biomassa van 8 ton/ha) het maaibeheer gestaakt wordt. Als climaxboom wordt eik en als pionierboom wordt berk gesimuleerd. Direct na het staken van het beheer neemt de biomassa van de kruiden nog geleidelijk toe (verruiging), waarna de biomassa naar vrijwel nul daalt door de opkomst van de struiken en later de pionierbomen die een dicht struweel vormen. Vrij snel neemt daarna de biomassa van de kruiden weer toe naar een stabiel niveau. Het struweel wordt meer open, de pionierbomen worden wat hoger en de dichtheid van de struwelen begint in die periode af te nemen. Pas zeer geleidelijk neemt de biomassa voor de climaxbomen toe, om uiteindelijk dominant te worden. Op deze relatief rijke zandgrond valt te denken aan eiken, zoals hier gesimuleerd, en of beuken. Het structuurrijk loofbos is vergelijkbaar met het structuurrijk loofbos zoals dat in het GREINS (Prins 1995) wordt gemodelleerd. In SUMO 1 zit echter geen ruimtelijke component, waardoor het echte structuurrijke bos niet wordt gesimuleerd. De voorspelling laat zien dat er uiteindelijk wel een vrij open climaxbos ontstaat. Het ontstaan van open plekken in het bos, als gevolg van bijvoorbeeld storm of brand, kan de variatie in structuur weer verhogen. Deze effecten worden op het ogenblik echter nog niet gesimuleerd door SUMO 1, evenmin als het effect van bosbegrazing.

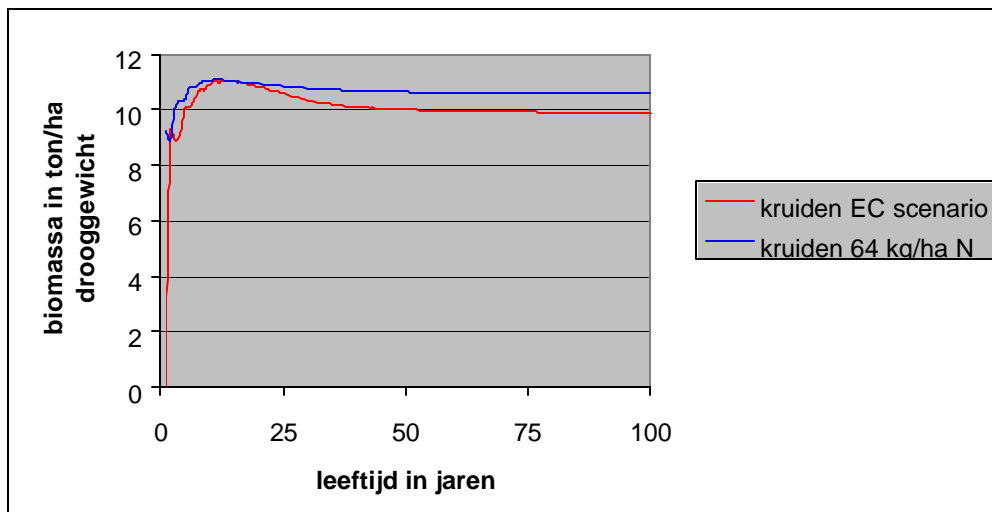


Fig. 9 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype agrarisch grasland. Weergegeven wordt de totale biomassa (voordat er gemaaid wordt; éénmaal per jaar) voor het EC-scenario (o.a. een dalende stikstofdepositie) en met een vaste depositie van 64 kg/ha. N.

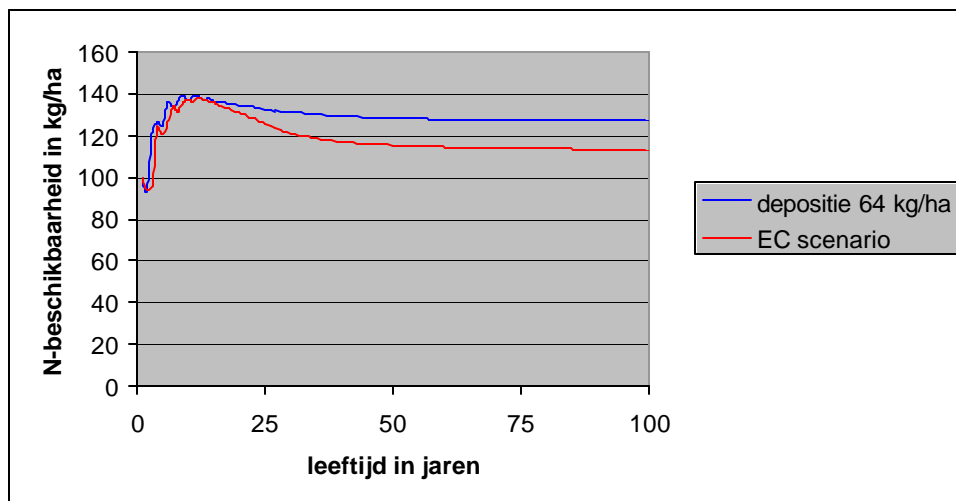


Fig. 10 Stikstofbeschikbaarheid voor de vegetatie in een agrarisch grasland voor het EC-scenario en met een vaste stikstofdepositie van 64 kg /ha. N. Het grasland wordt eenmaal per jaar gemaaid en niet bemest.

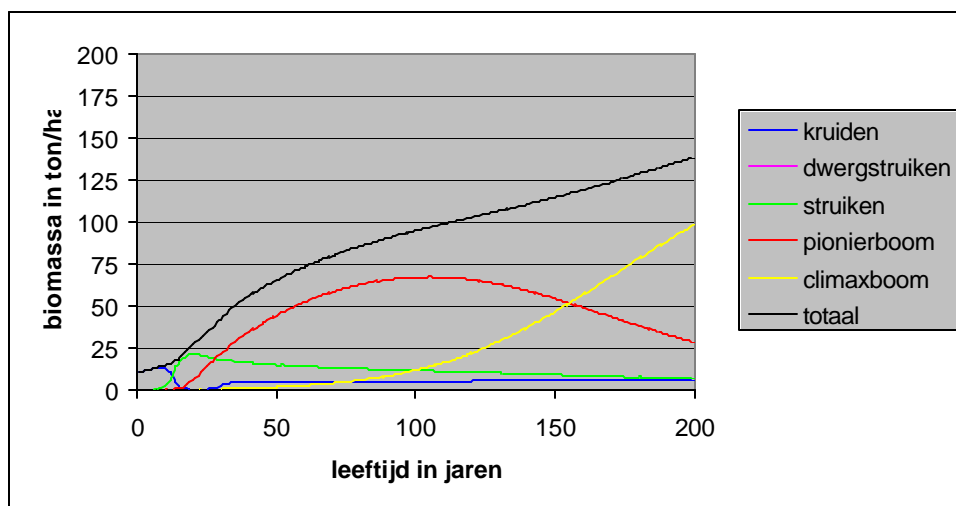


Fig. 11 Biomassaontwikkeling voor het vegetatietype structuurrijk loofbos, per functioneel type.

## 5.5 Donker loofbos

Figuur 12 geeft de ontwikkeling van kale grond naar een donker loofbos. Net als bij de volgende drie bostypen gaat het hier vaak om aangeplante bossen, waarbij het bij donker loofbos om de beuk gaat met als pionierboom eik. Het onder natuurlijke omstandigheden ontstaan van zo'n bos vergt volgens de simulatie minstens 200 jaar vanaf kale en nutriëntenarme zandgrond. Toch is duidelijk dat dit type alleen op de potentieel rijkere gronden tot ontwikkeling komt. Vanaf het begin is er een kruidlaag aanwezig en is er geen noemenswaardige dwergstruiklaag. Opvallend is dat de pionierbomen zo lang dominant aanwezig zijn, wat een mengsel van berk en eik zou kunnen zijn, maar in SUMO 1 wordt gemodelleerd als eik. Om de veel voorkomende situatie van aanplant van bos te kunnen simuleren, wordt gestart met een initiële biomassa voor de climaxbomen en de kruiden. Ditzelfde geldt voor de onderstaande bostypen. Uiteindelijk resulteert het donker loofbos in een bos met vrijwel alleen biomassa in de climaxboom en bijna geen biomassa in de overige functionele typen.

## 5.6 Licht loofbos

In tegenstelling tot donker loofbos is er hier veel biomassa aanwezig in alle functionele typen, al wordt de biomassa in de climaxboom wel dominant (fig. 13). Als climaxboom wordt hier de zomereik gesimuleerd met als pionierboom berk. Het bos dat ontstaat lijkt op een structuurrijk loofbos. Opvallend verschil is de dominantie van de dwergstruiken in de eerste jaren. Dit is een gevolg van de arme beginomstandigheden van een kale bodem zonder noemenswaardige strooisellaag. Dit komt ook tot uiting in de lagere totale biomassa in het systeem mede als gevolg van door de relatief grote hoeveelheid biomassa in de kruiden. Door het hogere stikstofgehalte van dit functionele type kan er met dezelfde hoeveelheid stikstof minder biomassa worden gevormd. Net als bij structuurrijk loofbos is er een vrij lange periode met veel struiken.

## 5.7 Donker naaldbos

Als climaxboomsoort wordt hier douglas gesimuleerd met als pionierboom berk (fig. 14). Ten opzichte van donker loofbos wordt de climaxboom veel sneller dominant en blijft er van ondergroei weinig over, hetgeen ook zichtbaar is in het veld. Door de langere levensduur van het blad en de grote potentiële groeisnelheid van douglas kan deze vrij snel dominant worden. De simulatie zou ook kunnen worden gebruikt voor de spar, al is de groeisnelheid aan de hoge kant, evenals de gevormde biomassa. Het effect op de andere functionele typen is echter ongeveer hetzelfde.

## 5.8 Licht naaldbos

Licht naaldbos lijkt weer meer op licht loofbos en structuurrijk loofbos (fig. 15). Als climaxboom wordt grove den gesimuleerd, maar dit is vergelijkbaar met lariks. De pionierboomsoort is berk. Deze simulatie geeft ook een goed beeld hoe de successie verloopt van een niet (meer) beheerd heideveld. Onder deze relatief arme beginomstandigheden ontstaat er uit de heide een struweel van dwergstruiken, struiken en later pionierbomen, waarna de climaxbomen uiteindelijk dominant worden.

## 5.9 Kwelder

Figuur 16 laat de vegetatieontwikkeling zien voor kwelders. In Nederland zijn er geen struiken of bomen die onder deze zoute en dynamische omstandigheden kunnen groeien. Ondanks het afwezig zijn van beheer vindt er hier dus geen successie plaats naar bos. Onder rijke omstandigheden bestaat de vegetatie vooral uit struikachtige soorten, onder arme omstandigheden uit kruidachtigen. Vanaf een nieuwe kale kwelder vindt er langzaam biomassaopbouw plaats, naarmate de kwelder rijker wordt, worden de struikachtigen (bijvoorbeeld *Atriplex portulacoides*, gewone zoutmelde) dominanter.

## 5.10 Successie van kaal duinzand naar duinbos via duinheide en duinstruweel

De biomassaontwikkeling van nieuw gevormde duin naar bos via duinheide en duinstruweel staat weergegeven in figuur 17. Gedurende de vegetatieontwikkeling is er een vast depositieniveau van 40 kg/ha. N. Dit verklaart waarom de biomassavorming vanaf kale grond al vrij snel op gang komt. De koloniatoren zijn zowel kruiden als dwergstruiken. In dit nog voedselarme systeem worden de dwergstruiken dominant over de kruiden. Na 50 jaar worden de dwergstruiken langzaam weggeconcentreerd door struiken. De stikstofbeschikbaarheid wordt in deze periode steeds groter. Aangezien in SUMO 1 geen beheer of begrazing wordt gesimuleerd gaat de heide over in een struweel. Het struweel, in de vorm van vooral struiken en later ook van pionierbomen, blijft ongeveer 150 jaar bestaan. Na deze periode wordt een kritisch punt bereikt, waarbij de biomassa in de struiken en de pionierbomen ongeveer even groot worden. Dan ontstaat er een structuurrijk loofbos. De stikstofbeschikbaarheid neemt dan nog weer verder toe tot boven de 200 kg/ha./jaar. De gesimuleerde ontwikkeling laat zien dat de verschillende vegetatiestadia vrij stabiel kunnen zijn, zoals in de huidige duinen te vinden zijn. Of deze successie ook daadwerkelijk plaatsvindt is niet bekend: er zijn geen meetreeksen beschikbaar, al is er wel een aanwijzing in die richting: een vallei op Terschelling ('De Berkenvallei'), waar een loofbos zich heeft ontwikkeld.

Voor de modellering van de verschillende gebieden in de duinen op de redelijk korte termijn (30 jaar) voldoet deze reeks. De verschillende vegetatietypen kunnen dan met de bijbehorende leeftijden en biomassa's als startpunt voor de simulatie gebruikt worden.

Deze parameterset wordt ook gebruikt voor niet-duinstruweel. Het gaat dan vaak om rijkere standplaatsen, waar zonder beheer een soortgelijke ontwikkeling plaats vindt. Hier worden dan in de eerste jaren de kruiden dominant in plaats van de dwergstruiken. Onder rijkere (begin)omstandigheden verloopt de successie sneller. In het algemeen geldt voor alle ontwikkelingen die door SUMO 1 worden gesimuleerd: hoe groter de stikstofbeschikbaarheid hoe sneller de successie.

### **5.11 Overig natuurlijk terrein**

Overig natuurlijk terrein is een structuurtype waar allerlei terreinen onder vallen die niet in een van de andere typen thuis horen. Voorspellingen doen voor dit type is dan ook een moeilijke zaak. Hier worden deze terreinen doorgerekend als een soort ruigte, waar geen beheer plaatsvindt. De ontwikkeling is gelijk aan die voor Ruigte en een al enige tijd niet meer beheerd grasland (fig. 11): er ontstaat een structuurrijk loofbos.

### **5.12 Hoogveen**

De biomassaontwikkeling in hoogveen wordt weergegeven in figuur 18. In vergelijking met bijvoorbeeld riet duurt het hier veel langer voordat er bos ontstaat. Zonder beheer voorspelt SUMO 1 echter uiteindelijk altijd dat er bos ontstaat op een hoogveen. Dit is onder natuurlijke omstandigheden niet overeenkomstig met de praktijk, waar een hoogveen zichzelf in stand houdt. Pas wanneer een hoogveen ontwaterd raakt zal het dichtgroeien en uiteindelijk een structuurrijk loofbos worden. Om dit goed te kunnen voorspellen is het nodig de effecten van vocht beter te simuleren.

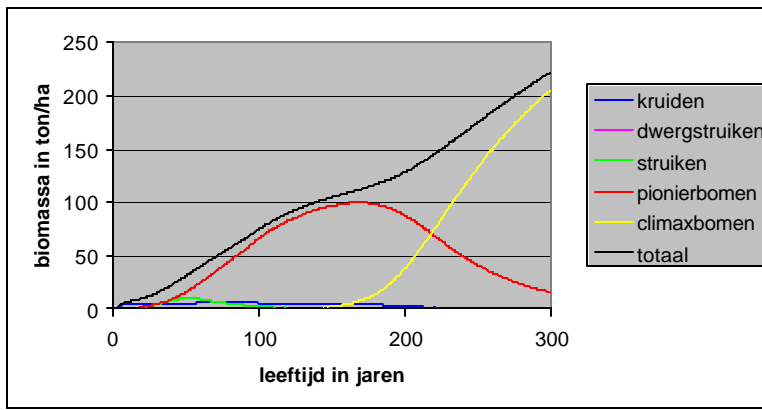


Fig. 12 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype donker loofbos, per functioneel type.

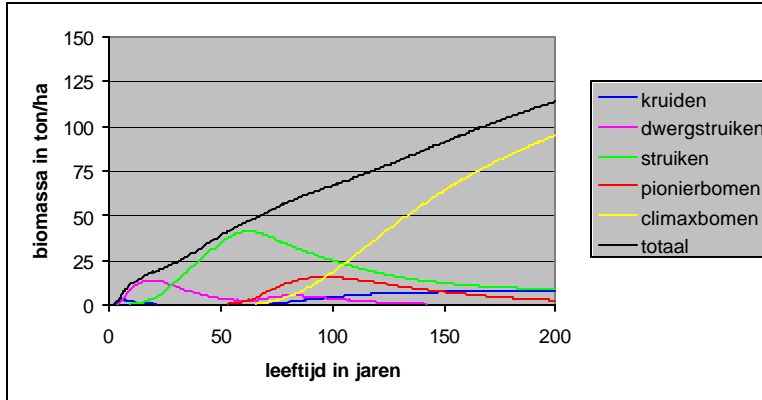


Fig. 13 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype licht loofbos, per functioneel type.

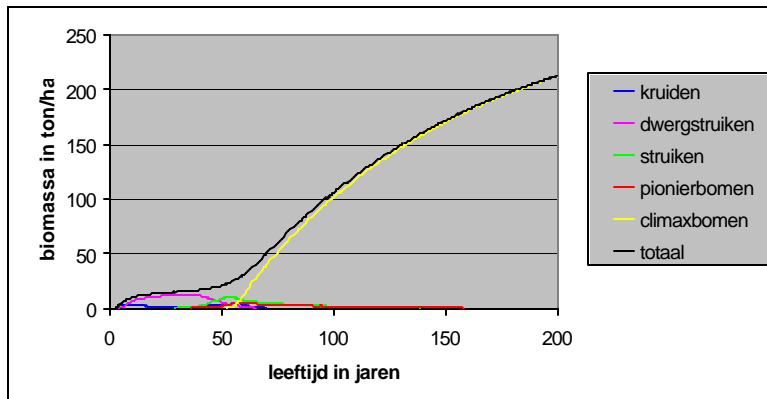


Fig. 14 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype donker naaldbos, per functioneel type.

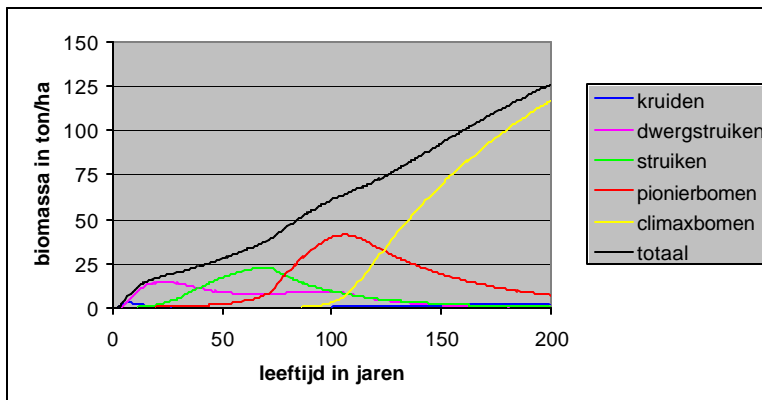


Fig. 15 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype licht naaldbos, per functioneel type.

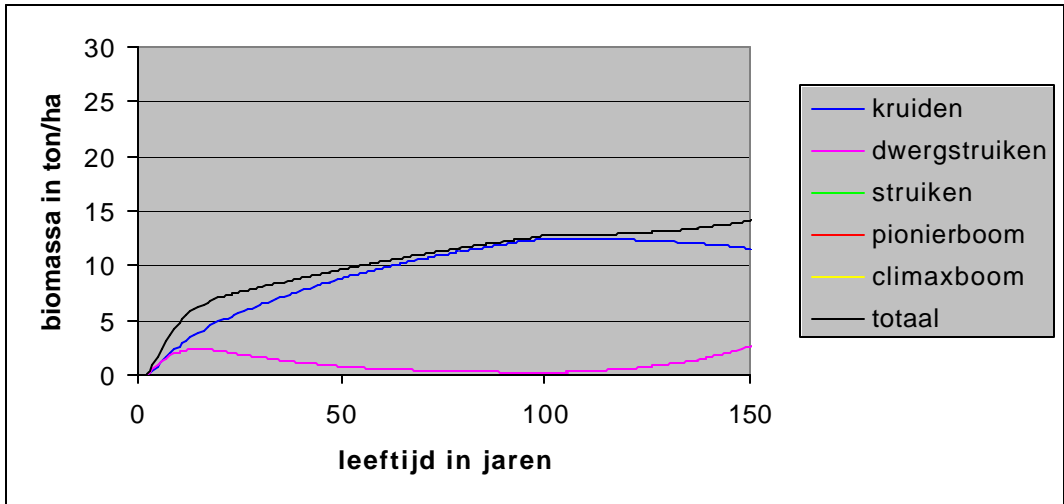


Fig. 16 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype kwelder, per functioneel type.

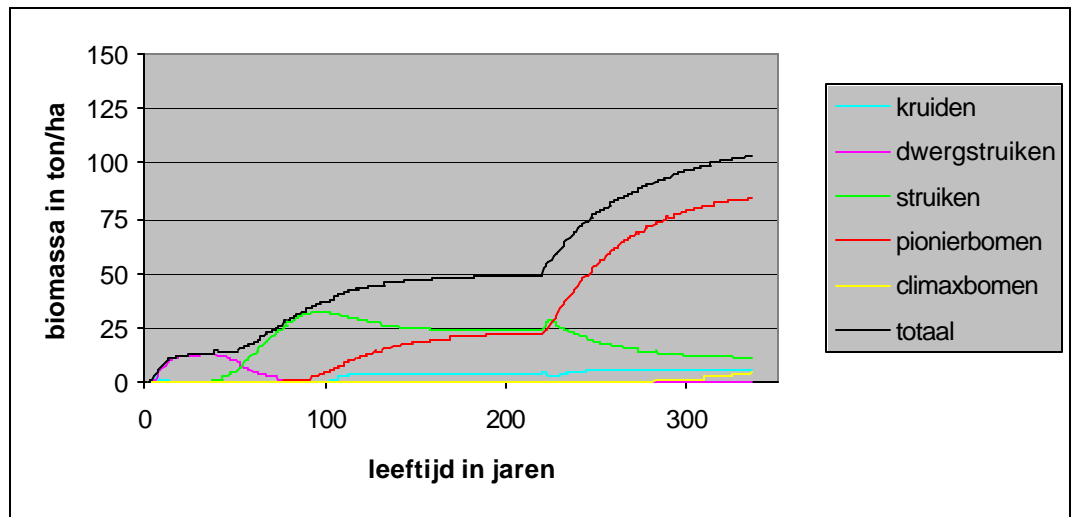


Fig. 17 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype kaal duinzand, per functioneel type.

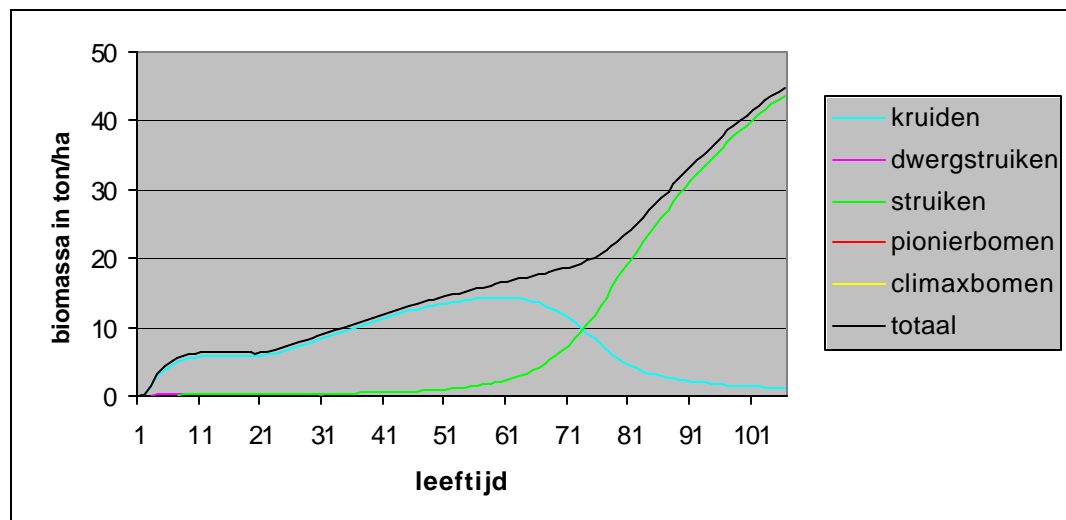


Fig 18 Biomassaontwikkeling in het vegetatietype hoogveen, per functioneel type.



### **5.13 Voorspellingen op regionale en landelijke schaal**

In figuur 19 tot en met 21 wordt de vegetatieontwikkeling voor loofbossen zichtbaar gemaakt voor de Veluwe en omgeving, zonder dat het beheer verandert; er vindt dus geen kap plaats. Wel gaan de populieren dood en worden deze vervangen door wilgen. Per 250 m bij 250 m grid wordt het vegetatietype weergegeven. De bossen worden ouder en gaan dus over van de ene leeftijdsklasse in de andere. Voor het model LARCH zijn deze gegevens van groot belang. De duurzaamheid van een populatie kan veranderen als gevolg van het simpele feit dat bossen ouder worden.

De biomassaontwikkeling op landelijk schaal in bossen wordt weergegeven in figuur 22 en 23. De situatie wordt geschetst voor de som van de biomassa van de afzonderlijke functionele typen in 1990 en 2020. De biomassa loopt op naarmate de bossen ouder worden. Opvallend is dat de biomassa in 1990 nog vrij laag is. Dit wordt veroorzaakt doordat er in Nederland vooral veel relatief jong bos aanwezig is (jonger dan 40 jaar en 40-80 jaar). Onder het vroegere bosbeheer kregen niet veel bossen de kans ouder te worden.

### **5.14 Vergelijking tussen de stikstofbeschikbaarheid van SMART2 en die van SMART2/SUMO 1**

In figuur 24 worden cumulatieve frequentieverdelingen weergegeven van de N-beschikbaarheid in de jaren 1990, 2000, 2020 en 2090 voor zowel de berekeningen met SMART2 zonder SUMO 1 als de berekeningen mét SUMO 1. Voor de berekening van de N-beschikbaarheid met SMART2 zónder SUMO 1 is de strooiselproductie gelijkgesteld aan de gemiddelde strooiselproductie zoals die berekend was mét SUMO 1. Op deze manier was de uitgangssituatie gelijk, hetgeen ook te zien is aan de mediaan van de N-beschikbaarheid, die voor beide methoden in 1990 en 2000 ongeveer gelijk is.

De frequentieverdeling van de N-beschikbaarheid berekend mét SUMO 1 is breder dan die van de N-beschikbaarheid berekend zónder SUMO 1. Dit wordt veroorzaakt door de grotere verscheidenheid in vegetatie in de berekening met SUMO 1. Mét SUMO 1 wordt onderscheid gemaakt in leeftijd en bovendien worden er verscheidene boomsoorten onderscheiden. Waar SMART2 zonder SUMO 1 alleen loofbos, licht en donker naaldbos worden onderscheidt, kent de versie mét SUMO 1 verscheidene typen loofbossen (tabel 4). Deze verschillende typen hebben ook verschillende hoeveelheden strooiselproductie en N-gehaltes. De over het algemeen hoger berekende N-beschikbaarheid met SUMO 1 wordt veroorzaakt door het feit dat SUMO 1 de ondergroei meeneemt en SMART2 zónder SUMO 1 niet. In de versie mét SUMO 1 is de strooiselproductie dus groter. De verschillen worden groter naarmate de tijd vordert.

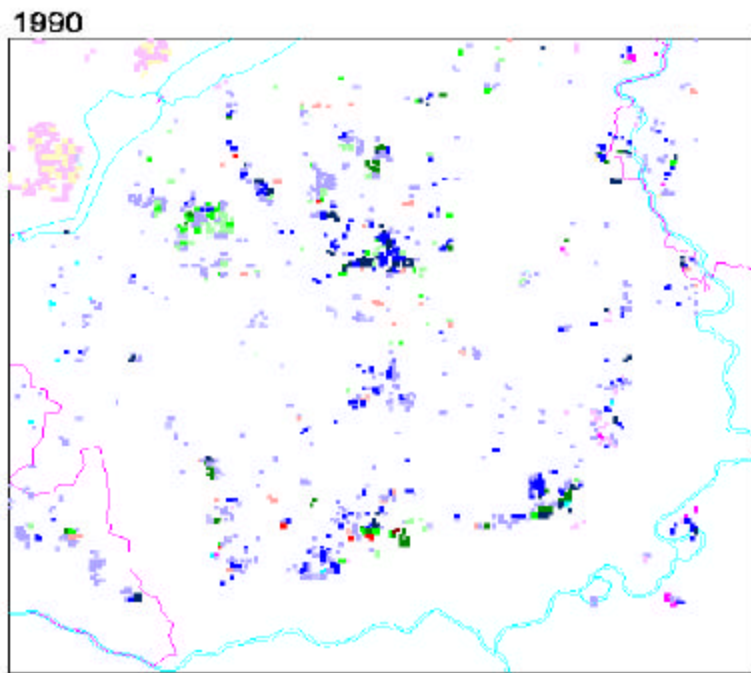


Fig. 19 Vegetatietype voor loofbossen op de Veluwe en omgeving in 1990 voorspeld met SUMO 1. Weergegeven wordt de leeftijdsklasse waarin het type zich bevindt. De legenda staat onder figuur 22.

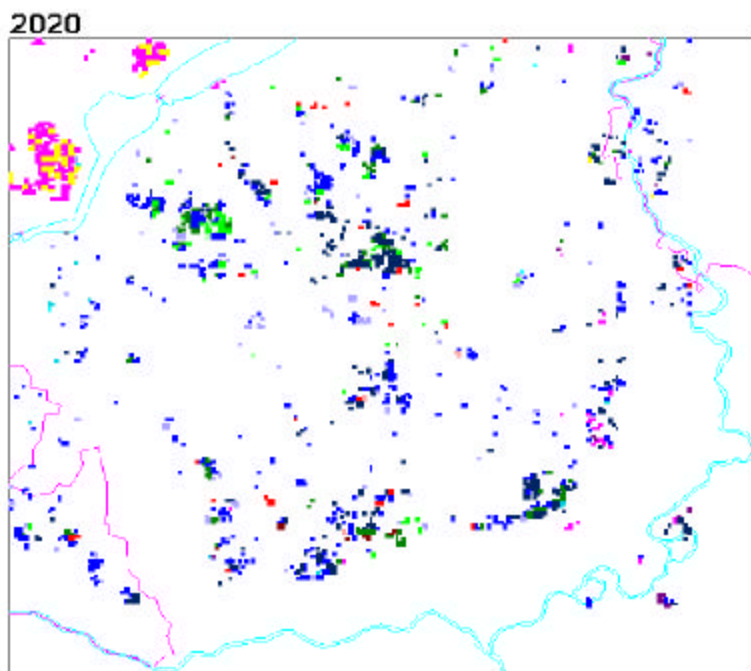


Fig. 20 Vegetatietype voor loofbossen op de Veluwe en omgeving in 2020 voorspeld met SUMO 1. Weergegeven wordt de leeftijdsklasse waarin het type zich bevindt. De legenda staat onder figuur 22.

2090

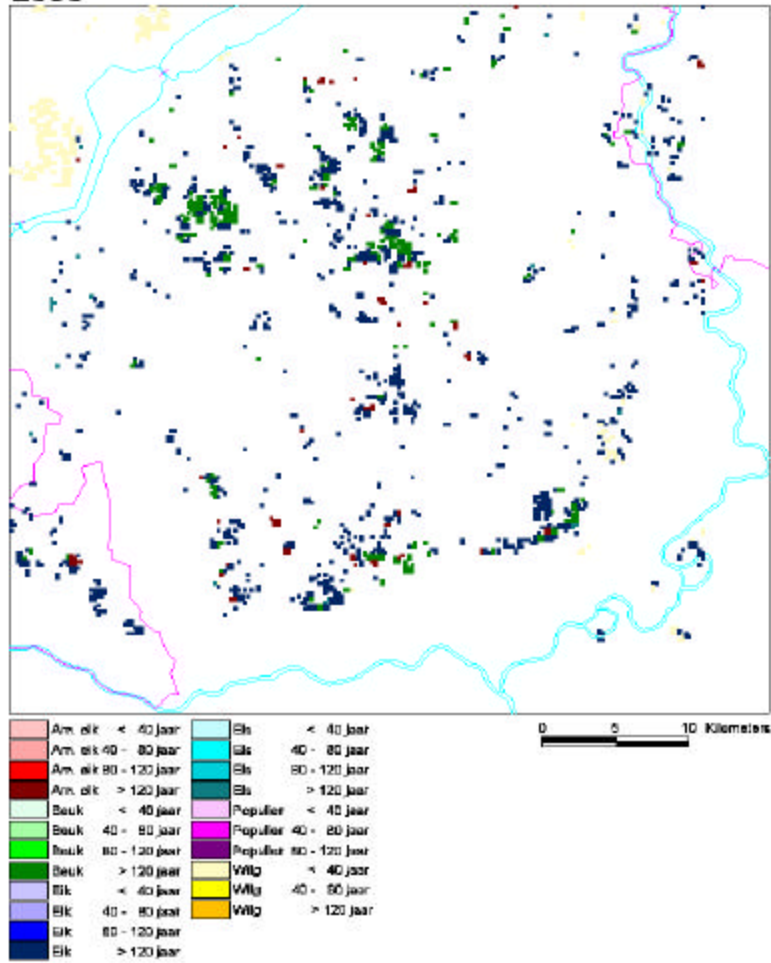


Fig. 21 Vegetatietype voor de loofbossen op de Veluwe en omgeving in 2090 voorspeld met SUMO 1. Weergegeven wordt de leeftijdsklasse waarin het type zich bevindt. De populierenbossen zijn vervangen door wilgenbossen.

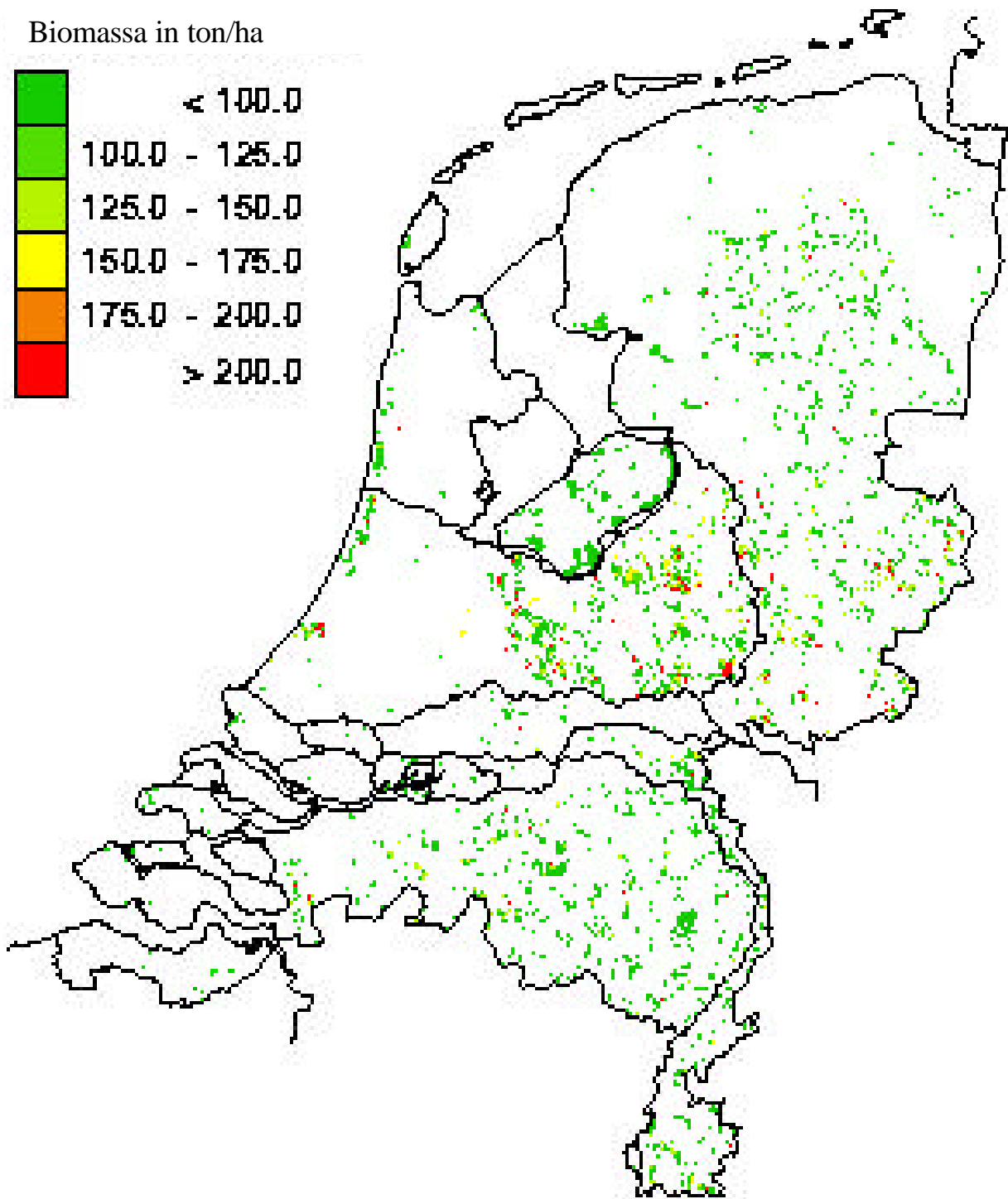


Fig. 22 Voorspelling van de totale biomassa voor loofbossen in 1990. Weergegeven wordt het bos met de grootste oppervlakte in een 250 m bij 250 m gridcel.

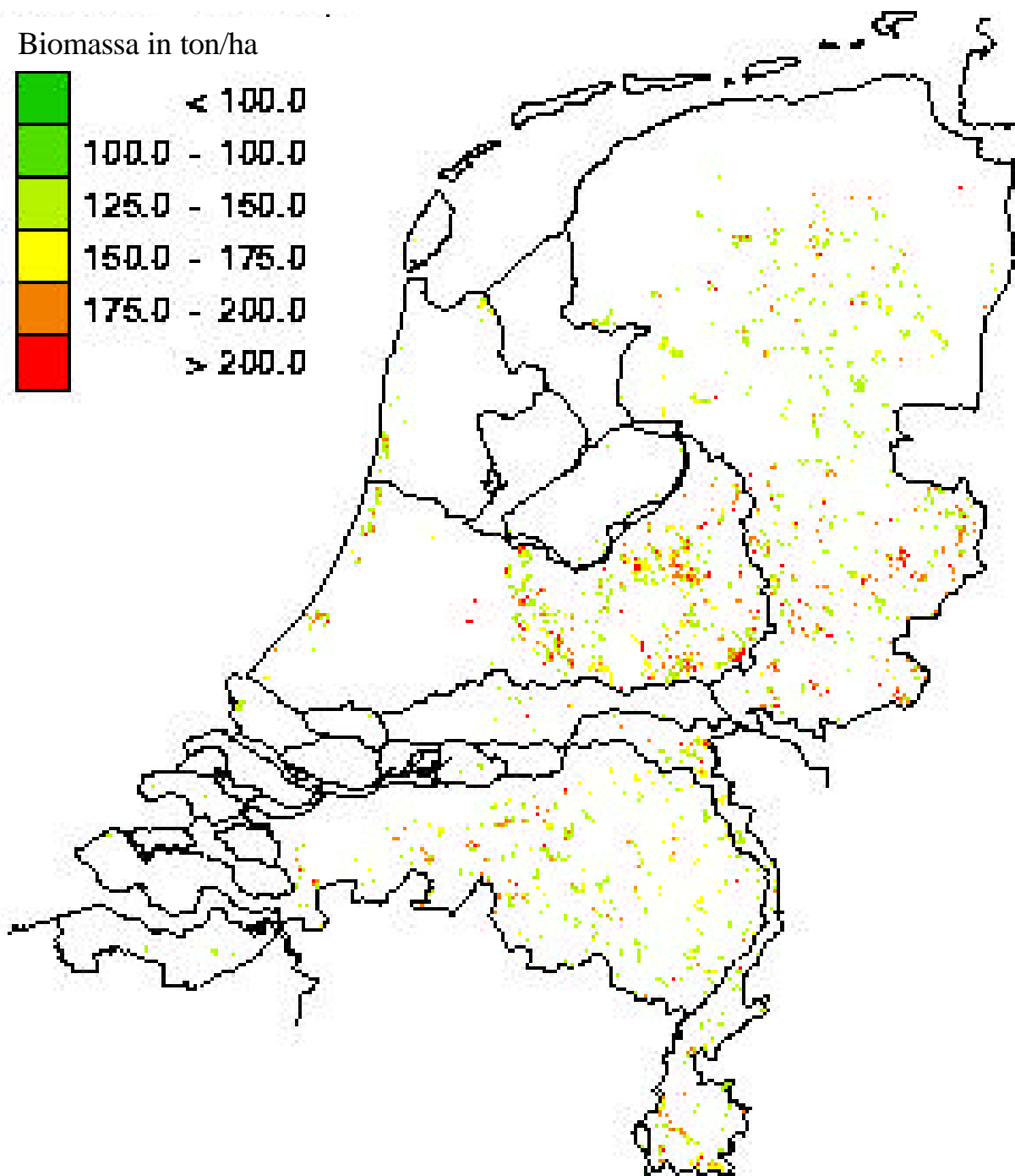


Fig. 23 Voorspelling van de totale biomassa voor loofbossen in 2020. Weergegeven wordt het bos met de grootste oppervlakte in een 250 m bij 250 m gridcel. De poulierenbossen zijn doodgegaan en nog niet vervangen door wilgen.

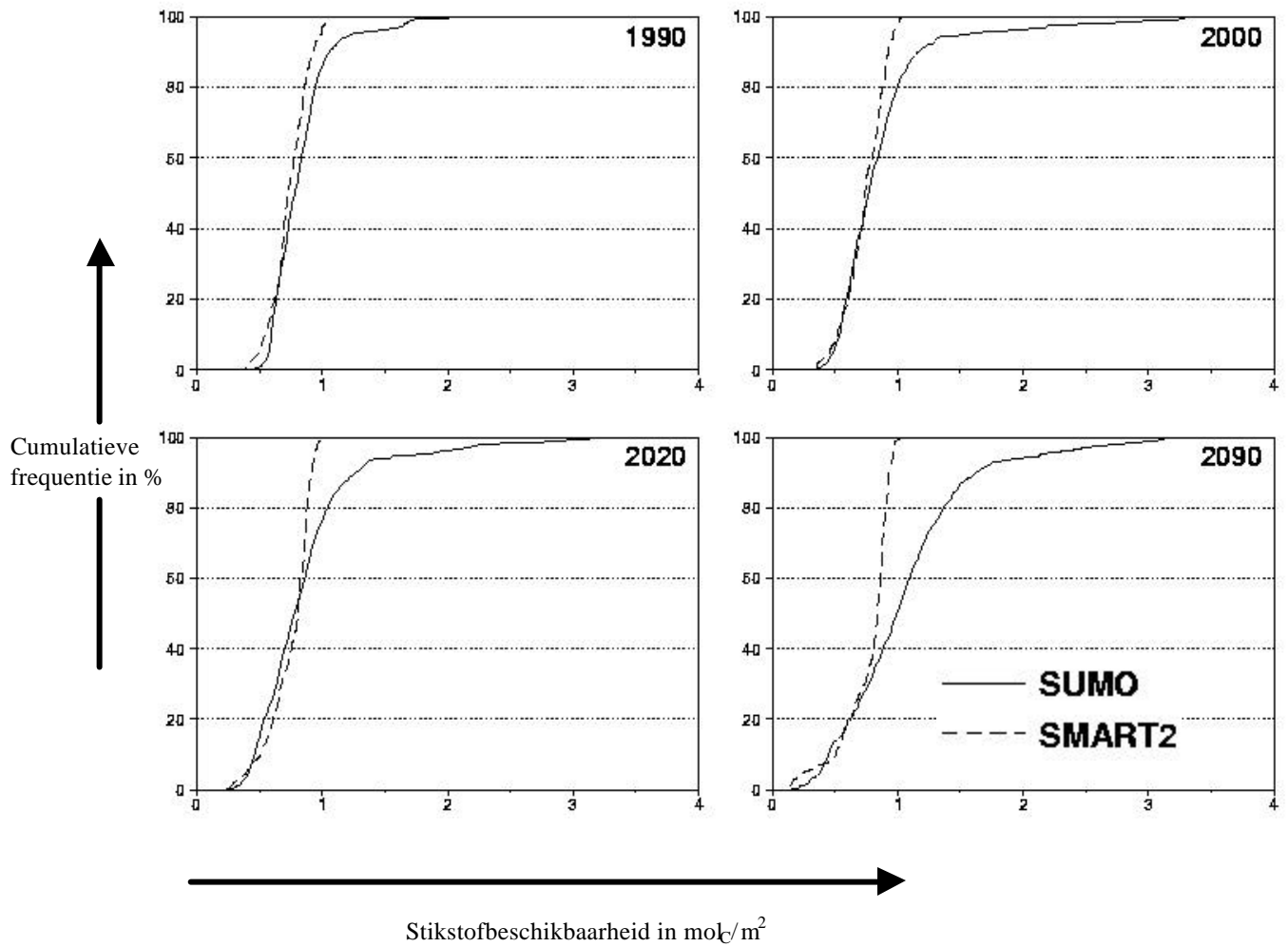


Fig. 24 Cumulatieve frequentieverdeling van de stikstofbeschikbaarheid gesimuleerd door SMART2 (zonder SUMO 1) en SMART2-SUMO 1 voor loofbossen in 1990, 2000, 2020 en 2090.

## 6 Discussie

De resultaten van SUMO 1 tot nu toe en de vergelijking met de oude uitvoer van SMART2 laten zien dat SUMO 1 inderdaad de beoogde verbetering te zien geeft voor de biomassaontwikkeling van de vegetatie. De vegetatieontwikkeling is dynamisch geworden en wordt beïnvloed door effecten van beheer. Vegetatiesuccessie kan worden gesimuleerd. De koppeling tussen vegetatie en bodem is dynamisch geworden, waar in het oude SMART2 er geen terugkoppeling van vegetatiegroei met de bodem aanwezig was. In bossen hield SMART2 alleen rekening met de biomassa van de bomen, SUMO 1 doet dit ook voor de rest van de vegetatie. Het voor SMART2 belangrijke N-gehalte in strooisel is aan fluctuaties onderhevig door het N-gehalte te variëren in de biomassa. Tevens is het nu mogelijk de hoeveelheid slecht verteerbare dode biomassa te simuleren (stam en tak) en deze buiten het strooisel te houden. Deze slecht verteerbare biomassa wordt op het ogenblik door SMART2 nog niet gebruikt bij de mineralisatie en blijft dus eeuwig in het bos liggen. Hiervoor is nog een aanpassing van SMART2 noodzakelijk.

SUMO 1 maakt modellering van successie van vegetatietypen mogelijk; grasland kan overgaan in bos, iets wat voorheen in SMART2 onmogelijk was. Dit maakt simulatie van natuurontwikkeling mogelijk, waar bijvoorbeeld grasland wordt omgezet naar structuurrijk loofbos, of rietland naar een elzenbroekbos.

Tevens maakt SUMO 1 het voor het eerst mogelijk om op beperkte schaal het effect van beheer te modelleren (plaggen en maaien). Hoewel het belangrijke effect begrazing nog ontbreekt is vooral het effect van het plaggen van heidevelden bijzonder groot. Dat geeft dus een veel grotere dynamiek in zowel abiotiek als biomassa dan in SMART2 het geval was.

In SUMO 1 varieert het stikstofpercentage afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid stikstof en de groeisnelheid per functioneel type. Dit is een verandering ten opzichte van SMART2, waar het N-gehalte alleen varieert als gevolg van het stikstofaanbod. In SMART2 was het N-gehalte dus rechtstreeks gekoppeld aan het stikstofaanbod. In SUMO 1 is deze relatie minder direct, door de invloed van de groeisnelheid en de stikstof die teruggetrokken wordt uit de afstervende delen. Hierdoor blijft stikstof langer in de biomassa en dus ook in het strooisel aanwezig bij bijvoorbeeld een afnemende depositie. Reageerde de biomassa in SMART2 hier direct op (lager N-aanbod geeft direct lager N-gehalte), in SUMO 1 loopt het N-gehalte langzaam terug (lager N-aanbod heeft alleen direct effect op de nieuw gevormde biomassa). Bij een verschravingsbeheer (kan niet gesimuleerd worden door SMART2) zal dan ook in SUMO 1 eerst voornamelijk het N-gehalte in de plant dalen en dan pas de biomassahoeveelheid.

SUMO 1 levert dus een belangrijke aanvulling van SMART2. De werkelijke effecten en de betrouwbaarheid ervan moeten echter nog getest worden.

Het goed modelleren van het vegetatietype agrarisch grasland levert problemen op om een aantal redenen. Dit type is een vergaarbak van allerlei typen grasland; van blauwgrasland tot intensief beheerd weidevogelgebied. Alle graslanden worden op dit ogenblik echter beschouwd als niet bemest en een maal per jaar gemaaid, wat niet overeenkomt met agrarisch beheer. Nadere gegevens over het gevoerde beheer zijn op het ogenblik niet bekend. Het inventariseren hiervan is voor SUMO 1 echter zeer noodzakelijk. Een tweede probleem is dat SMART2 niet om kan gaan met bemesting. Het is van groot belang dat SMART2 in ieder geval een beperkte mestgift kan modelleren.

Het modelleren van beheer in SUMO 1 is nog slechts gedeeltelijk geïmplementeerd. Het is nu nog niet mogelijk om bos te kappen of te dunnen, waardoor het, weliswaar stabiel in biomassa-productie, in principe eeuwig voortbestaan. Verder dient het maaibeheer uitgebreid te worden met de mogelijkheid om minder dan eenmaal per jaar te maaien, vooral om een betere voorspelling van de biomassa-ontwikkeling voor riet mogelijk te maken.

In SUMO 1 wordt gebruik gemaakt van veel parameters. Een groot deel daarvan zijn gebaseerd op literatuurgegevens, een aantal zijn echter gebaseerd op expertkennis. Nader onderzoek in de literatuur en experimenteel onderzoek is gewenst om onder andere de lichtonderschepping beter te kunnen schatten. Veldmeting onderzoek zijn nodig om meer gegevens over de biomassa-hoeveelheid van vooral de ondergroei in bossen te verkrijgen (kruiden, dwergstruiken en struiken).

De resultaten van SUMO 1 zijn alleen bekeken door een aantal experts. Goede toetsing is echter alleen mogelijk aan gegevens uit het veld. Een probleem hierbij is de beschikbaarheid van tijdreeksen. Er zijn weinig data beschikbaar om ontwikkelingen te toetsen over meer dan 100 jaar. Voor de ontwikkeling van een bos vanaf kale grond is al vaak een langere periode nodig. De successie zoals hier geschetst van kale grond in de duinen naar een structuurrijk loofbos is op deze manier onmogelijk. Wel kunnen steeds delen van deze ontwikkeling worden getest. Verder zijn er problemen met begrazing te verwachten. De invloed hiervan wordt niet expliciet gemodelleerd (wel impliciet). Toch zal de performance van SUMO 1 in samenhang met SMART2 en MOVE (Latour & Reiling 1991) of NTM (Wamelink et al. 1998) worden getest in twee afzonderlijke projecten, waarna ook weer een betere afstemming tussen model en praktijk mogelijk wordt.



## 7 Toekomstige ontwikkelingen

Om goed te kunnen werken op landelijke schaal is het voor SUMO 1 nodig om rekening te kunnen houden met het effect van begrazing. Dit effect zal moeten worden gemodelleerd voor alle vegetatietypen, niet alleen voor graslanden. Hierbij dient rekening te worden gehouden met zowel gedomesticeerde als wilde grazers van groot (edelhert, Heckkrond, wisent) tot klein (haas, konijn, gans). Hiertoe zouden de grazers, analoog aan de vegetatie, ingedeeld kunnen worden in functionele typen. In eerste instantie zal begrazing zonder ruimtelijk effect worden gemodelleerd. Het is echter aanbevelingswaardig om dit er later wel in te brengen. Hierdoor wordt het mogelijk om grazers zowel in bos als in bijvoorbeeld uitwaarden te laten grazen, zoals bedoeld voor de toekomstige situatie op de Veluwe.

Belangrijke verbeteringen zijn ook mogelijk in combinatie met SMART2. SUMO 1 houdt nu nog geen rekening met fosfaat- en basische-kationenbeschikbaarheid en de pH. Fosfaat kan in SUMO 1 op dezelfde wijze als stikstof worden gemodelleerd, maar in SMART2 zullen de processen die betrekking hebben op P op een andere wijze beschreven moeten worden. Basische kationen en pH zouden de groei kunnen beperken op een zelfde wijze als vocht dat nu doet.

Om SUMO 1 in te kunnen zetten ten behoeve van het Natuurplanbureau is het incorporeren hiervan samen met SMART2 in de natuurplanner noodzakelijk. Hiervoor moeten zowel in SMART2 als in SUMO 1 een aantal wijzigingen in de in- en uitvoer van data en de aansturing hiervan worden aangepast. In dit kader past ook de koppeling met het vegetatiemodel MOVE en het populatiemodel LARCH. SUMO 1 kan aan MOVE het vegetatietype doorgeven. MOVE kan dan een aantal soorten die voorspeld worden als niet relevant voor dat type aanmerken (bijvoorbeeld Madeliefje in beukenbos of hulst in een gemaaid weiland). Aangezien SUMO 1 ook successie voorspelt, kan met toekomstvoorspellingen hiermee rekening worden gehouden (bijvoorbeeld nu een ruigte met distels, maar in 2020 een berken-eikenbos zonder distels).

Door SUMO 1 te koppelen met LARCH is de vegetatietypologie in LARCH niet langer statisch. Als SUMO 1 successie voorspeld verandert het LARCH-vegetatietype. In LARCH, waar het duurzaam voorkomen van populaties wordt voorspeld, is successie van groot belang. Structuurtypen waar soorten nu duurzaam kunnen voorkomen veranderen door successie zo, dat de soorten daar in 2020 niet meer duurzaam kunnen voorkomen.



## Literatuur

### Algemeen

Aerts, R. 1993. Biomass and nutrient dynamics of dominant plant species from heathlands. In: R. Aerts & G.W. Heil (eds.); *Heathlands: patterns and processes in a changing environment*. Kluwer, Dordrecht.

Bakker, J. P. 1989. Nature management by grazing and cutting. *Geobotany* 14. Kluwer, Dordrecht.

Berendse, F., H. Oudhof & J. Bol 1987. A comparative study on nutrient cycling in wet heathland ecosystems. I. Litter production and nutrient losses from the plant. *Oecologia* 74: 174-184.

Berendse, F. 1994. Competition between plant populations at low and high nutrient supplies. *Oikos* 71: 253-260.

Berendse, F., W. Braakhekke & T. van der Krift. 1998. Adaptations of plant populations to nutrient-poor environments and their implications for nutrient mineralisation. In: H. Lambers, H. Poorter & M.M.I. van Vuuren (eds.); *Inherent variation in plant growth. Physiological mechanisms and ecological consequences*. Backhuys, Leiden.

CBS. 1985. *De Nederlandse bosstatistiek. Deel 1. De oppervlakte bos, 1980-1983*. Den Haag

Dirkse, G. 1987. *De natuur van het Nederlandse bos: resultaten van de overige statistieken bosterrein (natuurwetenschappelijke gegevens) van de Vierde bosstatistiek*. RIN rapport 87/28. RIN, Leersum.

Foppen, R.P.B. & J.P. Chardon 1998. *Larch-Europe: a model to assess the biodiversity potential in fragmented European ecosystems. An expert system under the MIRABEL umbrella*. IBN-DLO, Wageningen.

Hinsberg 1997. *Vergelijking van en voorstellen voor verbetering van de effectmodellering in de ecologische voorspellingsmodellen SMART/MOVE en DEMNAT*. Rapport 715001007. RIVM, Bilthoven.

Hinsberg & J. Kros 1999. *Een normstelling voor (stikstof)depositie op natuurlijke vegetaties in Nederland. Een uitwerking van de Natuurplanner voor natuurdoeltypen*. Rapport 722108024. RIVM, Bilthoven.

Jansen, H. & J. Sevenster 1996. Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. IBN-DLO, Wageningen.

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

Latour, J.B. & R. Reiling 1991. On the Move: concept voor een nationale effecten model voor de vegetatie (MOVE). Rapport 711901007. RIVM, Bilthoven.

Latour, J.B.I., G. Staritsky, J.R.M. Alkemade & J. Wiertz 1997. De Natuurplanner: decision support systeem natuur en milieu versie 1.1. Rapport RIVM 711901019. RIVM, Bilthoven.

Maliondo, S.M., M.K. Mahendrappa & G.D. van Raalte 1990. Distribution of biomass and nutrients in some New Brunswick forest stands: possible implications of whole-tree harvesting. Fredericton forestry Canada maritimes region.

Oosterbeek, B., R.J.M. Alkemade & J. Wiertz 1997. Het modelleren van de effecten van natuurbeheer ten behoeve van de Natuurplanner. Rapport 715001006. RIVM, Bilthoven.

Prins, A.H. 1995. Vegetatiemodule: Greins-veg0. NBP-onderzoekrapport 6. IBN-DLO, Wageningen.

Ranger, J., R. Marques & M. Colin-Belgrand 1997. Nutrient dynamics during the development of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) stand. Acta Ecologica 18, 2: 73-90.

RIVM. 1997. Natuurverkenningen 97. Samson Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn.

Rode, M.W. 1993. Leaf-nutrient accumulation and turnover at three stages of succession from heathland to forest. Journal of vegetation science 4: 263-268.

Wamelink, G.W.W., C.J.F. ter Braak en H.F. van Dobben 1998. De potentiële natuurwaarde van de EHS. Natuurwaardering op basis van de de abiotische omstandigheden; het Natuur Technisch Model. Landschap 15, 3: 145-156.

Wamelink, G.W.W. et al i.v. Parameterisatie van SUMO 1.

## Literatuur gebruikt voor de parameterisatie

Aerts, R. en F. Berendse 1988. The effect of increased nutrient availability on vegetation dynamics in wet heathlands. *Vegetatio* 76: 63-69.

Aerts, R. en G.W. Heil 1993. Heathlands: patterns and processes in a changing environment. *Geobotany* 20. Kluwer, Dordrecht.

Bakker, J. P. 1989. Nature management by grazing and cutting. *Geobotany* 14. Kluwer, Dordrecht.

Berendse, F. 1986. Stikstofmineralisatie en strooiselproductie in voedselarme ecosystemen. *Vakblad voor biologen*. 66, 20: 430:433.

Berendse, F. 1994. Litter decomposability – a neglected component of plant fitness. *Journal of ecology* 82: 187-190.

Berendse, F. en R. Aerts 1984. Competition between *Erica tetralix* L. and *Molinia caerulea* (L.) Moench as affected by the availability of nutrients. *Acta Aecologica* 5, 19: 3-14.

Berendse, F., H. Oudhof en J. Bol 1987. A comparative study on nutrient cycling in wet heathland ecosystems. I. Litter production and nutrient losses from the plant. *Oecologia* 74: 174-184.

Berendse, F., M. Schmitz en W. de Visser 1994. Experimental manipulation of succession in heathland ecosystems. *Oecologia* 100: 38-44.

Clary, W. P. en D. E. Medin 1990. Differences in vegetation biomass and structure due to cattle grazing in a northern Nevada riparian ecosystem. Research paper INT-427. Intermountain research station, United states department of agriculture, USA.

Conijn, J. G. 1991. De simulatie van de concurrentie tussen *Calluna vulgaris* en *Molinia caerulea* in droge heidevelden. RIN rapport 91/6. RIN, Arnhem.

Diemont, W. H. 1994. Effects of removal of organic matter on the productivity of heathlands. *Journal of vegetation science* 5: 409-414.

Diemont, W.H. en J.H. Oude Voshaar 1994. Effects of climate and management on the productivity of Dutch heathlands. *Journal of applied ecology* 31: 709-716.

Dijkstra, P. 1990. Physiological aspects of a genotypic difference in relative growth rate within *Plantago major*. Dissertatie.

Dueck, Th. A., L.J. van der Eerden, B. Beemsterboer en J. Elderson 1991. Nitrogen uptake and allocation by *Calluna vulgaris* (L.) Hull and *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. exposed to  $^{15}\text{NH}_3$ . *Acta botanica Neerlandica* 40, 4: 257-267.

Dyck, G. W. en R.E. Bement 1972. Herbage growth rate, forage intake, and forage quality in 1971 on heavily- and lightly-grazed blue grame pastures. USDA-ARS, Crop Research Division Forage and Range Research Branch, Colorado State University, Fort Collins, USA.

Elberse, W. Th. en F. Berendse 1993. A comparative study of growth and morphology of eight grass species from habitats with different nutrient availabilities. *Functional Ecology* 7: 223-229.

Elgersma, A. M. 1998 Primary forest succession on poor sandy soils as related to site factors. *Biodiversity and conservation* 7: 193-206.

Finer, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. *Acta forestalia fennica* 208: 3-19.

Fliervoet, L. 1984. Canopy structure of Dutch grasslands. Thesis.

Heil, G.W. en R. Bobbink 1993. "Calluna", a simulation model for evaluation of impacts of atmospheric nitrogen deposition on dry heathlands. *Ecological modeling* 68: 161-182.

Hofmann, G. & S. Anders. Waldökosysteme als Quellen und Senken für Kohlenstoff. 1996. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 30, 1: 9-16

Jans, W. W. P., G. M. van Roekel, W. H. van Orden en E. G. Steigröver 1994. Above ground biomass of adult douglas fir. A data set collected in Garderen and Kootwijk from 1986 onwards. IBN research report 94/1., IBN-DLO, Wageningen.

Maliondo, S. M., M. K. Mehendrappa & G. D. van Raalte 1990. Distribution of biomass and nutrients in some New Brunswick forest stands: possible implications of whole-tree harvesting. *Frederiction forestry Canada maritimes region*.

Meeuwssen, T. W. M. & H. Rottier 1984. Geschiedenis, biomassa en structuur van enige elzenbossen, wilgen-, gagel-, en kruipwilgstruwelen in Drenthe. Rapport 1896. LH, Wageningen.

Miller, H. G., J. D. Miller & J. M. Cooper 1980. Tables of biomass and accumulated nutrients at different growth rates in thinned plantations of Corsican Pine. The Maculate institute for soil research.

Peeters, J. P., C. A. van den Berg & A. Oosterbaan 1999.. Effect van ploegen, plaggen en afgraven op de opkomst van zaailingen van bomen en struiken op gras land. IBN-rapport 401. IBN-DLO, Wageningen.

Peuke, A. D., W. Hartung & W. D. Jeschke 1994. The uptake and flow of C, N and ions between roots and shoots in *Ricinus communis* L. II. Grown with low nitrate supply. *Journal of experimental botany* 45-275: 733-740.

Prins, H., J. Postmus, A. M. Reker & B. Rruiter 1988. Nitrogen use on grassland in spring in the Netherlands and elsewhere in Europe: temperature sum, stage of growth, rate and source of nitrogen. *Netherlands fertilizer technical bulletin* 17.

Ranger, J., R. Marques & M. Colin-Belgrand 1997. Nutrient dynamics during the development of a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) stand. *Acta Aecologica* 18, 2: 73-90.

Schenk, U., R. Manderscheid, J. Hugen & H. J. Weigel 1995. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment and intraspecific competition on biomass partitioning, nitrogen content and microbial biomass carbon in soil of perennial ryegrass and white clover. *Journal of experimental botany* 46-289: 987-993.

Wal, R. van der 1998. Defending the marsh. Herbivores in a dynamic coastal ecosystem. *Dissertatie*.

Wassen, M. J. & A. Barendrecht 1992. Topographic and water chemistry of fens in a Dutch river plain. *Journal of vegetation science* 3: 447-456.

Wijk, B. van 1988. Pijpestrootje naar zijn grootje? Intern RIN rapport 88/54. RIN, Arnhem.





## Bijlage 1 De lichtuitdovingsfactor per functioneel type

Structuurtype	Nr. in SUMO 1	Functioneel type	Uitdovingsfactor
Grasland	1	Kruiden	0,8
		Dwergstruiken	0,8
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,3
		Climaxbomen	0,3
Heide	2	Kruiden	0,7
		Dwergstruiken	0,8
		Struiken	0,4
		Pionierbomen	0,3
		Climaxbomen	0,4
Donker naaldbos	3	Kruiden	0,9
		Dwergstruiken	0,9
		Struiken	0,4
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,4
Licht loofbos	4	Kruiden	0,8
		Dwergstruiken	0,9
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,4
Licht naaldbos	5	Kruiden	0,7
		Dwergstruiken	0,9
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,4
Donker eiken beukenbos	6	Kruiden	0,8
		Dwergstruiken	0,8
		Struiken	0,4
		Pionierbomen	0,35
		Climaxbomen	0,3
Donker beukenbos	7	Kruiden	0,8
		Dwergstruiken	0,6
		Struiken	0,4
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,5
Structuurrijk loofbos	8	Kruiden	0,8
		Dwergstruiken	0,9
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,4
Riet	9	Kruiden	0,9
		Dwergstruiken	0,7
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,4
Struweel	10	Kruiden	0,7
		Dwergstruiken	0,8
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,4
		Climaxbomen	0,3

Structuurtype	Nr. in SUMO 1	Functioneel type	Uitdovingsfactor
Kwelder	11	Kruiden	0,7
		Dwergstruiken	0,8
		Struiken	0,001
		Pionierbomen	0,001
Hoogveen	12	Climaxbomen	0,001
		Kruiden	0,9
		Dwergstruiken	0,9
		Struiken	0,5
		Pionierbomen	0,3
		Climaxbomen	0,3

De lichtuitdovingsfactor wordt per functioneel type gegeven. Het bepaalt mede de hoeveelheid licht die het functioneel type onderschept. Verder is de hoeveelheid licht die wordt onderschept afhankelijk van de bladbiomassa. Voor de uitdovingsfactor voor kwelder worden voor de struiken, pionierbomen en climaxbomen zeer lage waarden gegeven. In Nederland komen deze functionele typen niet voor op kwelders. Door de uitdovingsfactor zeer laag te zetten wordt voorkomen dat ze door SUMO 1 worden voorspeld.

**Bijlage 2 De gvg waarbij groeireductie optreedt, de gvg waarbij de maximale groeireductie bereikt wordt en de parameters (a, b) voor formule 13**

Structuurtype	Functioneel type	Start groeireductie, in m -mv	Groeireductie maximaal bij, in m -mv	A	b
Grasland	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Heide	Kruiden	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Pionierboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Donker naaldbos	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Licht loofbos	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Licht naaldbos	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Donker eike beukenbos	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Donker beukenbos	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Structuurrijk loofbos	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Riet	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15

Structuurtype	Functioneel type	Start groeireductie, in m -mv	Groeireductie maximaal bij, in m -mv	A	b
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Struweel	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Kwelder	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16
Hoogveen	Kruiden	1,3	2,3	0,1	-0,13
	Dwergstruiken	1,6	2,6	0,1	-0,16
	Struiken	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Pionierboom	1,5	2,5	0,1	-0,15
	Climaxboom	1,6	2,6	0,1	-0,16

**Bijlage 3 De parameters voor formule 10 per boomsoort. Om de maximale lengtegroei te berekenen worden de -max-parameters gebruikt, voor de minimale groei de -min-parameters**

Boomsoort	A-min	B-min	R-min	A-max	B-max	R-max
Amerikaanse eik	16,283	-16,5	0,97101	30,531	-31,2	0,97000
Beuk	39,090	-39,18	0,99345	41,70	-42,3	0,97524
Douglas	24,49	-24,919	0,97200	36,00	-37,00	0,96500
Zomer eik	17,85	-17,95	0,98546	42,47	-42,99	0,98396
Els	16,414	-16,8	0,96557	29,105	-30,18	0,95754
Grove den	14,392	-14,63	0,96952	17,85	-17,95	0,98546
Lariks	20,332	-20,992	0,96332	33,616	-34,759	0,96332
Populier	24,293	-25,51	0,94080	40,544	-43,70	0,92000
Berk	15,925	-16,20	0,97000	31,000	-31,50	0,97700
Es	18,506	-18,9	0,97000	34,13	-34,80	0,97318
Fijnspar	21,318	-21,7	0,97742	36,357	-37,18	0,97356
Wilg	-	-	-	-	-	-

De lengtegroei van wilgen kan door SUMO 1 (nog) niet gesimuleerd worden.

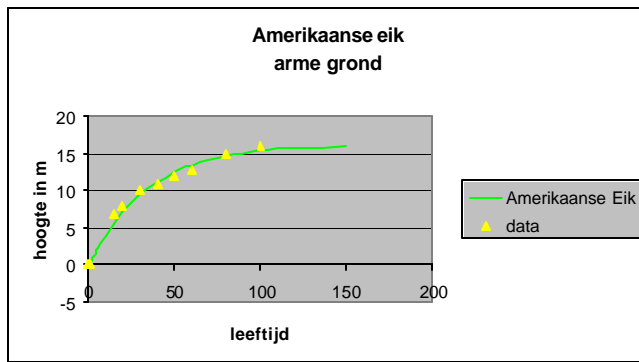


Fig. 1a. Lengtegroei van Amerikaanse eik onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

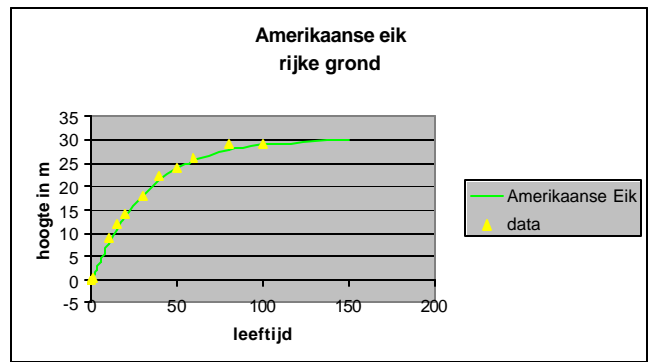


Fig. 1b. Lengtegroei van Amerikaanse eik onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg zie onder fig. 1v.

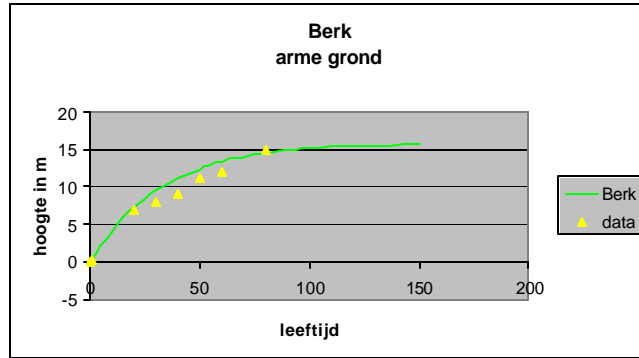


Fig. 1c. Lengtegroei van Berk onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

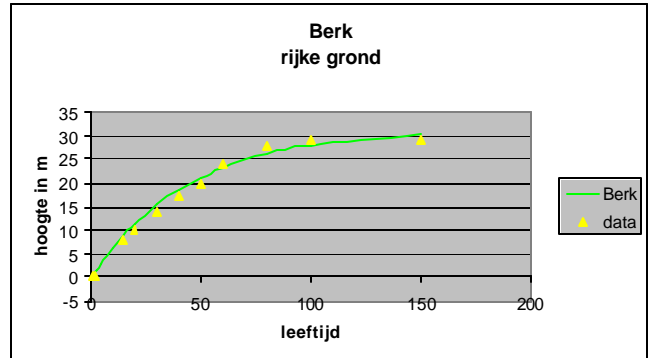


Fig. 1d. Lengtegroei van Berk onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg zie onder fig. 1v.

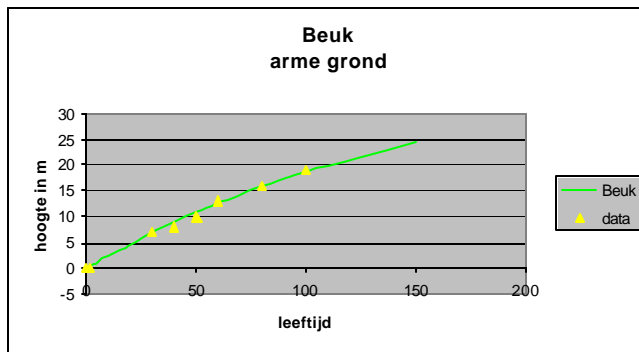


Fig. 1e. Lengtegroei van Beuk onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

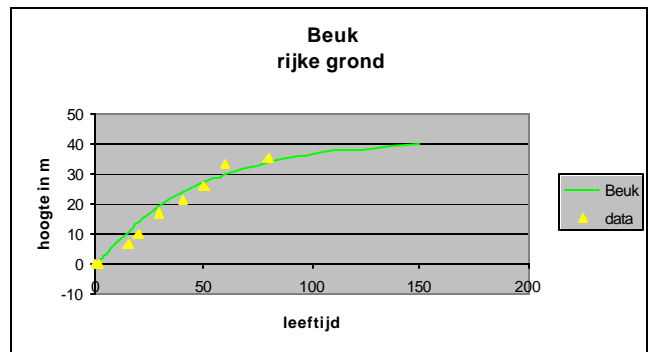


Fig. 1f. Lengtegroei van Beuk onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

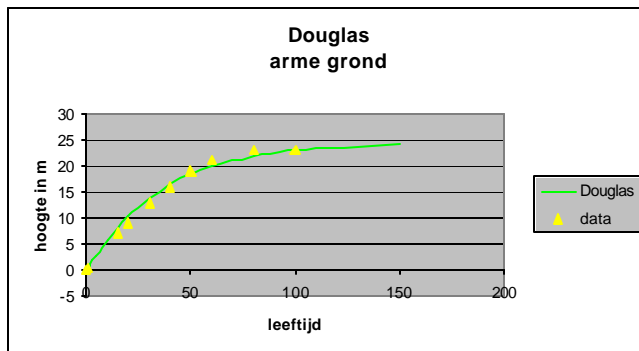


Fig. 1g. Lengtegroei van Douglas onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

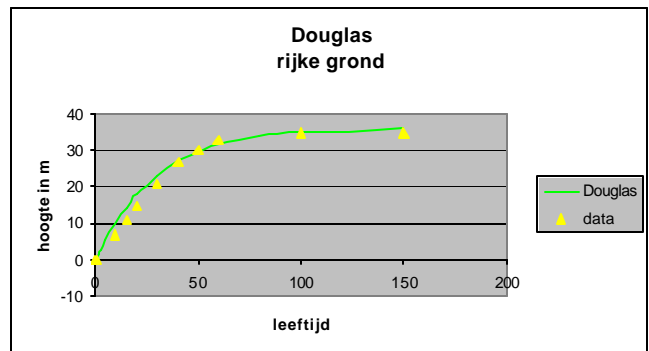


Fig. 1h. Lengtegroei van Douglas onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

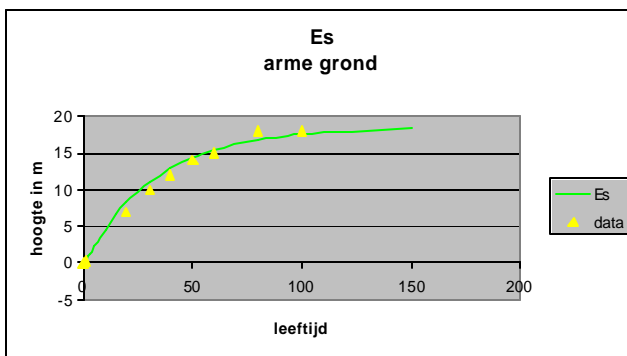


Fig. 1i. Lengtegroei van Es onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

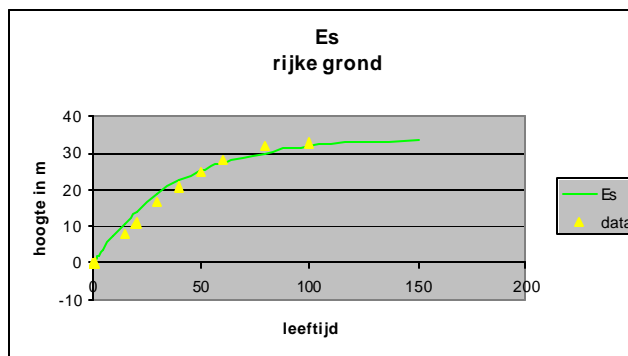


Fig. 1j. Lengtegroei van Es onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg zie onder fig. 1v.

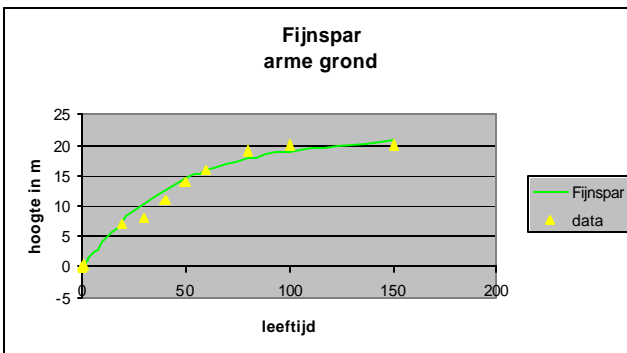


Fig. 1k. Lengtegroei van Fijnspar onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

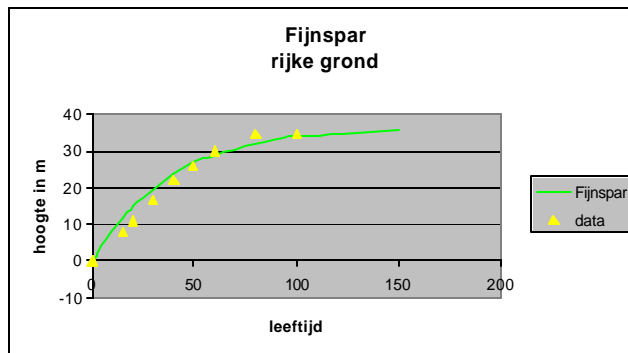


Fig. 1l. Lengtegroei van Fijnspar onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

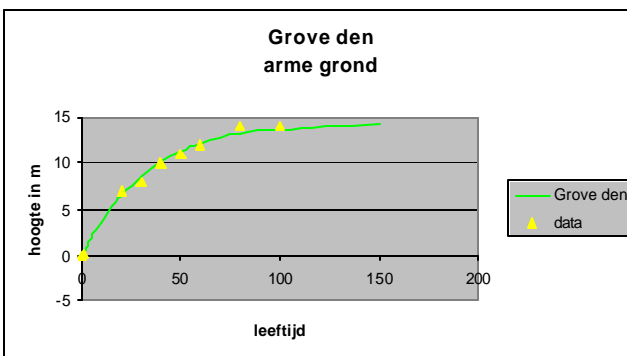


Fig. 1m. Lengtegroei van grove den onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

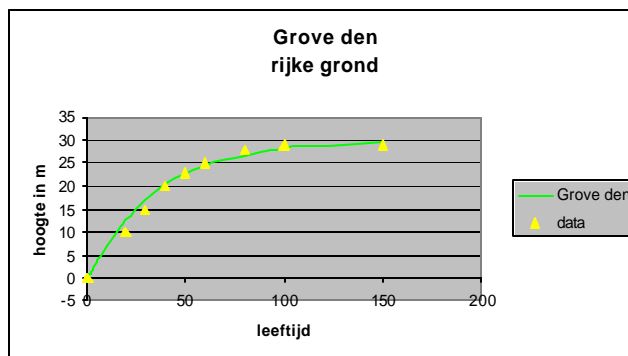


Fig. 1n. Lengtegroei van grove den onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

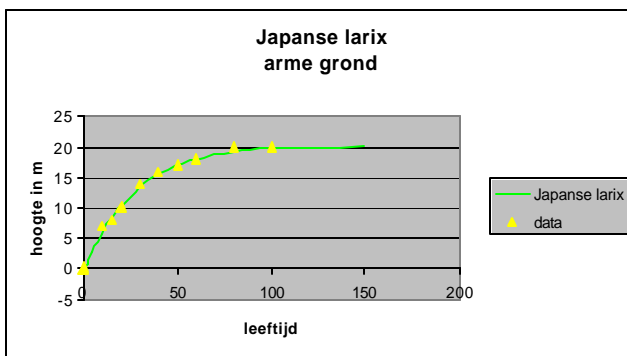


Fig. 1o. Lengtegroei van Japanse larix onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

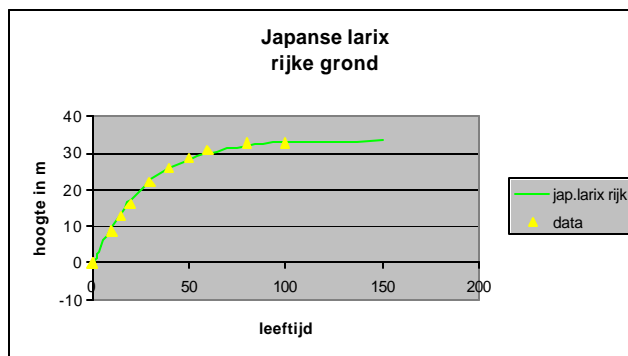


Fig. 1p. Lengtegroei van Japanse larix onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

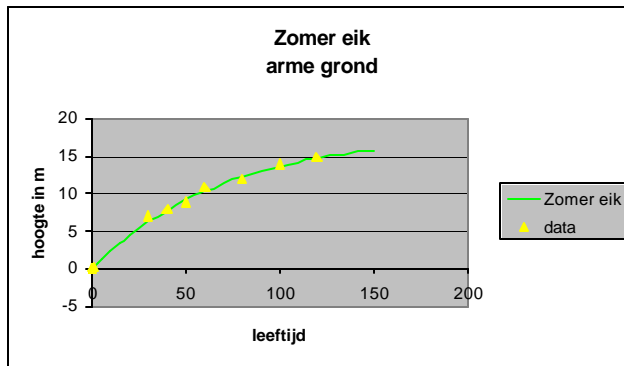


Fig. 1q. Lengtegroei van zomer eik onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

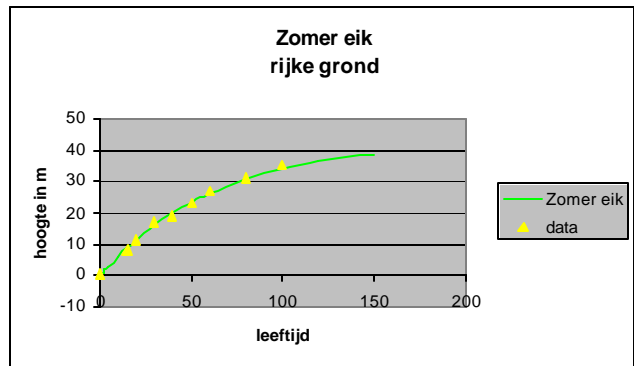


Fig. 1r. Lengtegroei van zomer eik onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

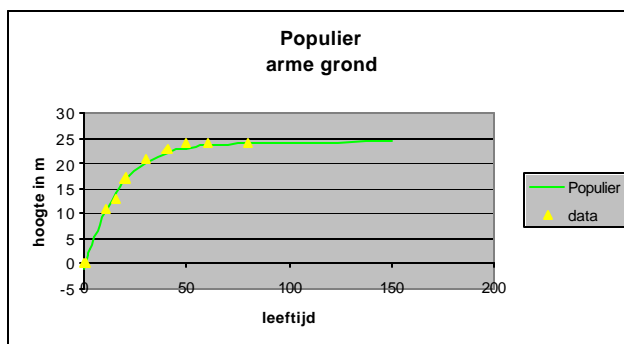


Fig. 1s. Lengtegroei van populier onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

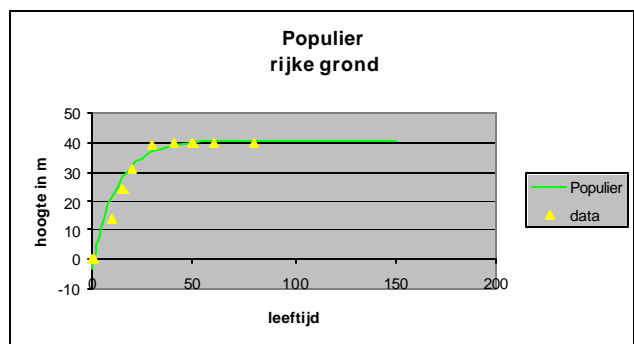


Fig. 1t. Lengtegroei van populier onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

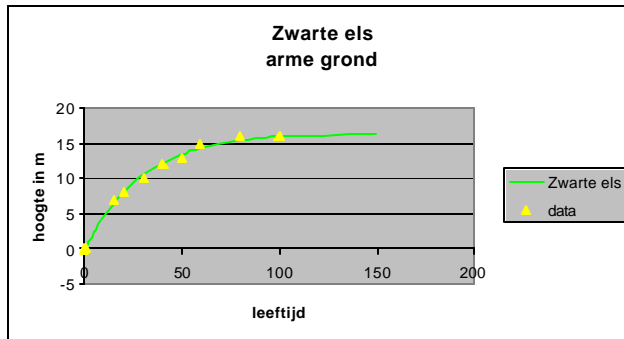


Fig. 1u. Lengtegroei van zwarte els onder voedselarme omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

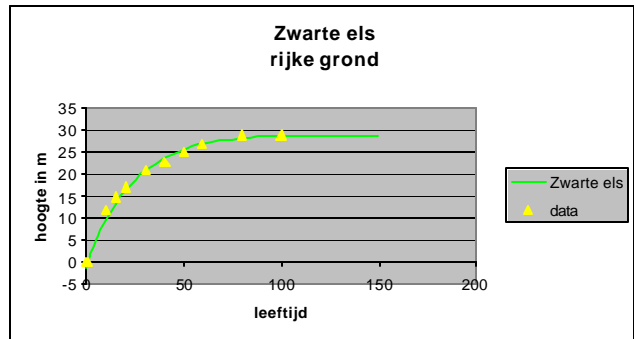


Fig. 1v. Lengtegroei van zwarte els onder voedselrijke omstandigheden; in geel de gemeten data, in groen de gefitte groeicurve. Voor uitgebreide uitleg

De curves 1a t.m.t. 1v zijn gefit op de lengtemetingen zoals die staan vermeld in de opbrengsttabellen voor Nederland (Jansen en Sevenster 1996). Voor de fit is de volgende formule gebruikt:  $L_t = A + (B \cdot R^{\text{leeftijd}})$  met  $L_t$  = lengte boom op tijdstip  $t$ ,  $A$  = maximale lengte in meters,  $B$  = regressiecoëfficiënt,  $R$  = regressiecoëfficiënt,  $\text{Leeftijd}$  = leeftijd van de opstand op tijdstip  $t$ . De parameters per boomsoort en per grondtype staan vermeld in bijlage 3. Aangezien de lengte van de bomen meestal pas vanaf 15 jaar wordt gemeten is er aan elke figuur een waarde toegevoegd, namelijk leeftijd = 1; lengte =  $\pm 0,20$  m, op basis van expertkennis. Er is steeds voor gezorgd dat de lengte onder arme omstandigheden iets lager is dan onder rijke omstandigheden, om te voorkomen dat er een negatief getal ontstaat voor de groei.



## Bijlage 4 Verdelingsfactoren voor de nieuwe biomassa per functioneel type en per structuurtype

Structuurtype	Functioneel type	Wortels	Hout	Blad
Grasland	Kruiden	0,49	0,01	0,50
	Dwergstruiken	0,40	0,20	0,40
	Struiken	0,40	0,10	0,50
	Pionierbomen	0,35	0,15	0,50
	Climaxbomen	0,30	0,20	0,50
Heide	Kruiden	0,49	0,01	0,50
	Dwergstruiken	0,40	0,20	0,40
	Struiken	0,40	0,10	0,50
	Pionierbomen	0,35	0,15	0,50
	Climaxbomen	0,30	0,20	0,50
Donker naaldbos	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,35	0,20	0,45
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,28	0,32	0,40
Licht loofbos	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,35	0,20	0,45
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,28	0,32	0,40
Licht naaldbos	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,35	0,20	0,45
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,28	0,32	0,40
Donker eiken-beukenbos	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,30	0,20	0,50
	Pionierbomen	0,30	0,25	0,45
	Climaxbomen	0,25	0,35	0,40
Donker beukenbos	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,35	0,20	0,45
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,28	0,32	0,40
Structuurrijk loofbos	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,35	0,20	0,45
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,28	0,32	0,40
Riet	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,20	0,45
	Struiken	0,35	0,20	0,45
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,28	0,32	0,40
Struweel	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,40	0,20	0,40
	Struiken	0,30	0,20	0,50

Structuurtype	Functioneel type	Wortels	Hout	Blad
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,25	0,40	0,35
Kwelder	Kruiden	0,49	0,01	0,50
	Dwergstruiken	0,35	0,30	0,35
	Struiken	-	-	-
	Pionierbomen	-	-	-
	Climaxbomen	-	-	-
Hoogveen	Kruiden	0,45	0,01	0,54
	Dwergstruiken	0,35	0,15	0,50
	Struiken	0,30	0,20	0,50
	Pionierbomen	0,30	0,30	0,40
	Climaxbomen	0,25	0,40	0,35

## Bijlage 5 Maximale groeisnelheid van de functionele typen per vegetatiestructuurtype

Structuurtype	Functioneel type	Potentiële groeisnelheid in ton/ha drooggewicht
Grasland	Kruiden	24
	Dwergstruiken	8
	Struiken	20
	Pionierbomen	28
	Climaxbomen	10
Heide	Kruiden	24
	Dwergstruiken	12
	Struiken	10
	Pionierbomen	8
	Climaxbomen	8
Donker naaldbos	Kruiden	24
	Dwergstruiken	12
	Struiken	13
	Pionierbomen	12
	Climaxbomen	14
Licht loofbos	Kruiden	24
	Dwergstruiken	14
	Struiken	15
	Pionierbomen	12
	Climaxbomen	13
Licht naaldbos	Kruiden	20
	Dwergstruiken	12
	Struiken	12
	Pionierbomen	14
	Climaxbomen	11
Donker eiken-beukenbos	Kruiden	20
	Dwergstruiken	11
	Struiken	12
	Pionierbomen	16
	Climaxbomen	14
Donker beukenbos	Kruiden	24
	Dwergstruiken	7
	Struiken	16
	Pionierbomen	16
	Climaxbomen	17
Structuurrijk loofbos	Kruiden	24
	Dwergstruiken	14
	Struiken	20
	Pionierbomen	12
	Climaxbomen	11
Riet	Kruiden	24
	Dwergstruiken	8
	Struiken	20
	Pionierbomen	14
	Climaxbomen	15
Struweel	Kruiden	24
	Dwergstruiken	14
	Struiken	13

Structuurtype	Functioneel type	Potentiële groeisnelheid in ton/ha drooggewicht
	Pionierbomen	11
	Climaxbomen	10
Kwelder	Kruiden	15
	Dwergstruiken	20
	Struiken	10
	Pionierbomen	18
	Climaxbomen	10
Hoogveen	Kruiden	30
	Dwergstruiken	10
	Struiken	12
	Pionierbomen	12
	Climaxbomen	10,5

De potentiële groeisnelheden zijn geschat op basis van literatuurgegevens en vervolgens gebruikt voor de parameterisatie. Hierdoor zijn er verschillen ontstaan voor één functioneel type voor verschillende structuurtypen. Verder is getracht de maximale groeisnelheid een afspiegeling te laten zijn van de verschillende soortensamenstelling binnen een functioneel type voor de verschillende structuurtypen.

## Bijlage 6 Sterftefactor per orgaan en per functioneel type en vegetatietype

Structuurtype	Nummer	Functioneel type	Wortels	Hout	Blad
Grasland	1	Kruiden	0,8	1,0	0,9
		Dwergstruiken	0,7	0,3	0,6
		Struiken	0,3	0,04	1
		Pionierbomen	0,3	0,03	1
		Climaxbomen	0,3	0,008	1
Heide	2	Kruiden	0,9	1,0	0,9
		Dwergstruiken	0,7	0,3	0,6
		Struiken	0,3	0,04	1
		Pionierbomen	0,3	0,03	1
		Climaxbomen	0,3	0,008	1
Donker naaldbos	3	Kruiden	0,7	1	0,8
		Dwergstruiken	0,6	0,3	0,5
		Struiken	0,6	0,03	1
		Pionierbomen	0,6	0,02	1
		Climaxbomen	0,6	0,01	0,6
Licht loofbos	4	Kruiden	0,8	1	0,8
		Dwergstruiken	0,6	0,1	0,5
		Struiken	0,6	0,03	1
		Pionierbomen	0,7	0,02	1
		Climaxbomen	0,7	0,01	1
Licht naaldbos	5	Kruiden	0,8	1	0,8
		Dwergstruiken	0,6	0,1	0,5
		Struiken	0,6	0,03	1
		Pionierbomen	0,7	0,02	1
		Climaxbomen	0,7	0,01	0,6
Donker eiken-beukenbos	6	Kruiden	0,8	1	0,8
		Dwergstruiken	0,6	0,3	0,5
		Struiken	0,6	0,04	1
		Pionierbomen	0,6	0,03	1
		Climaxbomen	0,6	0,015	1
Donker beukenbos	7	Kruiden	0,8	1	0,8
		Dwergstruiken	0,6	0,3	0,5
		Struiken	0,6	0,03	1
		Pionierbomen	0,7	0,02	1
		Climaxbomen	0,6	0,01	1
Structuurrijk loofbos	8	Kruiden	0,8	1	0,8
		Dwergstruiken	0,6	0,1	0,5
		Struiken	0,6	0,03	1
		Pionierbomen	0,7	0,02	1
		Climaxbomen	0,7	0,01	1
Riet	9	Kruiden	0,8	1	0,9
		Dwergstruiken	0,6	0,1	0,6
		Struiken	0,6	0,03	1
		Pionierbomen	0,6	0,02	1
		Climaxbomen	0,6	0,01	1
Struweel	10	Kruiden	0,9	1	0,9
		Dwergstruiken	0,7	0,3	0,6
		Struiken	0,6	0,04	1

Structuurtype	Nummer	Functioneel type	Wortels	Hout	Blad
		Pionierbomen	0,6	0,03	1
		Climaxbomen	0,6	0,008	1
Kwelder	11	Kruiden	0,9	1	0,7
		Dwergstruiken	0,8	0,2	0,6
		Struiken	1	1	1
		Pionierbomen	1	1	1
		Climaxbomen	1	1	1
Hoogveen	12	Kruiden	0,8	1	0,9
		Dwergstruiken	0,6	0,1	0,6
		Struiken	0,6	0,04	1
		Pionierbomen	0,6	0,03	1
		Climaxbomen	0,6	0,008	1

## Bijlage 7 Verdelingsfactoren voor de nieuwe stikstof per functioneel type en per structuurtype

Structuurtype	Nummer	Functioneel type	Wortels	Hout	Blad
Grasland	1	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,42	0,01	0,57
		Struiken	0,42	0,01	0,57
		Pionierbomen	0,42	0,01	0,57
		Climaxbomen	0,42	0,01	0,57
Heide	2	Kruiden	0,49	0,01	0,50
		Dwergstruiken	0,45	0,05	0,50
		Struiken	0,43	0,04	0,53
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,10	0,55
Donker naaldbos	3	Kruiden	0,49	0,01	0,50
		Dwergstruiken	0,45	0,10	0,45
		Struiken	0,35	0,10	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,15	0,50
Licht loofbos	4	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,40	0,05	0,55
		Struiken	0,40	0,05	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,15	0,50
Licht naaldbos	5	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,50	0,05	0,45
		Struiken	0,40	0,05	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,15	0,50
Donker eiken-beukenbos	6	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,50	0,05	0,45
		Struiken	0,40	0,05	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,15	0,50
Donker beukenbos	7	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,50	0,05	0,45
		Struiken	0,40	0,05	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,15	0,50
Structuurrijk loofbos	8	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,50	0,05	0,45
		Struiken	0,40	0,05	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,10	0,50
		Climaxbomen	0,35	0,20	0,45
Riet	9	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,50	0,05	0,45
		Struiken	0,45	0,05	0,50
		Pionierbomen	0,40	0,10	0,50
		Climaxbomen	0,40	0,20	0,50
Struweel	10	Kruiden	0,45	0,01	0,54
		Dwergstruiken	0,50	0,05	0,45
		Struiken	0,40	0,05	0,55

Structuurtype	Nummer	Functioneel type	Wortels	Hout	Blad
		Pionierbomen	0,40	0,10	0,50
		Climaxbomen	0,35	0,20	0,45
Kwelder	11	Kruiden	0,49	0,01	0,50
		Dwergstruiken	0,45	0,10	0,45
		Struiken	0,40	0,05	0,55
		Pionierbomen	0,40	0,05	0,55
		Climaxbomen	0,35	0,10	0,55



**Bijlage 8 Vegetatietypen aanwezig op de basiskaart van SUMO 1 met de initiële leeftijd, filescode, Larch-vegetatietype en bijbehorend structuurtype in SUMO 1**

vegetatietype	Initiële leeftijd	nieuw nummer	Larch- invoer	Structuurtype in SUMO 1
Duinstruweel	50	S01	1	10
Open duin	20	S02	2	2
Kwelder	50	S03	3	11
Riet	10	S04	4	9
Ruigte	10	S05	5	1
Agrarisch grasland	10	S06	6	1
Natuurlijk grasland	10	S07	7	1
Heide <75 % gras	10	S08	8	2
Heide >75 % gras	25	S09	9	2
Hoogveen	50	S10	10	12
Kaal zand	1	S11	11	2
Natuurlijk terrein	10	S12	12	1
Moeras	10	S13	13	-
Amerikaanse eik <40 jaar	30	S14	14	4
Amerikaanse eik 40-80 jaar	60	S15	14	4
Amerikaanse eik 80-120 jaar	100	S16	14	4
Amerikaanse eik >120 jaar	130	S17	14	4
Beuk <40	30	S18	15	7
Beuk 40-80	60	S19	15	7
Beuk 80-120	100	S20	15	7
Beuk >120	140	S21	15	7
Douglas <40	30	S22	16	3
Douglas 40-80	60	S23	16	3
Douglas 80-120	100	S24	16	3
Douglas >120	130	S25	16	3
Eik <40	30	S26	17	4
Eik 40-80	60	S27	17	4
Eik 80-120	100	S28	17	4
Eik >120	140	S29	17	4
Els <40	30	S30	18	4
Els 40-80	60	S31	18	4
Els 80-120	100	S32	18	4
Els >120	130	S33	18	4
Grove den <40	30	S34	19	5
Grove den 40-80	60	S35	19	5
Grove den 80-120	100	S36	19	5
Grove den >120	130	S37	19	5
Lariks <40	30	S38	20	5
Lariks 40-80	60	S39	20	5
Lariks 80-120	100	S40	20	5
Lariks >120	130	S41	20	5
Populier <40	30	S42	21	4
Populier 40+80	60	S43	21	4
Populier 80-120	100	S44	21	4
Wilg <40	30	S45	22	4
Wilg 40-80	60	S46	22	4
Wilg >120	130	S47	22	4

vegetatietype	Initiële leeftijd	nieuw nummer	Larch- invoer	Structuurtype in SUMO 1
nieuw bos	20	S48		8
Kapvlakte	1	S49		8

De in SUMO 1 gebruikte vegetatietypen zijn afgeleid van de in LARCH gebruikte typen. Voor de koppeling met LARCH zullen deze op basis van grondwaterstand en bodemtype weer teruggerekend