

Zelfregulerende bossen

Zelfregulerende bossen

Een modelstudie naar effecten van 'niets doen' en actief beheer op ontwikkelingen in bosstructuur

**M.J. Schelhaas
S.M.J. Wijdeven
B.W. van der Werf**

Alterra-rapport 1270

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Schelhaas, M.J., S.M.J. Wijdeven & B.W. van der Werf, 2005. *Zelfregulerende bossen. Een modelstudie naar effecten van 'niets doen' en actief beheer op ontwikkelingen in bosstructuur*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1270. 44 blz.; 19 fig.; 6 tab.; 22 ref.

In deze modelstudie worden de effecten van 'niets doen' en actief beheer onderzocht op de bosontwikkeling en structuurvariatie. Hiervoor is een model verder ontwikkeld en zijn koppelingen gelegd met monitoringsdatabestanden en analyse- en visualisatietechnieken. Simulatieresultaten dienen voorzichtig geïnterpreteerd te worden door beperkingen in het model. Enkele mogelijke hypothesen die uit de simulaties naar voren komen zijn onder ander dat de variatie fluctueert in de tijd, dat op middellange termijn er een grotere structuurvariatie tot stand komt bij beheer dan bij 'niets doen' en dat bijvoorbeeld het effect van storm de verschillende beheersscenario's kan overtreffen.

Trefwoorden: beheersscenario's, bosontwikkeling, bosstructuur, diversiteit

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 30,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1270. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd 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.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Karakterisering van bosstructuur en indicatoren voor diversiteit	11
2.1 Achtergronden van bosstructuur	11
2.2 Structuur karakteristieken en indicatoren	11
3 Beschrijving bosontwikkelingsmodel ForGEM en scenario's	15
3.1 Karakterisering van model	15
3.2 Uitgangssituaties	16
3.3 Parameterisatie	17
3.4 Beheersscenario's	19
4 Model resultaten	21
4.1 In het kort	21
4.2 Ontwikkelingen op lokale schaal	25
4.3 Ontwikkelingen per bosgebied	27
4.4 Dood hout	30
4.5 Schaalniveaus	31
4.6 Verstoring	34
5 Discussie en conclusies	37
Literatuur	39
<i>Bijlagen</i>	
1 Hoogteverdeling van boomsoorten in het lichte bostype	41
2 Hoogteverdeling van boomsoorten in het donkere bostype	43

Samenvatting

Er is een groeiend aandeel bos waarin ‘niets doen’ het beheerregime is. Achterliggende veronderstelling is dat door ruimte te bieden aan spontane processen dit de natuurlijkheid en biodiversiteit ten goede komt. In deze studie willen we deze veronderstelling nader verkennen. Om op (middel)lange termijn de bosontwikkeling en gerelateerde (structuur)diversiteit in kaart te brengen in relatie tot verschillende beheersscenario's is een simulatiemodel noodzakelijk. Hiervoor is een bosontwikkelingsmodel aangepast en enerzijds gekoppeld aan gedetailleerde monitoringsdata uit de Bosreservaten. Anderzijds zijn er koppelingen gelegd met analyse en visualisatietechnieken om de effecten in kaart te brengen en te presenteren.

Een model is een versimpeling van de werkelijkheid en gedetailleerde bosontwikkelingsmodellen zijn in een constante staat van verfijning. De gehanteerde versie van het gebruikte model is zeker niet optimaal en heeft duidelijk beperkingen. Dit heeft mogelijk consequenties voor de simulatie-uitkomsten in bijvoorbeeld soortverhoudingen, volume ontwikkeling en dynamiek. De uitkomsten moeten dan ook voorzichtig geïnterpreteerd worden en vooral als trends en hypothese genererend gezien worden. Desalniettemin is een van de waardevolle resultaten van dit project de gerealiseerde koppeling tussen veldopnames, model en analyse en presentatietechnieken.

Daarnaast komen enkele interessante trends uit de modelsimulaties naar boven:

- De variatie in bosstructuur en gerelateerde bosbeelden fluctueren in de tijd.
- Op de lange termijn lijken er weinig verschillen te bestaan tussen de beheersscenario's. Op de middellange termijn zijn er echter duidelijke verschillen tussen ‘niets doen’ beheer en inleidend of continu beheer, waarbij beheer een grotere diversiteit bewerkstelligt.
- De uitgangssituatie van afzonderlijke opstanden heeft mogelijk zelfs op de lange termijn nog een onderscheidend effect.
- De variatie in bosstructuur, en de ontwikkeling daarvan, is afhankelijk van het schaalniveau.
- Storm heeft een onderscheidend effect voor stormgevoelige bostypen. Een regelmatige verstoring lijkt een homogeniserend effect te hebben en deels de verschillende beheersscenario's te overtreffen.

Deze geconstateerde ontwikkelingen zijn gebaseerd op modeluitkomsten. Het voert te ver om op basis van deze uitkomsten te stellen dat ‘niets doen’ op middellange termijn weinig diversiteitswinst oplevert en dat juist actief beheer een positief effect heeft. Wel zijn deze indicaties prikkelend genoeg om verder te toetsen.

1 Inleiding

Het Nederlandse bos is een van de belangrijke dragers van de Nederlandse natuur. In het bosbeheer is er een duidelijke omslag van beheer primair gericht op houtproductie naar beheer waarin verschillende functies, waaronder natuur, houtproductie en recreatie, tot hun recht moeten komen. Er zijn grofweg twee benaderingen om de natuur in het bos te bevorderen. Ten eerste de multifunctionele of geïntegreerde bosbeheer benadering, waar door middel van (kleinschalige) ingrepen en gebruik van spontane processen actief beheer ingezet wordt. Daarnaast is er een groeiend aandeel bos waarin het beheer zich teruggetrokken heeft en spontane processen volledig hun gang kunnen gaan; het zogenaamde ‘niets doen’ beheer.

Een van de uitgangspunten hierbij is dat de natuurwaarden het meest volledig tot hun recht kunnen komen wanneer deze ongestoord kunnen ontwikkelen. Dit is ook duidelijk verwoord in het natuurbeleid, waarin een grotere rol voor spontane processen is weggelegd (Natuur Doel Typen, NDT). Wat in de twee omvangrijkste Natuurdoeltypen Bos opvalt (3.64/3.65), is de veronderstelling dat de natuurlijkheid en biodiversiteit, twee peilers van het Nederlandse natuurbeleid, het best tot stand kunnen worden gebracht wanneer: *bosstructuur en soortensamenstelling zo dicht mogelijk de natuurlijke boscomplexen benaderen. De bosstypen hebben vooral grote betekenis wanneer het bos oud en uitgestrekt is, want dan alleen kan een rijke bosstructuur ontstaan met jonge tot zeer oude bomen, zowel staand als liggend dood hout en afwisseling tussen open plekken en sterke beschaduwde plekken. Dit resulteert, in combinatie met processen zoals storm, brand en begrazing, in rijke levensgemeenschappen. Beheer van niets doen leidt in belangrijke mate tot dit doel* (Wijdeven, 2005, naar Handboek Natuurdoeltypen).

De voornaamste criteria voor bos en indicatoren van de hieraan gekoppelde subsidieregeling Programma Beheer, zijn verwoord in kenmerken van de bosstructuur. De achterliggende vooronderstelling hierbij is dat een gevarieerde structuur ook een hoge biodiversiteit oplevert. Men kan vraagtekens stellen of door spontane processen hun gang te laten gaan de diversiteit in bos verhoogd wordt. In dit rapport zullen we ingaan op de deze vraag.

De bosontwikkeling is een proces wat vele decennia omvat. Het merendeel van het Nederlandse bos is relatief jong en kent een oorsprong in gelijkjarige, aangeplante monoculturen, die langzaam meer gemengd en gevarieerd in leeftijdsopbouw worden. Om inzicht te krijgen welke ontwikkelingen op kunnen treden en in wat voor bos dat op middellange (MT) en lange termijn (LT) resulteert zijn er geen goede voorbeelden voorhanden. Om daarnaast nog effecten van (‘niets doen’) beheer in kaart te brengen al helemaal niet. Daarom willen we bekijken of we hiervoor een bosontwikkelingsmodel kunnen gebruiken waarin we de bosontwikkeling simuleren over MT en LT, en daarbij verschillende beheervarianten vergelijken.

De centrale doelstelling van deze studie is om te onderzoeken of door middel van een bosontwikkelingsmodel inzicht kunnen krijgen in de invloed van beheerstrategie op bosontwikkeling op MT en KT. Dit zullen we doen door koppelingen te leggen tussen gedetailleerde monitoringgegevens (Bosreservaten), het model en structuuranalyse en visualisatietechnieken. Vervolgens zullen we de bosontwikkeling van licht- en donkere bostypen simuleren waarin we de volgende beheervarianten toetsen; (a) niets doen, (b) inleidend beheer en (c) continu beheer. Aan de hand van deze gesimuleerde bosbeelden trachten we de diversiteit in vooral bosstructuur te beschrijven en vergelijken.

2 Karakterisering van bosstructuur en indicatoren voor diversiteit

2.1 Achtergronden van bosstructuur

Bosecosystemen bestaan uit drie fundamentele aspecten: compositie, proces en structuur (Franklin et al., 1981). De bosstructuur is dus een essentieel onderdeel en het resultaat van klimaat, groeiplaats, concurrentie tussen soorten, verstoringen en historie (bv. Frehlig et al., 1998). Enerzijds kan men de structuur opvatten als een verzameling van elementen, anderzijds kan er een functionaliteit aan verbonden worden. De structuur bepaalt immers in grote mate de ruimtelijke verdeling van microklimaten (Canham et al., 1994, Koop & Sterck, 1994, Kuulavainen et al., 1996). De driedimensionale verdeling van fysieke structuur in combinatie met microklimaten vormen mogelijke habitats voor planten- en diersoorten (Kint, 1999). Dit betekent niet a-priori dat het voorkomen van structuurkenmerken indicatief is voor het voorkomen van soorten; hierbij zijn eveneens (o.a.) de dynamiek, historie en beschikbaarheid van de soorten in kwestie van belang.

Beheer

Naast het belang van de bosstructuur is deze een van de belangrijke elementen waarmee en waarop gestuurd wordt in het bosbeheer. Het doel van het huidige geïntegreerde bosbeheer (GBB) wordt onder andere omschreven als door een actief beheer ontstane gevarieerde bosstructuur, bestaande uit een menging van soorten en leeftijden (van der Jagt et al., 2001). Anderzijds is er een trend waarneembaar naar een toename van een beheer gericht op spontane bosontwikkeling, al dan niet met inleidend beheer. Hierbij wordt met name gericht op proces en structuurparameters zoals bv. dood hout en verjonging, zie bijvoorbeeld Handboek Natuurdoeltypen regelingen Programma Beheer. Beheer gericht op diversiteit en/of voorkomen van (specifieke) soorten geeft tot op heden een minder uitgekristalliseerd beeld van mogelijke structuurkenmerken (naast een ‘zo divers mogelijke structuur’), hoewel deze structuurkenmerken wellicht het middel zijn om te sturen.

2.2 Structuur karakteristieken en indicatoren

De bosstructuur kan gekarakteriseerd worden door het voorkomen van en de variatie in grootte, ruimtelijke verdeling en soortensamenstelling van (boom)individuen. Idealiter, voor een volledige weergave, zou van elk element van elk individu de identiteit, grootte, positie en oriëntatie gespecificeerd worden. Echter, dit is om praktische redenen onmogelijk. In algemene zin kan de structuur in drie aspecten worden beschreven (von Gadow & Hui, 1999, Kint, 1999):

- differentiatie (de onderlinge verhoudingen tussen boomdimensies);
- positionering (de positie van bomen in het horizontale vlak);
- menging (onderlinge posities van verschillende boomsoorten).

Bovendien zijn uiteraard de combinaties van bovenstaande aspecten van belang, evenals de dynamiek daarin.

Structuurkenmerken en toepassing

Doel van de te hanteren structuurkenmerken is een herkenbare beschrijving van de bosstructuur van de modelsimulaties. Op basis van de structuurkenmerken kunnen de simulaties onderling vergeleken worden en eventuele trends inzichtelijk gemaakt worden. Centrale vraag hierbij is of de variatie in bosstructuur voldoende tot uiting komt. De structuurkenmerken moeten het spectrum van de structuur omvatten, voldoende onderscheidend vermogen bevatten, te herleiden zijn uit de bestaande databestanden, en helder en eenduidig te interpreteren zijn. Diversiteit speelt op verschillende schaalniveaus en zal dus ook op verschillende niveaus beoordeeld moeten worden. Immers, soorten hebben een verschillend ruimtebeslag. De bosstructuur kan eveneens op verschillende niveaus variëren tussen homogeen en heterogeen.

In deze studie hebben we voor elk van de structuuraspecten indicatoren geselecteerd (tabel 1) om zo het hele spectrum te omvatten. Er worden enkele algemene karakteristieken beschreven (stamtal, grondvlak, volume). Daarnaast wordt de *differentiatie* beschreven door middel van de variatie in buurboom dikte (TD) en hoogtefrequentie figuren. De TD wordt gedefinieerd als het gemiddelde voor de 3 dichtstbijstaande buren van de verhouding tussen de kleinste tot de grootste dikte, afgetrokken van 1 (Kint, 1999). De variatie in *positionering* wordt geanalyseerd door de variatie in gridcel kenmerken te berekenen aan de hand van de variatie coëfficiënt (CV). Deze beschrijft de gestandaardiseerde procentuele deviatie ten opzichte van het gemiddelde voor het gebied. Deze variatie tussen gridcellen wordt berekend voor de hoogte van de hoogste bomen per cel en het stamtal per cel. De *menging* wordt weergegeven door berekening van de mengingsindex (DM). Deze index voor elke afzonderlijke boom wordt definiëerd als de waarschijnlijkheid dat geen van de 3 dichtstbijstaande buren van dezelfde soort is als de betreffende boom (Kint, 1999). *Dynamiek* in structuur wordt berekend voor de hoeveelheid dood hout door storm, waarbij de hoeveelheid verder gereguleerd wordt door sterfte en afbraak. Tegelijkertijd worden indicatoren op verschillende schaalniveaus toegepast. De schaalniveaus variëren van verschil tussen buurbomen, naar verschillen tussen 20x20 m gridcellen, naar verschillen tussen opstanden en bosgebieden.

Tabel 1. Gehanteerde structuurvariabelen en aanduiding.

Structuur aspect	Gehanteerde variabele	Aanduiding	Schaal			
			boom	plek	opstand	gebied
Algemeen	volume, stamtal, grondvlak					x
Differentiatie	buurboom dbh	TD (Kint, 2003)	x	x	x	
	hoogte frequentie per soort	Hfreq				x
Positionering	stamtal differentiatie	CV variatie in stamtal tussen gridcel		x		
	hoogte differentiatie	CV variatie in hoogte tussen gridcel		x		
Menging	buurboom menging	DM (Kint, 2003)	x	x	x	
Dynamiek	volume dood hout	volume in m ³ /ha				x
	storm-effect	volume in m ³ /ha				x
Compositie	dominantie soort					x

3 Beschrijving bosontwikkelingsmodel ForGEM en scenario's

3.1 Karakterisering van model

In deze studie is gebruik gemaakt van het model ForGEM (Forest Genetics, Ecology and Management). Hier wordt slechts een beknopte beschrijving gegeven, een uitgebreidere beschrijving is te vinden in Kramer et al. (2004). ForGEM is een ruimtelijk expliciet model dat de groei van individuele bomen simuleert. Bomen concurreren met elkaar om licht. Opgevangen licht wordt omgezet in droge stof, dat vervolgens op een vastgestelde manier gealloceerd wordt naar bladeren, takken, stam en wortels. De bomen produceren zaden en verspreiden die over de omgeving. Of een zaadje kan kiemen en overleven hangt af van de lichtomstandigheden ter plekke. In de zaailingfase (tot 2 meter hoogte) kan sterfte optreden door zelfdunning. Sterfte van volwassen bomen treedt op afhankelijk van de diametergroei. Hoe minder een boom groeit, hoe groter de kans op sterfte. Daarnaast is er leeftijdsafhankelijke sterfte, afhankelijk van de maximaal te bereiken leeftijd van een boom. Het model is recentelijk uitgebreid met een windworp module (Schelhaas et al., in prep). Deze module is afgeleid van het Finse HWIND model (Peltola et al., 1999). Per boom wordt de kracht berekend die de wind uitoefent, afhankelijk van windrichting en – snelheid, positie ten opzichte van andere bomen, boomsoort, boomhoogte en grootte van de kroon. Een boom breekt indien de kracht in de stam te hoog wordt, en een boom wordt ontworteld indien de wortels niet genoeg houvast leveren. Vallende bomen doden een andere boom als ze er boven op vallen met hun stam of kroon. Windsnelheid en richting worden stochastisch bepaald, afhankelijk van het seizoen. Dit is gebaseerd op een tijdreeks van bijna 100 jaar uit De Bilt (KNMI).

ForGEM heeft een uitgebreide beheersmodule, waarmee verschillende beheersingrepen gesimuleerd kunnen worden, zoals zuiveren, verschillende manieren van dunnen, eindkap, toekomstbomen aanwijzen en vrijstellen, schermkap en gaten maken.

Voor deze studie is een eenvoudige dood hout module toegevoegd, waarmee de vertering van dood hout gevolgd kan worden. Het verteringsstadium van dood hout wordt uitgedrukt in vijf klassen, analoog aan de in de bosreservaten gebruikte klassen. De snelheid waarmee het hout verteert is uitgedrukt als overgangskansen tussen de klassen. De snelheid is afhankelijk van de boomsoort en of de boom staat of ligt.

Uitvoer

De karakteristieken van elke boom zijn met stappen van een maand op te vragen of weg te schrijven. Dit zijn heel veel variabelen, zoals boomsoort, positie, stamvolume en -diameter, hoogte, kroonstraal, kroonhoogte, gewicht van stam, takken, bladeren en wortels, etc. De gebruiker kan van tevoren een selectie maken uit deze variabelen. Daarnaast is het mogelijk om informatie op een meer geaggregeerd niveau weg te schrijven. Dit zijn onder meer stamtal, grondvlak en volume per hectare, gemiddelde

diameter en hoogte, en stamtal verdeling over diameter en hoogteklassen, zowel per soort als over alle soorten. Verder zijn er nog enkele specifieke uitvoeropties, zoals het wegschrijven van informatie per grid (bijvoorbeeld stamtal of volume, maar ook lichtbeschikbaarheid op de bodem) en het wegschrijven in een zodanig format dat het gebruikt kan worden in bestaande visualisatie software (SVS).

Voor deze studie is een extra uitvoer optie gemaakt die de boomgegevens in een zodanig format wegschrijft dat een bestaand programma (SIAFOR, Kint, 2003) dit kan analyseren en verschillende ruimtelijke indices kan berekenen.

3.2 Uitgangssituaties

In deze studie zijn twee verschillende uitgangssituaties bekeken: Een licht bos, hoofdzakelijk bestaande uit grove den, berk en eik, met een bijmenging van enkele beuken. De tweede situatie is een donker bos, met veel beuk en Douglas, maar ook een deel lichtere soorten als grove den, berk en eik. Beide situaties beslaan een oppervlakte van 6 hectare, gesitueerd op gestuwde preglaciale gronden. De uitgangssituaties zijn gebaseerd op opnames gedaan in het bosreservaten programma. De kernvlaktes uit de bosreservaten zijn echter maar 1 hectare, zodat verschillende kernvlaktes samengevoegd zijn om een voldoende groot gebied te verkrijgen. Voor de situatie van het lichte bos is gekozen voor de reservaten Galgenberg, Zwarte Bulten en Lheebroek. Voor het donkere bos zijn de reservaten Galgenberg, Pijpebrandje en Het Leesten als basis genomen. In beide gevallen komen alle reservaten twee keer terug om tot de benodigde 6 hectare te komen.

Galgenberg	Lheebroek	Pijpebrandje	Het Leesten
Zwarte Bulten	Zwarte Bulten	Galgenberg	Galgenberg
Lheebroek	Galgenberg	Het Leesten	Pijpebrandje

Figuur 1. Opbouw van de uitgangssituatie voor het lichte bostype uit de kernvlaktes van drie bosreservaten (links) en de uitgangssituatie voor het donkere bostype (rechts).

Korte beschrijving kernvlaktes:

Reservaat Galgenberg: Opname 1986 (Knoppersen, 1995) bestaat uit oudere grove den met eik en berk. Reservaat Zwarte Bulten: Opname 1991 is een reservaat met eik en berk. Reservaat Lheebroek: Opname 1987 (Clerkx et al., 2002) Grove den met wat eik en berk. Reservaat Het Leesten: Opname 1988 (Bartels, 1995) bestaat uit monocultuur Douglas. Reservaat Pijpebrandje: Opname 1997 (Clerkx et al., 2000,

Wijdeven, 2003) is een reservaat dat hoofdzakelijk bestaat uit oude(re) beuk met hier en daar wat eik.

3.3 Parameterisatie

ForGEM is slechts voor de meest belangrijke boomsoorten geparameteriseerd. Omdat in de betreffende bosreservaten meer boomsoorten voorkomen, hebben we een paar aanpassingen gedaan. Bij sommige bomen is de soort vervangen door een min of meer vergelijkbare soort, bijvoorbeeld *Quercus petraea* door *Quercus robur*. Voor andere soorten was geen vervanging beschikbaar, en dus zijn deze weggelaten. Dit betreft voornamelijk struiksoorten en maar heel weinig individuen in de boomlaag. Tabel 2 geeft voor de lichte situatie weer welke soorten zijn vervangen door een vergelijkbare soort en welken zijn weggelaten. Tabel 3 geeft dit weer voor de donkere situatie.

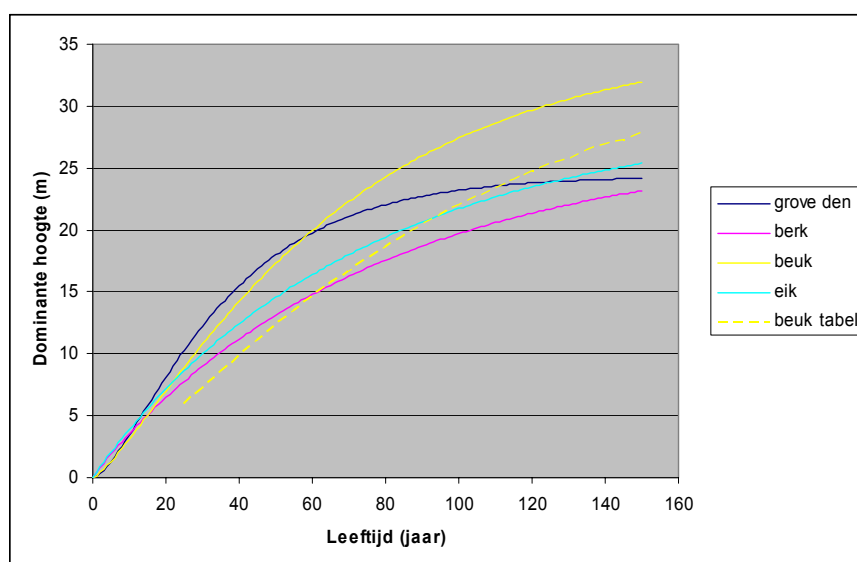
Tabel 2. Aanpassingen van de soorten in de lichte uitgangssituatie.

Soort	Vervangen door:
<i>Betula pendula</i>	<i>Betula pendula</i>
<i>Betula</i>	<i>Betula pendula</i>
<i>Betula pubescens</i>	<i>Betula pendula</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus rubra</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Picea abies</i>	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	-
<i>Frangula alnus</i>	-
<i>Ilex aquifolium</i>	-
<i>Juniperus communis</i>	-
<i>Prunus padus</i>	-
<i>Amelanchier lamarckii</i>	-
soort onbekend of onbepaald	-
<i>Corylus avellana</i>	-

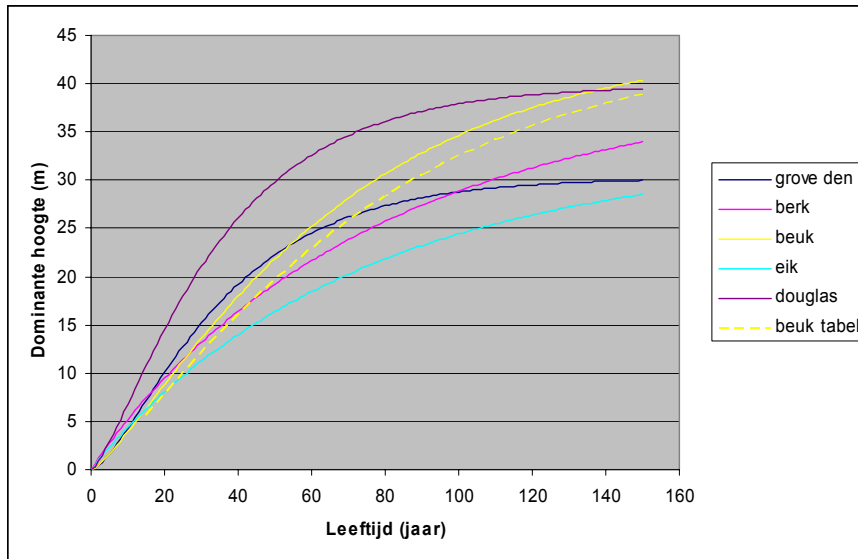
Tabel 3. Aanpassingen van de soorten in de donkere uitgangssituatie.

Soort	Vervangen door:
Betula pendula	Betula pendula
Fagus sylvatica	Fagus sylvatica
Pinus sylvestris	Pinus sylvestris
Picea sitchensis	Pseudotsuga menziesii
Pseudotsuga menziesii	Pseudotsuga menziesii
Quercus robur	Quercus robur
Quercus petraea	Quercus robur
Quercus rubra	Quercus robur
Prunus serotina	-
soort onbekend of onbepaald	-
Sorbus aucuparia	-
Corylus avellana	-
Ilex aquifolium	-
Picea abies	-
Juniperus communis	-
Larix leptolepis	-
Amelanchier lamarckii	-

Voor de lichte situatie is uitgegaan van een boniteit van 4 voor eik, 4 voor beuk, 3 voor berk en 8 voor grove den (boniteit klassen volgens Jansen et al., 1996). Voor de donkere situatie is uitgegaan van een boniteit 5 voor eik, 8 voor beuk, 16 voor Douglas, 6 voor berk, en 12 voor grove den. De parameters van de gebruikte hoogtegroeicurves komen uit Jansen et al. (1996). Voor beuk bleken achteraf de parameters niet te passen bij de hoogtecures zoals vermeld in de eigenlijke opbrengsttabellen. Figuur 2 en 3 laten de opgelegde groeicurves zien voor de lichte en donkere uitgangssituatie.



Figuur 2. Opgelegde hoogtegroeicurves voor de lichte uitgangssituatie. De doorgetrokken gele lijn geeft de groeicurve aan zoals deze is berekend uit de opgegeven parameters voor beuk, de gestippelde gele lijn geeft de curve weer zoals weergegeven in de opbrengsttabellen. In het model is gerekend met de opgegeven parameters.



Figuur 3. Opgelegde hoogtegroei-curve voor de donkere uitgangssituatie. De doorgetrokken gele lijn geeft de groeicurve aan zoals deze is berekend uit de opgegeven parameters voor beuk, de gestippelde gele lijn geeft de curve weer zoals weergegeven in de opbrengsttabellen. In het model is gerekend met de opgegeven parameters.

3.4 Beheersscenario's

Voor beide uitgangssituaties zijn drie verschillende beheersscenario's doorgerkend over een periode van 300 jaar. Deze scenario's zijn 1) niets doen, 2) inleidend beheer in de vorm van gaten maken en daarna niets doen en 3) inleidend beheer volgens 2), gevolgd door een toekomstbomen systeem.

Bij het inleidend beheer worden drie maal gaten gemaakt op de tijdstippen 0, 20 en 40 jaar. Deze gaten worden willekeurig verspreid over de opstand gemaakt, iedere keer over een oppervlak van ongeveer 15% van de totale opstand. Deze gaten zijn tussen de 1 en 4 maal de boomhoogte (400 en 5000 m^2), met een lichte voorkeur voor gaten van 3 maal de boomhoogte (2800 m^2). De minimum breedte van de gaten is 20 m.

De uitwerking van het derde scenario is iets verschillend voor de beide uitgangssituaties in verband met de verschillende boomsoortensamenstelling. In beide gevallen worden er vanaf tijdstip 40 toekomstbomen aangewezen met een dichtheid van 70 bomen per hectare. Bomen moeten minstens de helft van hun maximaal te bereiken hoogte hebben om in aanmerking te komen als toekomstboom. Voor alle soorten geldt een doeldiameter van 50 cm. Indien deze wordt overschreden, wordt de boom geogst, en kan er een nieuwe toekomstboom worden aangewezen. Elke 5 jaar worden de dikke toekomstbomen geogst, nieuwe toekomstbomen aangewezen indien nodig, en de bestaande toekomstbomen vrij gezet. Dit vrijzetten bestaat uit het verwijderen van alle bomen in de kroonruimte van de toekomstboom die hoger komen dan de helft van de kroon van de toekomstboom. Daarnaast wordt in de rest van de opstand gedund totdat in totaal 80% van de bijgroei is verwijderd. Het selecteren van de toekomstbomen gebeurt

zodanig dat de soortverhouding in Tabel 4 zoveel mogelijk gevolgd wordt. Bij de dunning wordt dezelfde aantalsverhouding nagestreefd. Dunnen gebeurt steeds in de 20x20 m pixel die de hoogste grondvlakbijgroei heeft gehad. Afgezien van de gewenste soortverhouding wordt willekeurig gedund, maar alleen in bomen hoger dan 8m. Bij het aanwijzen van toekomstbomen worden bij voorkeur bomen met een H/D verhouding van minder dan 80 geselecteerd.

Tabel 4. Gewenste soortverhoudingen (aantallen) voor toekomstbomen in de lichte en donkere uitgangssituatie.

boomsoort	licht	donker
grove den	1	2
zomereik	3	3
berk	2	2
beuk	1	2
Douglas	-	1

4 Model resultaten

In dit hoofdstuk worden de simulatie-uitkomsten van het bosontwikkelingsmodel gepresenteerd. Een korte leeswijzer is hierbij van belang. Ten eerste betreft het hier modeluitkomsten en moeten ook als zodanig worden geïnterpreteerd. Een model is per definitie een versimpeling van de werkelijkheid en diverse nuances zullen dus ook ontbreken. Daarnaast zijn de modeluitkomsten sterk afhankelijk van de Parameterisatie en groeivergelijkingen, een proces wat in een constante staat van ontwikkeling en verfijning is. We beseffen dat het gedrag van de verschillende soorten niet optimaal in het model zit. Dit heeft uiteraard consequenties voor de uitkomsten. Hierdoor moeten de resultaten vooral als trends en indicaties gezien worden in de vergelijkingen tussen de beheersscenario's, en zeker niet als absolute waarden geïnterpreteerd worden. Daarom zijn de resultaten vooral gepresenteerd aan de hand van figuren waarin de ontwikkeling in de tijd gepresenteerd wordt.

4.1 In het kort

In het kort is er in alle beheersscenario's een verschuiving in soortensamenstelling, voor zowel het lichte bostype als het donkere bostype (tabel 5). In het lichte bostype is er een toename van eik en beuk, vooral ten koste van de grove den. Deze trend is in elk scenario waarneembaar. In het donkere bostype treedt er een sterke dominantie van Douglas op, terwijl de soorten grove den en beuk in min of meer dezelfde hoeveelheid aanwezig blijven. Eik gaat het meest achteruit en verdwijnt grotendeels.

Tabel 5. Soortensamenstelling in grondvlak per ha voor de verschillende bostypen en beheersscenario's op jaar 0, na 50 jaar en na 250 jaar.

jaar	soort	Licht			Donker		
		niets doen	inleidend	continu	niets doen	inleidend	continu
grondvlak m ² /ha	0 berk	0.9	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1
	beuk	0.0	0.0	0.0	6.7	5.9	5.9
	grove den	18.0	15.5	15.5	6.6	5.2	5.2
	eik	1.1	1.1	1.1	3.9	3.3	3.3
	Douglas				7.9	7.3	7.3
50	berk	0.4	0.9	1.0	0.0	0.1	0.1
	beuk	0.2	0.1	0.1	9.4	6.4	2.8
	grove den	30.2	18.3	14.0	12.4	7.9	4.9
	eik	2.7	4.5	4.5	0.2	0.1	0.2
	Douglas				15.3	14.3	10.7
250	berk	0.4	0.8	1.4	0.0	0.1	0.2
	beuk	5.7	5.1	5.2	7.2	5.5	3.8
	grove den	12.9	7.2	11.4	9.1	4.1	2.6
	eik	9.5	15.1	6.1	0.0	0.0	0.0
	Douglas				23.4	25.6	31.4

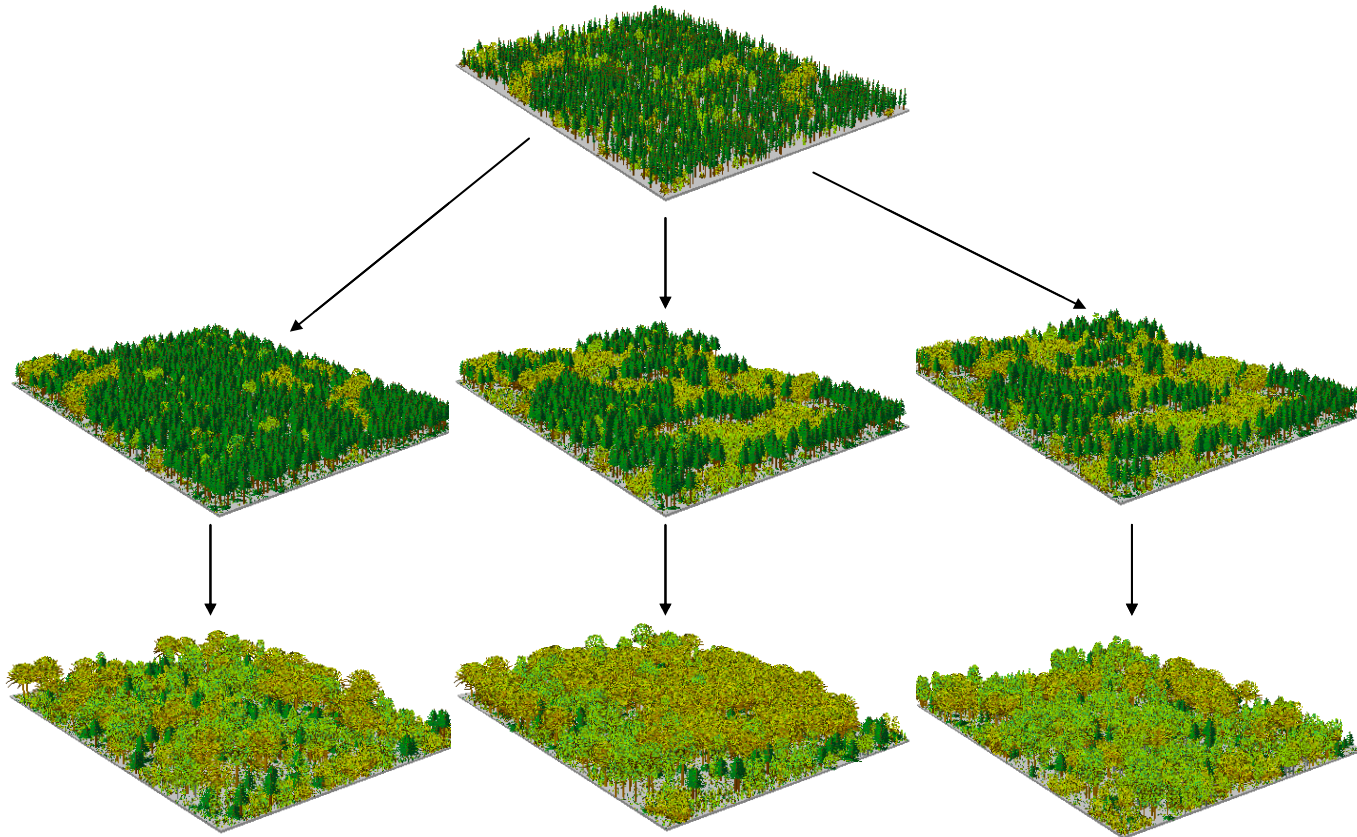
Niet alleen in soortensamenstelling, ook in bosstructuur zijn er duidelijke ontwikkelingen (tabel 6). Het grondvlak in het lichte bostype neemt toe, alhoewel bij niets doen er eerste een sterke toename is die daarna weer (in mindere mate) afneemt. Deze trend is ook waarneembaar in het stamtal in de twee beheerde varianten; een sterke stijging met daarna weer een daling. De grootste toenames zijn in alle beheersscenario's in het levende en dode volume. Dit effect is echter niet voor elk scenario even sterk; op de lange termijn blijft bij continu beheer het levende en dode volume achter op de andere scenario's. In het donkere bostype is er een stijging in alle hier weergegeven karakteristieken. Ook zijn de verschillen tussen de scenario's minder groot.

Tabel 6. Enkele structuurkarakteristieken voor de verschillende bostypen en beheersscenario's op jaar 0, na 50 jaar en na 250 jaar.

	jaar	Licht			Donker		
		niets doen	inleidend	continu	niets doen	inleidend	continu
grondvlak	0	20.1	17.2	17.2	25.2	21.9	21.9
m ² /ha	50	33.4	23.9	19.5	37.3	28.8	18.8
	250	28.5	28.3	24.0	39.6	35.3	38.0
volume	0	159	137	137	235	206	206
m ³ /ha	50	297	193	152	482	328	186
	250	237	273	172	448	374	318
dood hout	0	10	13	13	16	20	15
m ³ /ha	50	46	41	39	213	215	156
	250	261	182	88	492	638	346
stamtal	0	658	509	509	423	357	357
N/ha	50	382	1726	1793	161	652	892
	250	1125	591	896	827	1005	986

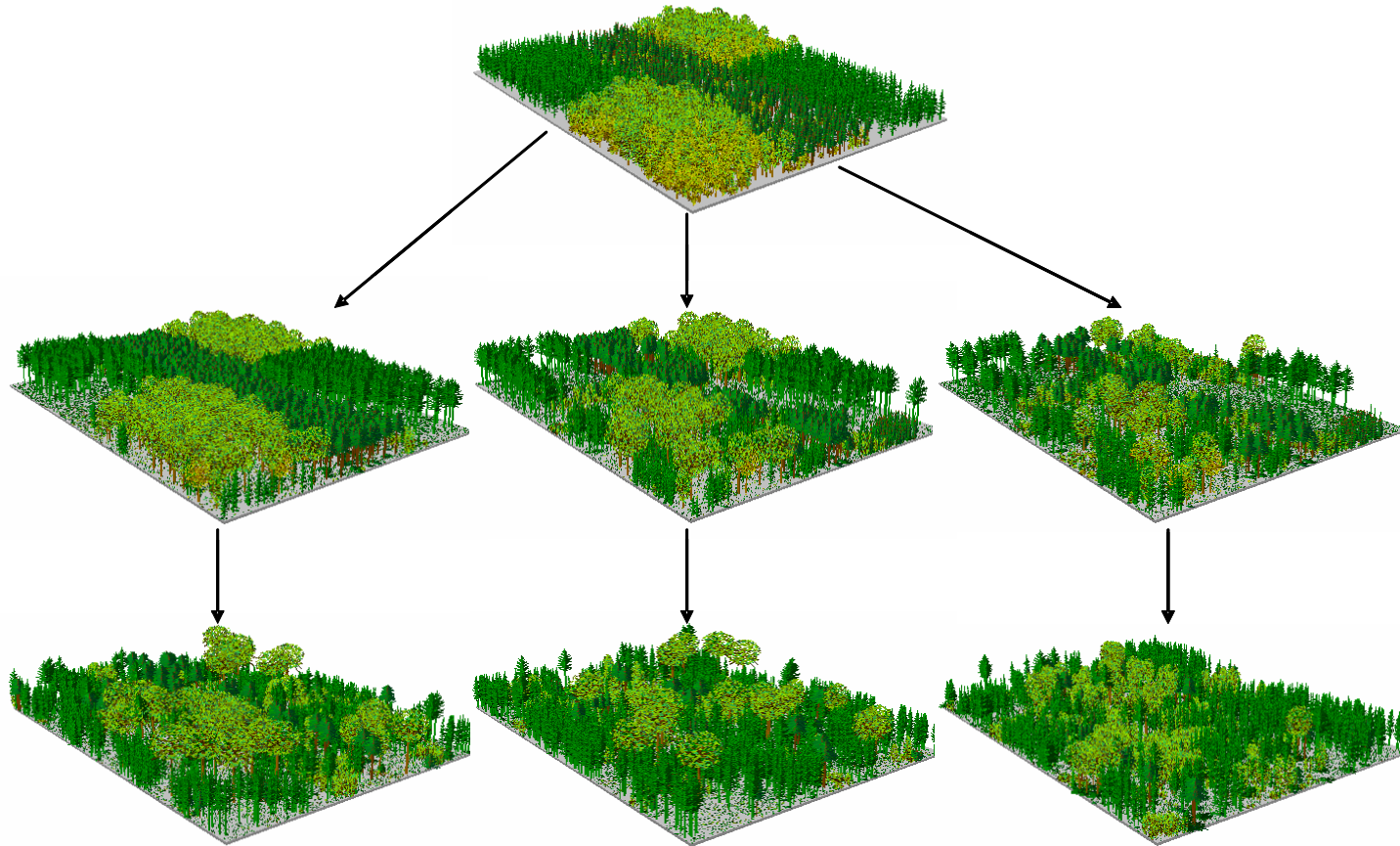
De bosontwikkeling levert uiteindelijk bosbeelden op voor de middellange en lange termijn zoals gepresenteerd in figuur 4 en 5 (voor legenda van soorten zie figuur 6) met behulp van de gecreëerde koppeling met SVS.

Lichte bostype

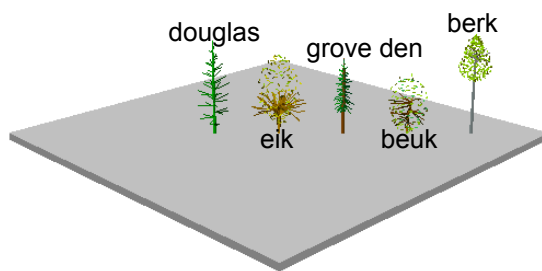


Figuur 4. Gesimuleerde bosontwikkeling op jaar 0 (boven), 50 (midden) en 250 (onder) voor 'niets doen' (links), inleidend (midden) en continu beheer (rechts)

Donker bostype



Figuur 5. Gesimuleerde bosontwikkeling op jaar 0 (boven), 50 (midden) en 250 (onder) en voor 'niets doen' (links), inleidend (midden) en continu beheer (rechts)



Figuur 6. Legenda voor de verschillende soorten in voorgaande bosontwikkelingsfiguren.

In de volgende paragrafen zullen de uitkomsten van de modelsimulaties nader besproken worden. Achtereenvolgens zullen de uitkomsten op lokale schaal (plek) en op gebiedsschaal besproken worden. Dit wordt gedaan voor: (a) de lichte bostypen en het donkere bostype, en (b) voor de verschillende aspecten van diversiteit (structuur, dynamiek, compositie). Daarna worden twee zaken er specifiek uitgelicht; het effect van schaal en het effect van dynamiek.

4.2 Ontwikkelingen op lokale schaal

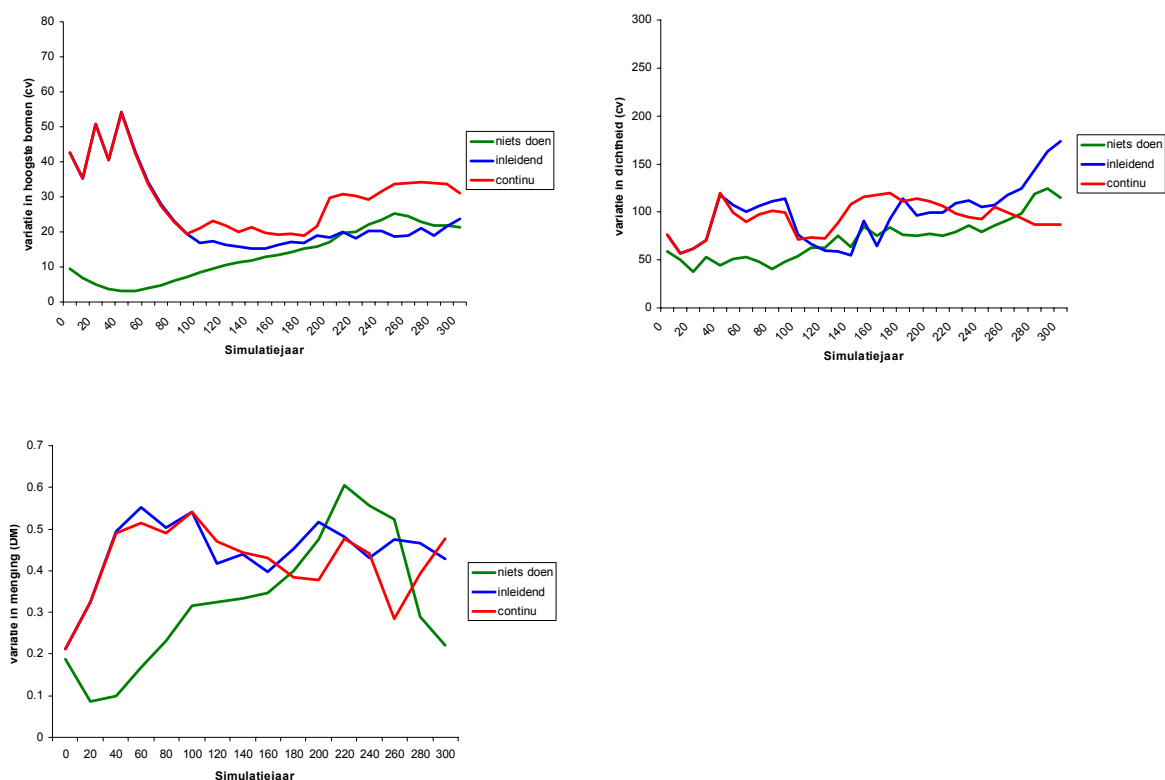
Om de ontwikkelingen op lokale schaal in kaart te brengen zijn de bosgebieden onderverdeeld in 20 bij 20 m gridcellen. Van elke cel zijn verschillende structuur-indicatoren berekend. Is er nu een groot verschil tussen de ene en de andere plek of zijn ze meer homogeen?

Er is een klein verschil in hoogtedifferentiatie tussen de verschillende plekken in de uitgangssituatie (figuur 7a). Blijkbaar is het bos vrij uniform in dominante hoogte. Door 'niets doen' wordt het bos de eerste decennia zelfs nog homogener, waarbij er na 50 jaar een langzame stijging in variatie optreedt. Door het maken van gaten in de eerste decennia wordt er een grote variatie gecreëerd. Deze neemt snel af, nadat deze beheermaatregel is voltooid en er eventueel (continu beheer) verder gegaan wordt met toekomstbomen methode. Door deze laatste beheermaatregel wordt er echter vooral op de lange termijn een iets grotere variatie gecreëerd dan in de scenario's waarin geen of alleen inleidend beheer (die uiteindelijk vergelijkbaar zijn) wordt uitgevoerd.

Verschillen tussen in de ruimtelijke verdeling in dichtheid zijn minder sterk onderscheidend (figuur 7b). In de eerste 50 jaar ontlopen de verschillende scenario's elkaar niet veel. Pas tussen de 50 tot 100 jaar treden er grotere verschillen op, mogelijk door de combinatie van gecreëerde gaten en het effect van storm. Na 100 jaar fluctueert de variatie in dichtheid in de verschillende beheervarianten, waarbij er een nivellering lijkt op te treden bij het continue beheer, terwijl inleidend en 'niets doen' beheer een lichte stijging blijven laten zien.

In de loop van de tijd treden er duidelijke verschillen op in de gemengdheid van hoogste bomen tussen de verschillende plekken in het bos (figuur 7c). Wanneer er

geen beheer wordt uitgevoerd wordt het bos over de middellange termijn minder gemengd. Daarna treedt er juist een sterke stijging en fluctuatie op. De twee beheerde varianten laten juist een sterke stijging zien, waarna er flinke fluctuaties en een lichte daling waarneembaar is. Door ingrijpen wordt blijkbaar de variatie in dominante soort tussen plekken groter.



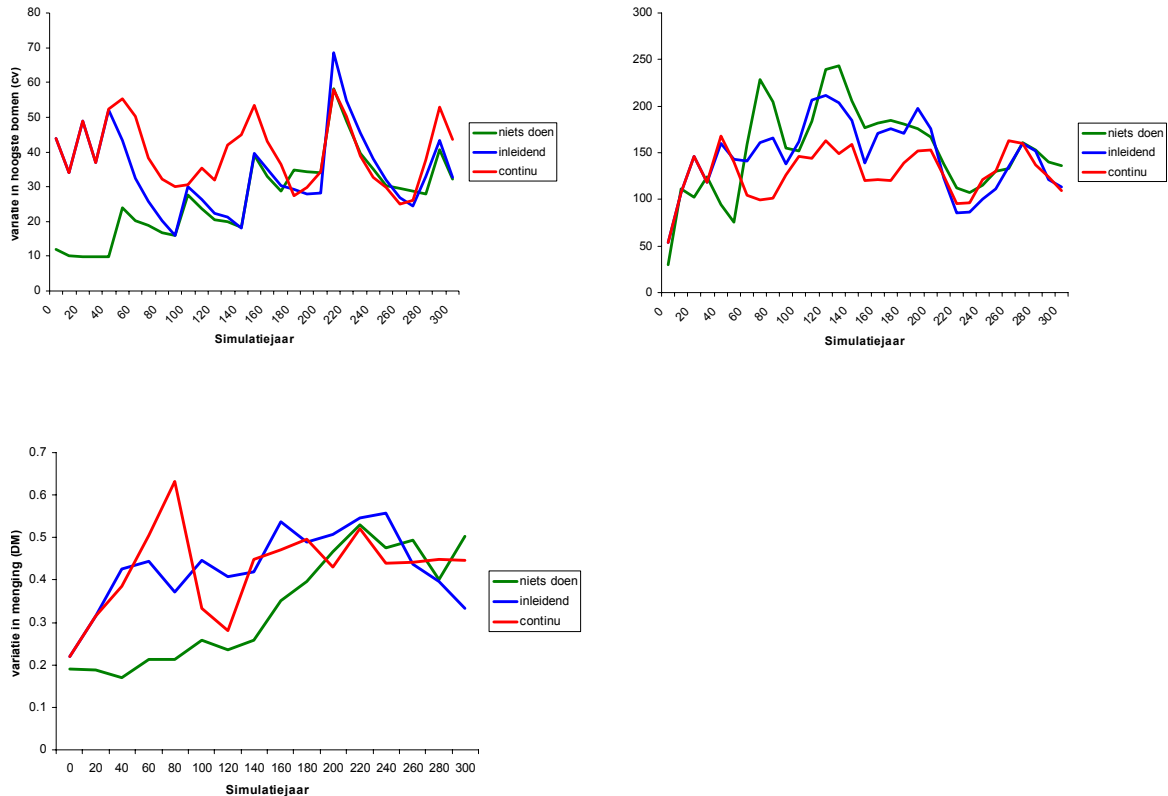
Figuur 7a-c. Ontwikkeling in structuurindicatoren hoogte (hoogste boom per gridcel, linksboven), dichtheid (stamtal bomen >2m, boven) en menging (DM index, linksonder) voor de drie beheersscenario's in gridcellen van 20x20 m in het lichte bostype.

In de donkere bostypen treden grote fluctuaties op (figuur 8). Veel van deze sterke fluctuaties zijn toe te schrijven aan de stormen die hier duidelijk meer effect hebben dan in de lichtere bostypen. De variatie in hoogte tussen de verschillende plekken neemt sterk toe door in te grijpen. Het effect van ingrijpen kan trouwens van tijdelijke aard zijn gezien de sterke afname in variatie na 50 of 70jaar. Het verschil tussen de drie beheersvarianten neemt daarna af in de tijd, waarbij over het algemeen een lichte stijging vanaf de uitgangssituatie optreedt.

Ook in de variatie in dichte en minder dichte plekken zijn de fluctuaties groot terwijl de verschillende beheersvarianten weinig van elkaar verschillen. Gemiddeld genomen treedt er in de eerste decennia een snelle stijging op die daarna nivelleert of licht afneemt.

Door het maken van gaten neemt de gemengdheid tussen de verschillende plekken sterk toe. Dit effect blijft lang zichtbaar, mede onder invloed van storm, maar wordt

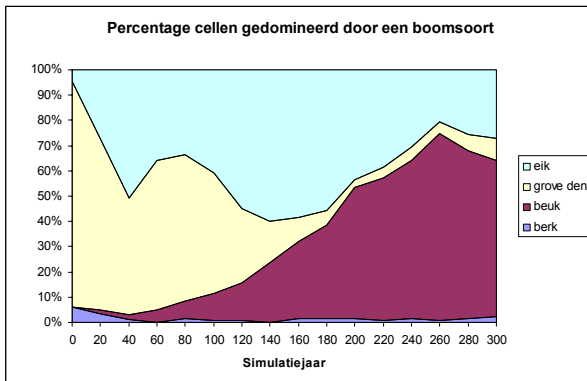
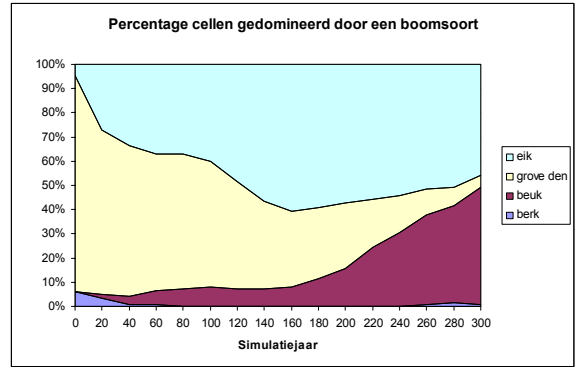
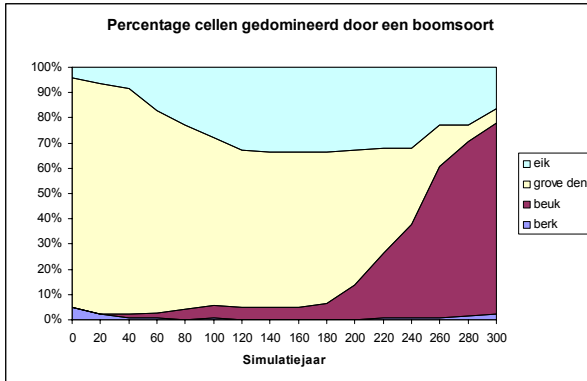
op de lange termijn min of meer vergelijkbaar met het ‘niets doen’ beheer. Deze beheersvariant neemt vooral in het begin nauwelijks in gemengdheid toe, maar laat daarna over een lange periode een constante stijging zien.



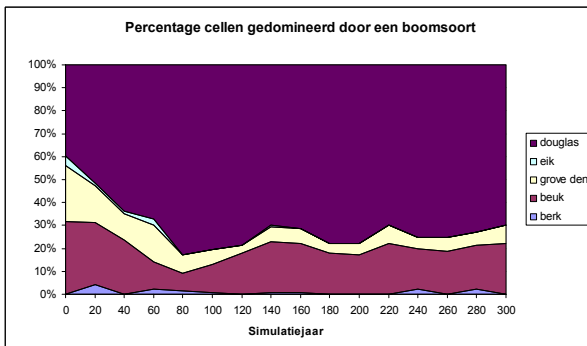
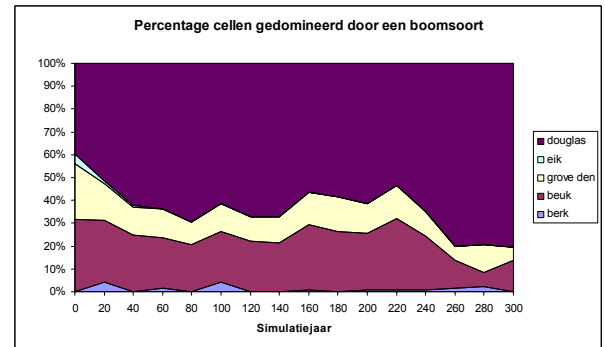
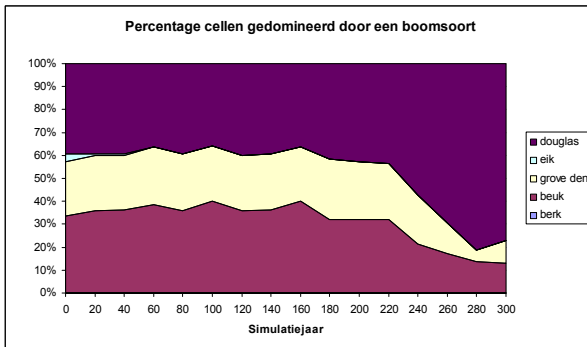
Figuur 8a-c. Ontwikkeling in structuurindicatoren hoogte (hoogste boom per gridcel, linksboven), dichtheid (stamtaal bomen >2m, boven) en menging (DM index, linksonder) voor de drie beheersscenario's in gridcellen van 20x20 m in het donkere bostype.

4.3 Ontwikkelingen per bosgebied

In tabel 3 en 4 zijn al in het kort enkele simulatie-uitkomsten over de twee hele bosgebieden gepresenteerd. In figuur 9 en 10 is de dominantie van de verschillende soorten over de tijd weergegeven. In het lichte bostype (figuur 9) is er een afname van grove den en een toename van eik en beuk. Bij ‘niets doen’ beheer blijft grove den het langst dominant over het hele gebied. Pas na circa 100 jaar komt er een substantieel deel eik voor, en na 200 jaar neemt beuk sterk toe in dominantie. Wanneer ingegrepen wordt gaat dit ten koste van de dominantie van grove den. In dit opener bos is er meer ruimte voor eik en zal beuk ook sneller in aantal toenemen. Bij voortgang in beheer neemt het aandeel grove den sterker af, waarbij beuk een duidelijk dominantere plek krijgt.



Figuur 9a-c. Ontwikkeling in dominantie van verschillende soorten voor 'niets doen' (linksboven), inleidend (boven) en continu (linkszonder) beheer.



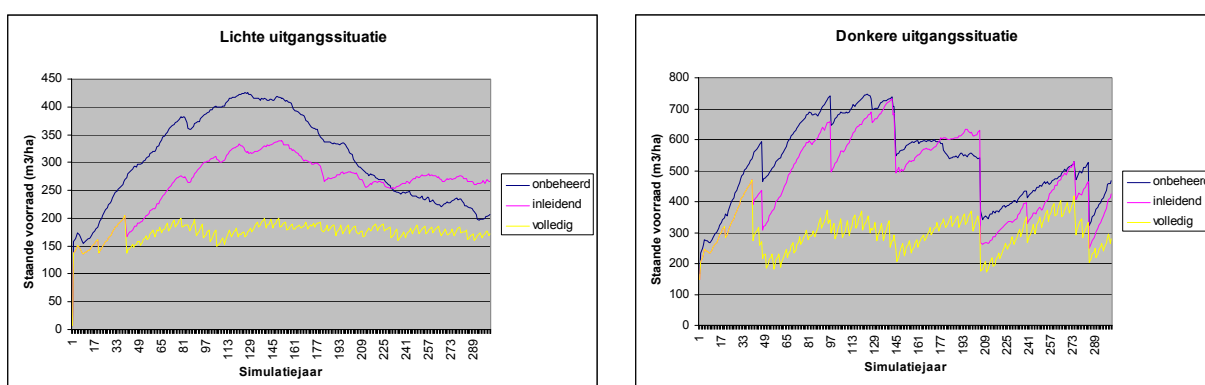
Figuur 10a-c. Ontwikkeling in dominantie van verschillende soorten voor 'niets doen' (linksboven), inleidend (boven) en continu (linkszonder) beheer.

In het donkere bostype blijft bij het ‘niets doen’ beheer de verhouding Douglas, grove den en beuk lange tijd nagenoeg hetzelfde (figuur 10). Pas na 200 jaar neemt Douglas duidelijk in aandeel toe. In de beheerde varianten komt iets meer eik en berk voor als dominante soort maar is het vooral Douglas die een grotere dominantie krijgt, vooral ten koste van grove den en beuk.

Ook in de hoogteverdeling zijn er duidelijke verschillen (zie bijlage 1). Na 50 jaar is grove den nog steeds de meest voorkomende boomsoort in de hogere hoogteklassen (>20m). Dit is ook het geval na 250 jaar, maar hier zijn eik en beuk in de lagere klassen sterk vertegenwoordigd. Bij inleidend en continu beheer is er na 50jr meer verjonging door een geringer aantal bomen in de boomlaag. Op de lange termijn zijn eik en grove den (inleidend), of eik en beuk (continu) de belangrijkste soorten in de boomlaag.

Het donkere bostype kent een grotere variatie in soortensamenstelling in de verschillende hoogteklassen (bijlage 2). Na 50 jaar zijn Douglas, eik en grove den in de meeste hoogteklassen vertegenwoordigd. Na 250 jaar domineert Douglas de klassen boven de 10 m terwijl beuk met name veel voorkomt in de klassen daaronder. De verschillen tussen de drie scenario's zijn niet groot. Bij de beheerde varianten komt na 50jaar alleen meer verjonging voor.

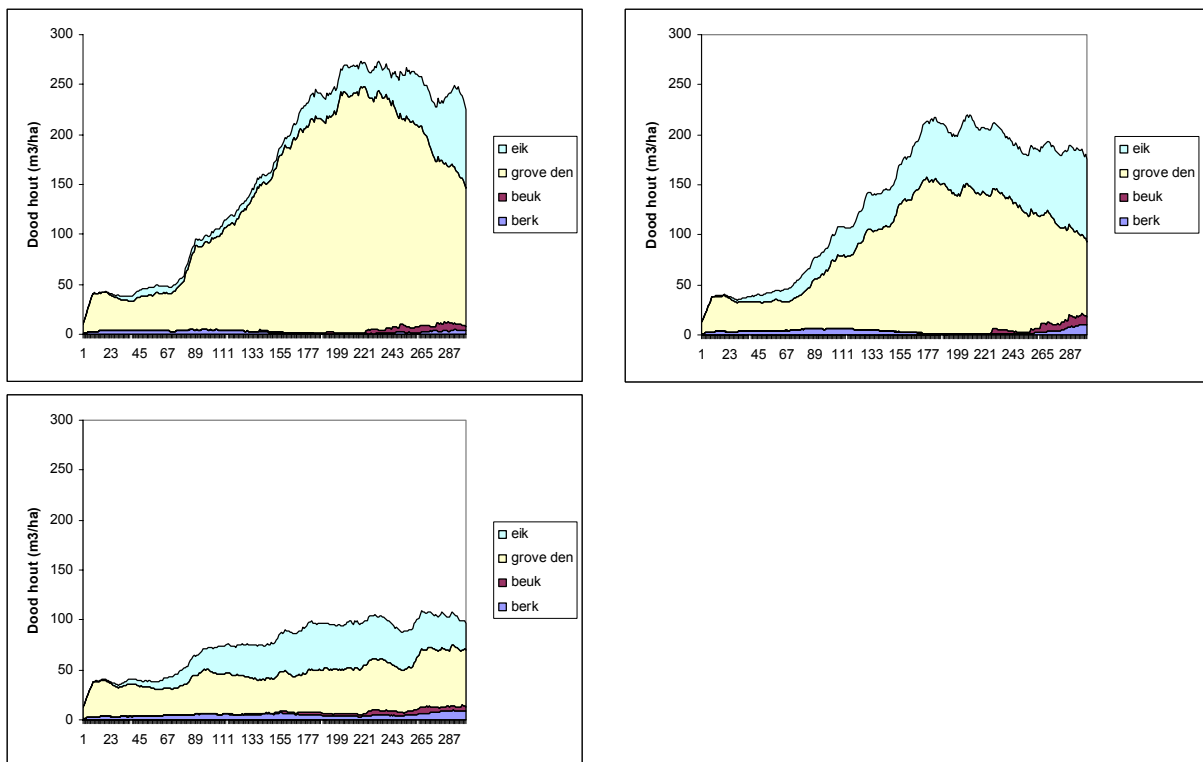
Het totale volume neemt nog sterk toe in de eerste 150 jaar bij ‘niets doen’ en in iets mindere mate bij inleidend beheer voor zowel het lichte als het donkere bostype (figuur 11). Nadat de meeste individuen van deze generatie gestorven zijn treedt er weer een daling in beide varianten en gebieden op. Bij continu beheer wordt het totale volume door actief ingrijpen veel lager gehouden. Het volume in het donkere bostypen is veel variabeler door het sterke effect van stormen op dit bostype. Dit in tegenstelling tot het lichte bostype waar fluctuaties veel geringer zijn.



Figuur 11. Ontwikkeling in staande voorraad voor de drie beheersscenario's voor de lichte uitgangssituatie (links) en de donkere (rechts).

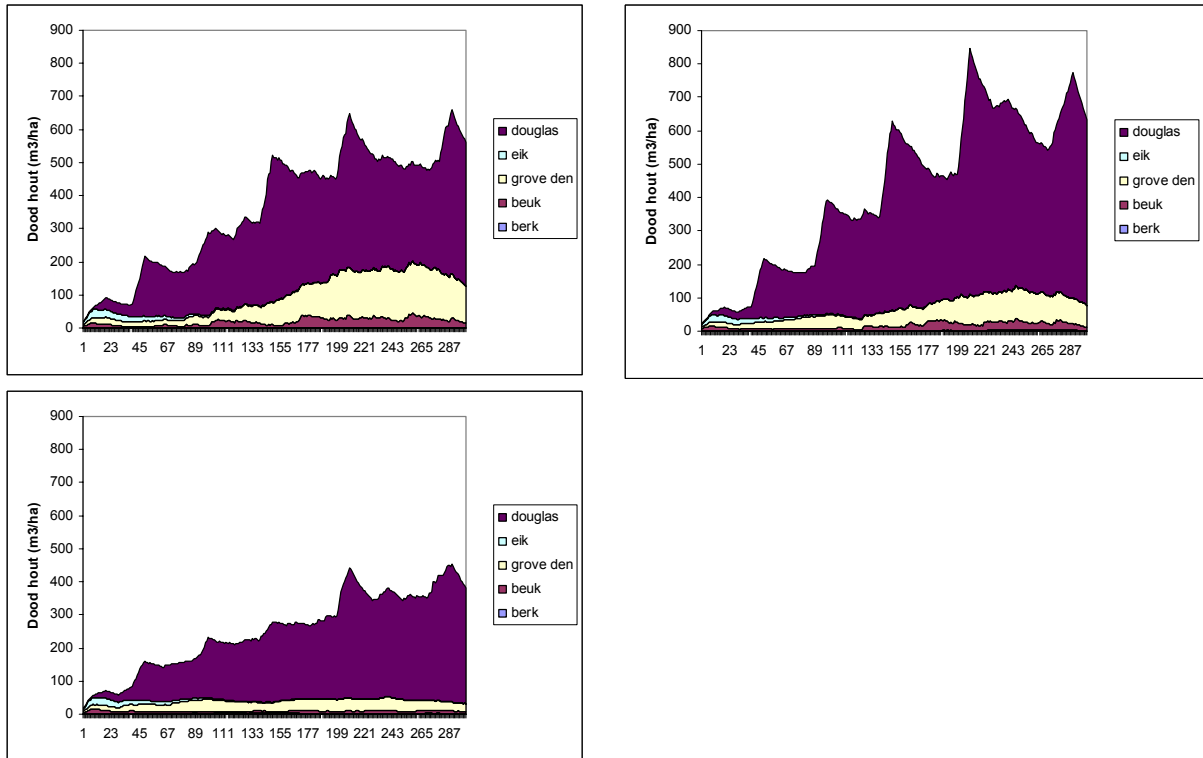
4.4 Dood hout

Een van de belangrijke karakteristieken voor diversiteit is het voorkomen van dood hout. De hoeveelheid dood hout wordt beïnvloed door (a) de groeiplaats en groei van de boomsoorten, (b) de mortaliteit en concurrentie en door externe verstoringen zoals storm en beheer, en (c) door de afbraaksnelheid. In de uitgangssituatie is de hoeveelheid dood hout gering, variërend tussen de 10 en 20 m³/ha. Deze hoeveelheid stijgt in alle drie de beheervarianten in het lichte bostype tot een niveau van ongeveer 45 m³/ha (figuur 12). Na circa 70 jaar neemt de hoeveelheid door sterfte in de dominante boomlaag sterk toe in het onbeheerde en uitsluitend inleidend beheerde bos. De waarden kunnen hier oplopen tot 200-250 m³/ha. In de continu beheerde variant wordt door dunning en oogst het merendeel voortijdig weggenomen en stijgt het totale volume naar een waarde van een kleine 100 m³/ha. Het grootste gedeelte van het dood hout volume bestaat uit grove den, maar naarmate de tijd vordert neemt eik een groter aandeel in.



Figuur 12. Ontwikkeling in volume van het dode hout van verschillende soorten voor 'niets doen' (linksboven), inleidend (boven) en continu (linksonder) beheer.

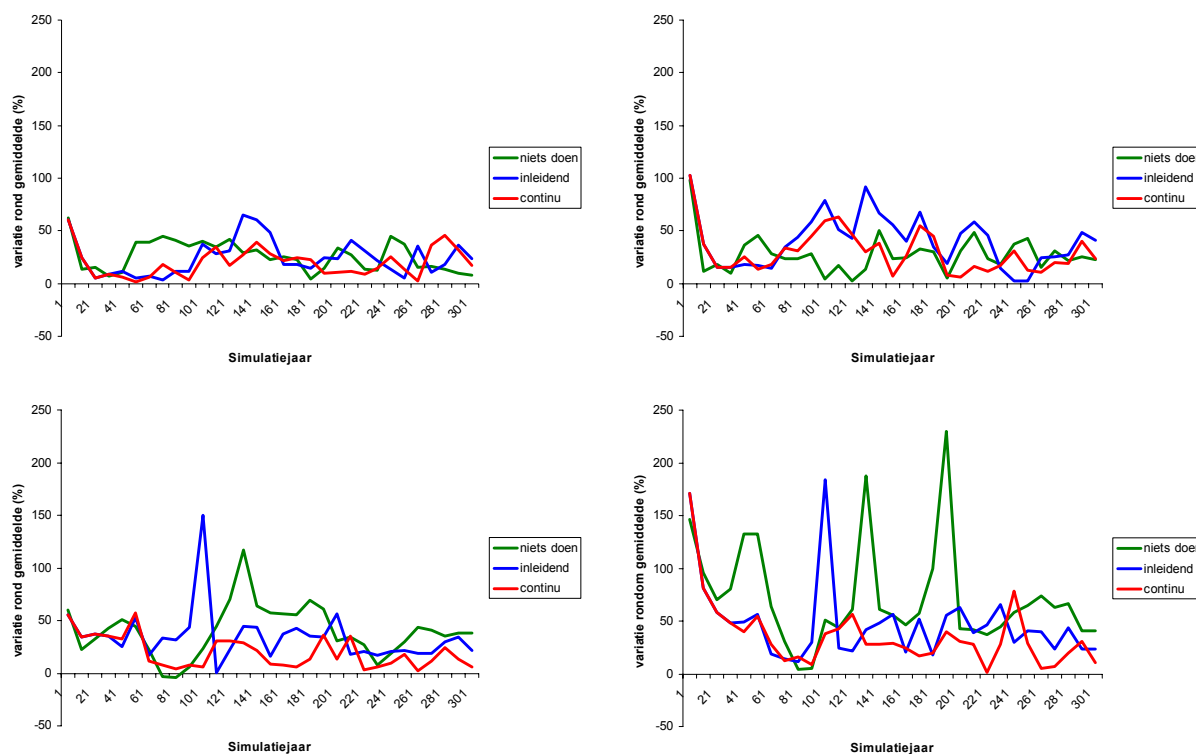
In het donkere bostype stijgt de hoeveelheid dood hout nog sneller van circa 15-20 m³/ha tot 400-700 m³/ha (figuur 13). Dit enorme volume is een modelartefact. Wel zijn hier zijn de verschillen tussen de beheervarianten geringer, waarschijnlijk hoofdzakelijk door het sterke effect van de stormen op dit bostype. Het merendeel van het dode hout bestaat uit Douglas, met slechts een gering aandeel grove den en beuk.



Figuur 13. Ontwikkeling in volume van het dode hout van verschillende soorten voor 'niets doen' (linksboven), inleidend (boven) en continu (linksonder) beheer.

4.5 Schaalniveaus

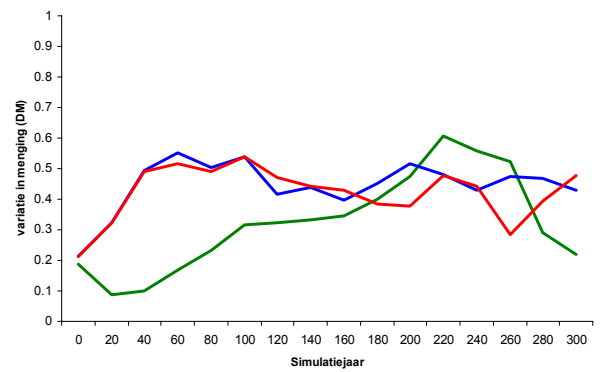
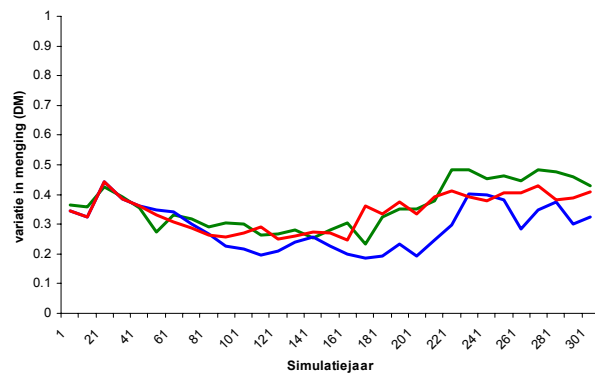
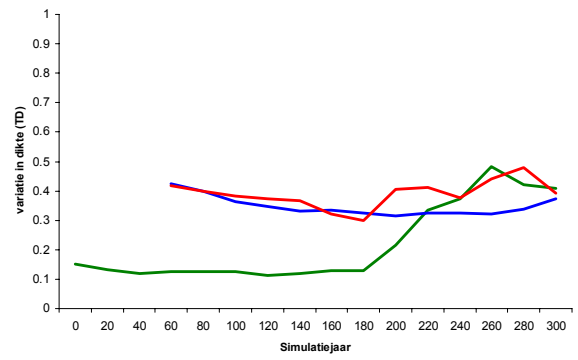
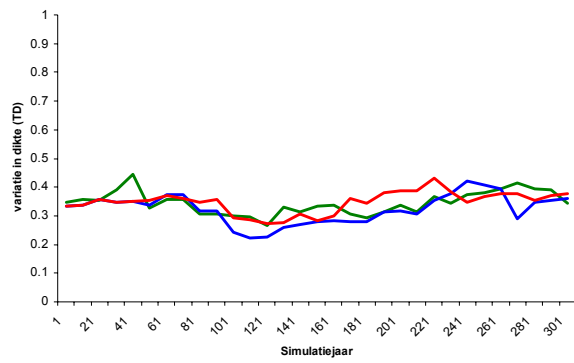
De verschillende bosgebieden bestaan in de uitgangssituatie uit verschillende opstanden. Kijken we naar de verschillen tussen opstanden binnen bosgebieden, zien we dan de afzonderlijke opstanden convergeren of juist uiteen gaan? In figuur 14 is dit gepresenteerd voor beide bostypen aan de hand van de variatie in opstanden rondom het gemiddelde van het hele bosgebied.



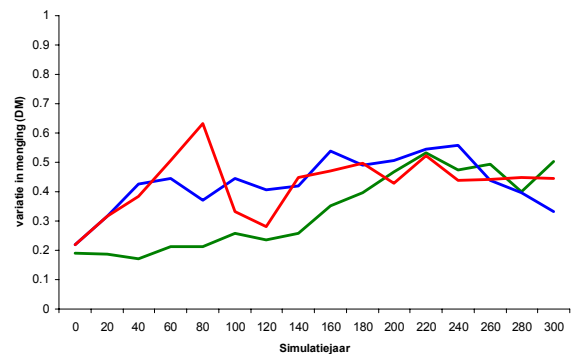
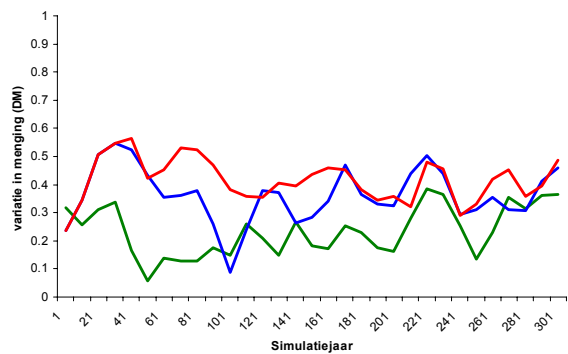
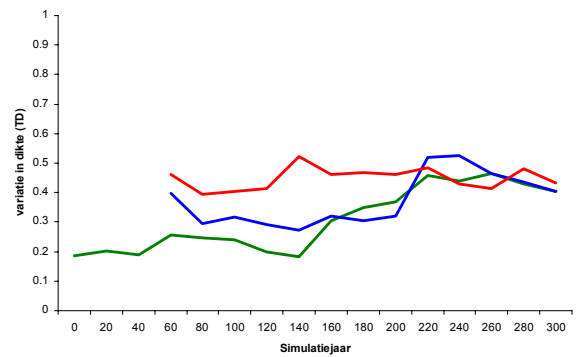
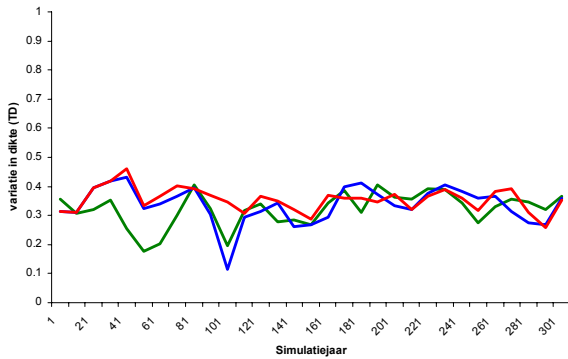
Figuur 14. Variatie tussen opstanden in % van het gemiddelde voor de diversiteit in buurboomdikte (links) en diversiteit in buurboomsamenstelling (rechts) voor lichte bostypen (boven) en donkere bostype (onder).

In alle gevallen treedt er binnen enkele decennia een sterke convergentie op tussen de opstanden in de weergegeven indicatoren. Met andere woorden, de verschillen tussen opstanden worden snel minder, onafhankelijk van het beheer. Daarna blijft echter de variatie in alle bostype/beheercombinaties fluctueren. Het lijkt erop dat de opstanden onafhankelijk van elkaar fluctueren rondom het bosgebied gemiddelde. De variatie in het donkere bostype blijft echter veel groter dan in het lichte bostype. Daarnaast lijkt het erop dat vooral in de continu beheerde variant (toekomstbomen) de variatie tussen de verschillende opstanden het geringst en meest constant is door over het gehele oppervlak een vergelijkbaar beheer door te voeren.

Kijken we dan naar een schaalniveau lager, is dan de variatie op boomniveau groter of juist lager dan de variatie op plek niveau? Het blijkt dat er voor beide bostypen op de lange termijn geen grote verschillen bestaan (figuur 15 en 16). De grootte van de variatie van boom tot boom komt grofweg overeen met de variatie van plek tot plek. Op boomniveau blijft de variatie nagenoeg gelijk. Op plek niveau lijkt er een lichte stijging in de variatie op te treden in de tijd, vooral de eerste 100-200 jaar bij het 'niets doen' beheer. De menging en het donkere bostype zijn meer variabel dan de overige. Dit laatste is waarschijnlijk weer grotendeels te wijten aan de stormen.



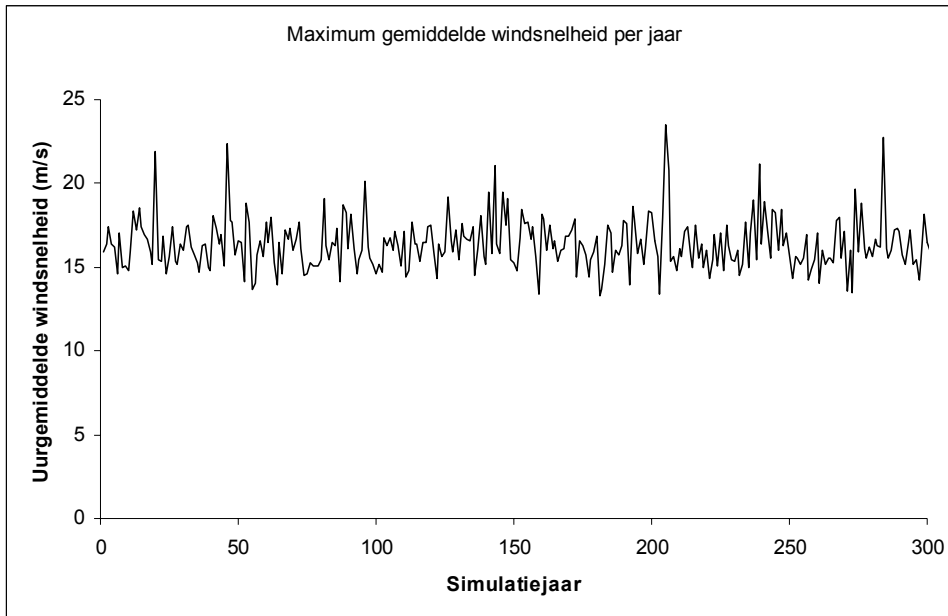
Figuur 15. Variatie in buurboom-dikte (boven) en buurboom-menging (onder) voor elk individu in het hele bosgebied (boomniveau, links) en per gridcel (plek, rechts) in het lichte bostype.



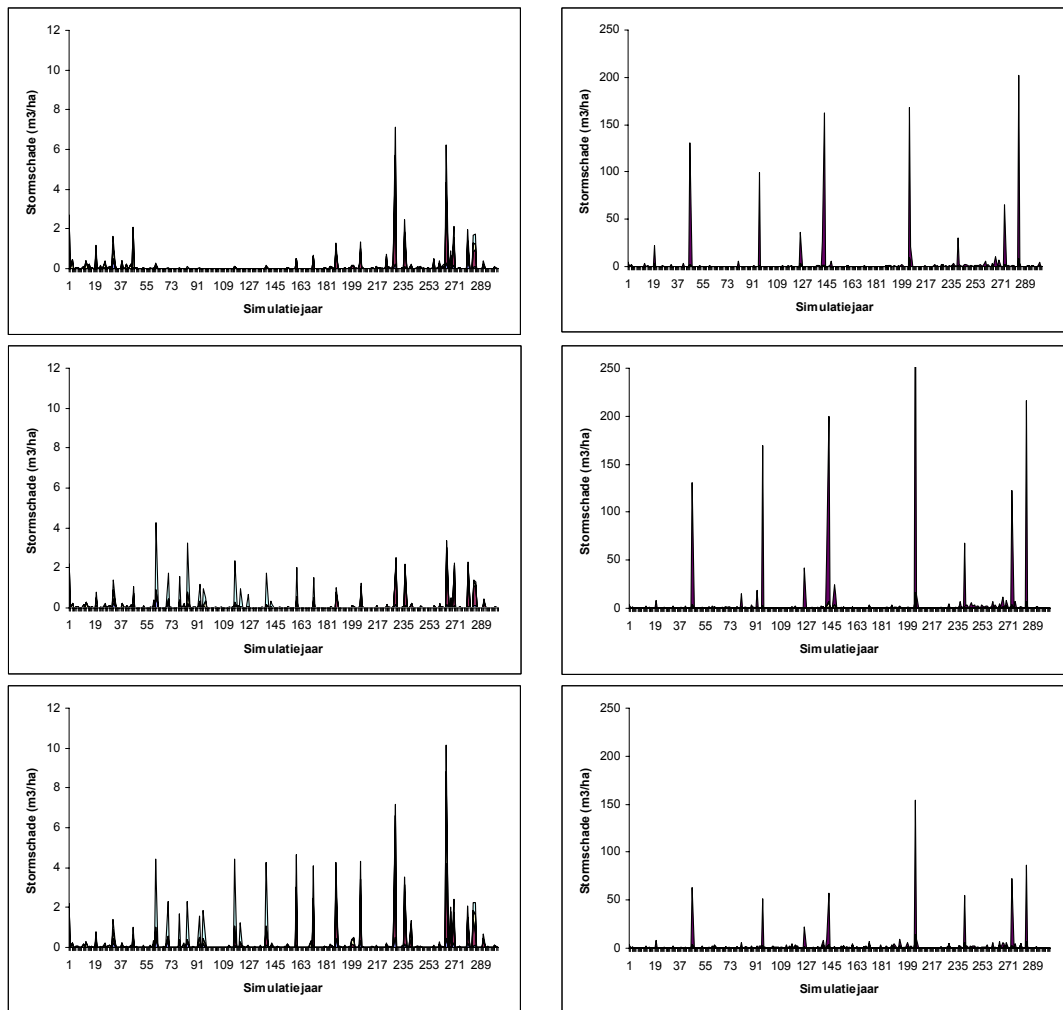
Figuur 16. Variatie in buurboom-dikte (boven) en buurboom-menging (onder) voor elk individu in het hele bosgebied (links) en per gridcel (rechts) in het donkere bostype.

4.6 Verstoring

In het model is een weersimulator ingebouwd die stormen simuleert. In figuur 17 is gepresenteerd in welke jaren er stormen optraden. Vergelijken we nu de input van dood hout als gevolg van storm in de verschillende gebieden en beheervarianten dan blijkt het volgende (figuur 18).



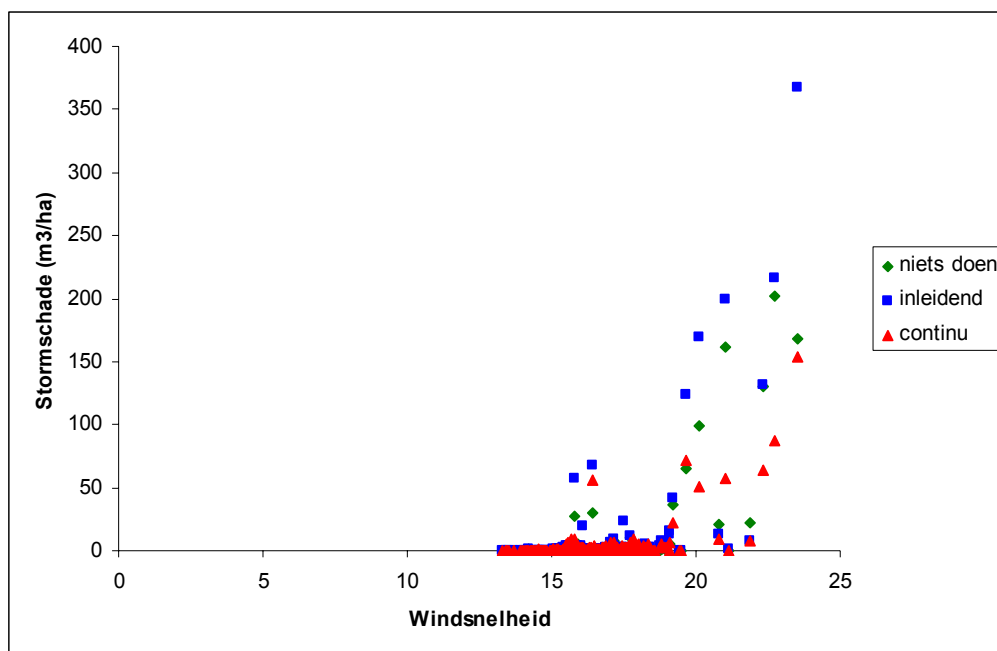
Figuur 17. Gesimuleerde windsnelheden in alle scenario's.



Figuur 18. Volume stormschade voor de verschillende boomsoorten in het licht bostype (links) en het donkere bostype (rechts). Boven het 'niets doen' beheer, midden het inleidend beheer en onder het continu beheer. Let op de verschillen in schaal tussen de twee bostypen.

Het donkere bostype is veel stormgevoeliger voor storm dan het lichte bostype. Dit komt hoofdzakelijk voor de stormgevoeligheid van Douglas, in combinatie met de grote hoogte dat deze soort kan bereiken. In het lichte bostype hebben stormen een gering effect. Dit effect is hier echter wel sterker in de beheerde varianten in vergelijking tot de onbeheerde. In de laatste komt bijvoorbeeld over vele decennia nauwelijks stormschade voor. In het donkere bostype treedt schade door storm niet zo zeer vaker op, stormen hebben simpelweg een veel grotere uitwerking waardoor er meer grote bomen omwaaien. Hier lijkt het dat er juist minder schade is bij de beheerde varianten. Grofweg komt er zo eens in de 50 jaar 50 tot 100 m³ stormhout bij. In het lichte bostypen komt elke 20jaar wel dood hout bij, maar dit is slechts 2-4 m³.

Uit figuur 19 blijkt duidelijk dat vooral bij windsnelheden boven de 19-19.5 m/s er schade ontstaat bij de meest stormgevoelige bostype. De schade neemt dan ook snel toe bij toenemende windsnelheden. We spreken echter pas van een storm als de windsnelheid 20.7 m/s is (windkracht 9). De uitschieters bij de 16 m/s hangen samen met een zuiderstorm, iets dat niet vaak voorkomt. De overige stormen zijn allemaal zuidwest tot noordwest.



Figuur 19. Effect van windsnelheid op stormschade in het donkere bostype voor de verschillende beheersscenario's.

5 Discussie en conclusies

Deze modelstudie kenmerkt zich door twee centrale aspecten; een modeloefening om bosontwikkeling, beheerscenario's, structuuranalyse en visualisatietechnieken te koppelen, en de vraag of de simulaties voldoende hypothesen genereren zijn. Oftewel, welke opvallende trends komen in beeld en verdienen verdere studie? In deze sectie zullen we op drie twee aspecten ingaan; ten eerste het functioneren van het model, ten tweede de toepassingsmogelijkheden en tot slot de interpretatie van de resultaten.

Model

Het model ForGEM is een gedetailleerd bosontwikkelingsmodel. Dit model is constant in ontwikkeling en verdere verfijning. In dit project is op een gegeven moment gekozen om met de versie van dat moment te gaan rekenen, met de wetenschap dat het model verre van volmaakt is en er genoeg verbeteringen mogelijk zijn. De resultaten moeten dan ook in dit licht gezien worden. Kort willen we drie beperkingen van het model aanstippen. Een van de beperkingen in het model is de productie. In werkelijkheid neemt de productie van een opstand, en waarschijnlijk ook die van de individuen op latere leeftijd af. De reden voor deze afname is nog steeds onderwerp van discussie. Deels zou dit veroorzaakt kunnen worden door een toenemende respiratie (onderhoudsademhaling) door toename van de totale hoeveelheid biomassa, en deels door verouderingsprocessen. Beide processen zijn niet opgenomen in de huidige versie van ForGEM, waardoor de productie op hogere leeftijd overschat wordt. Dit uit zich vooral in te hoge stamdiameters op hogere leeftijd. Daarnaast is er geen kruid- en struiklaag in het model opgenomen. De struiklaag is weggelaten omdat struiken nog niet geparаметeriseerd zijn. Dit heeft in elk geval effect op de initiële bosstructuur en de hoeveelheid licht op de bodem. Zaaialingen zullen hierdoor in eerste instantie meer kans hebben om te kiemen en te overleven. Later zal het gemis van de struiklaag misschien deels worden gecompenseerd door de aanwezigheid van jonge bomen van dezelfde hoogteklaas. Hetzelfde geldt voor de kruidlaag. Verder komen enkele soorten naar onze inschatting onvoldoende tot uiting. In beide bostypen komt berk slechts summier in beeld. Naar verwachting is dit te wijten aan de Parameterisatie van deze soort die mogelijk te conservatief is ingeschat. Hierdoor komen berk en wellicht in mindere mate ook eik, minder aan bod dan verwacht. De gevolgen zijn mogelijke afwijkende soortverhoudingen, te hoge grondvlakken en volumes in opstanden met veel oude bomen. Dit heeft uiteraard ook gevolgen voor de hoeveelheid dood hout, mogelijkheden voor verjonging en dynamiek in het systeem. Dit alles betekend dat simulatie uitkomsten voorzichtig geïnterpreteerd moeten worden.

Toepassing

Steeds vaker wil men inzicht hebben op (middel)lange termijn ontwikkelingen, eventueel in relatie tot potentiële einddoelen, om beheer en/of beleid zo efficiënt mogelijk in te zetten. Dit inzicht kan vrijwel onmogelijk uitsluitend verkregen worden door middel van veldstudie en experimenten, zeker niet op de korte termijn.

Hierdoor zijn model studies noodzakelijk. Hierin kunnen, uitgaande van aan het veld ontleende en getoetste ontwikkelingen, ontwikkelingen over lange termijn, bij verschillende scenario's gesimuleerd worden. Zo ook in deze studie. Onderdeel van het project was om koppelingen te leggen tussen monitoringsdatabestanden en model enerzijds, en structuuranalyses en visualisatie anderzijds. De uitgebreide simulatie-uitkomsten stellen ons in staat realistische visuele bosbeelden te produceren op verschillende tijdstippen voor verschillende beheervarianten. De koppeling van simulatie-output met het SVS visualisatieprogramma is succesvol. Dit kan een waardevolle toepassing vormen voor vertaling van onderzoeksresultaten naar de praktijk en beleid. Door koppeling van een ruimtelijk expliciet bosontwikkelingsmodel aan gedetailleerde veldopnames (bosreservaten) zijn we daarnaast in staat een breed scala aan (structuur) indicatoren te analyseren.

Simulaties

Met in het achterhoofd de beperkingen van het model kunnen we toch enkele interessante trends naar voren halen:

- De variatie in bosstructuur en gerelateerde bosbeelden fluctueren in de tijd, zelfs op lange termijn. De toestand op een bepaald tijdstip is dus meer een momentopname dan indicatief voor een periode of eindbeeld.
- Op de lange termijn lijken er weinig verschillen te bestaan tussen de beheersscenario's. In de scenario's tenderen de simulaties naar vergelijkbare structuurvariatie. Echter, vooral het levende en dode volume is lager bij continu beheer door oogst voordat individuen zeer grote dimensies bereiken en/of sterven. Daarnaast lijkt het erop dat bij continu ingrijpen er meer kansen zijn voor dominantie van schaduwtolerante soorten.
- Op de middellange termijn zijn er echter duidelijke verschillen tussen 'niets doen' beheer en inleidend of continu beheer, zowel in bosbeeld als in structuurvariatie. Bij 'niets doen' is er de eerste decennia een lagere structuurdiversiteit dan wanneer er ingegrepen wordt.
- De afzonderlijke opstanden in de uitgangssituatie convergeren op de middellange termijn maar lijken vervolgens onafhankelijk van elkaar te fluctueren. De uitgangssituatie heeft mogelijk zelfs op de lange termijn nog een onderscheidend effect.
- De variatie in bosstructuur is afhankelijk van het schaalniveau. Op lokale schaal is de variatie tussen scenario's en in de tijd gering. Op plek niveau of hoger lijkt er vooral een stijging op te treden tot op de middellange termijn.
- Storm heeft een onderscheidend effect voor stormgevoelige bostypen. Een regelmatige verstoring lijkt een homogeniserend effect te hebben en deels de verschillende beheersscenario te overtreffen.

De hier geconstateerde ontwikkelingen zijn gebaseerd op modeluitkomsten. Desalniettemin geven ze voeding voor hypothesen over bosontwikkeling & diversiteit en de relatie met beheer. Het voert te ver om op basis van deze uitkomsten te stellen dat 'niets doen' op middellange termijn weinig diversiteitswinst oplevert en dat juist actief beheer een positief effect heeft. Wel zijn de resultaten prikkelend genoeg om deze indicaties verder te toetsen.

Literatuur

- Bartels, G., 1995. Algemene informatie van het bosreservaat 14. 'Het Leesten' Ugchelen. Werkdocument IKC Natuurbeheer nr. 87, Wageningen, p 17.
- Canham, C.D., Finzi, A.C., Pacala, S.W. & D.H. Burbank, 1994. Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Canadian journal for forest research* 24:337-349.
- Clerkx, A.P.P.M., van Hees, A.F.M., Sanders, M.E., Slim, P.A. & H.G.J.M. Koop, 2000. Bosdynamiek in bosreservaat Pijpebrandje. Alterra, Alterra-rapport 112, Wageningen. 43 pp.
- Clerkx, A.P.M., S.M.J. Wijdeven & M.E. Sanders, 2002. Bosdynamiek in Lheebroeker Zand. Alterra raport 537, Wageningen.
- Franklin, J.F., Cromack, K., & W. Denison, 1981. Ecological characteristics of old-growth Douglas-fir forests. USDA Forest Service General Technical Report PNW-118. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, Oregon.
- Frehlig, L.E., Sugita, S., Reich, P.B., Davis, M.B. & S.K. Friedman, 1998. Neighbourhood effects in forests: implications for within-stand patch structure. *Journal of Ecology* 86: 149-161.
- Gadow, K. von & G. Hui, 1999. Modelling forest development. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Jagt, van der. et al., 2000. Geïntegreerd Bosbeheer; praktijk, voorbeelden en achtergronden. Uitgave EC-LNV nr. 50, Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Jansen, J. J., J. Sevenster, P. Faber, 1996. Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. Yield tables for important tree species in the Netherlands. IBN Rapport 221, Hinkeloord Report No 17.
- Kint, V., 1999. Kwantificeren van structuurdiversiteit in bossen. Dissertatie, Universiteit Gent, Faculteit Landbouwkundige en toegepaste biologische wetenschappen.
- Kint, V., 2003. Structuurontwikkelingen in oudere bestanden van grove den (*Pinus sylvestris*) in West-Europa. Ph.D. thesis, Gent.
- Knoppersen, G., 1995. Algemene informatie van het bosreservaat 3, Galgenberg. Werkdocument IKC Natuurbeheer nr. w-90, Wageningen, p 17.

Knoppersen, G., 1997. Algemene informatie van het bosreservaat 3. Speulderbos Pijpebrandje. Werkdocument IKC Natuurbeheer nr. w-115, Wageningen, p 23.

KNMI, 2005. www.knmi.nl

Kramer, K. (ed), 2004. Effects of silvicultural regimes on dynamics of genetic and ecological diversity of European forests.

Koop, H. & F.J. Sterck, 1994. Light penetration through structurally complex forest canopies: an example of lowland tropical rainforest. *Forest ecology and management* 69: 111-122.

Kuuluvainen, T., Penttinen A., Leinonen, K. & M. Nygren, 1996. Statistical opportunities for comparing stand structural heterogeneity in managed and primeval forests: an example from boreal spruce forest in southern Finland. *Silva Fennica* 30:315-328.

Peltola, H., S. Kellomaki, H.Vaisanen, V.-P Ikonen, 1999. 'A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch.' *Canadian Journal for Forest Research* 29: 647-661.

Schelhaas et al. In prep. Integration of a windthrow model and an individual tree growth model.

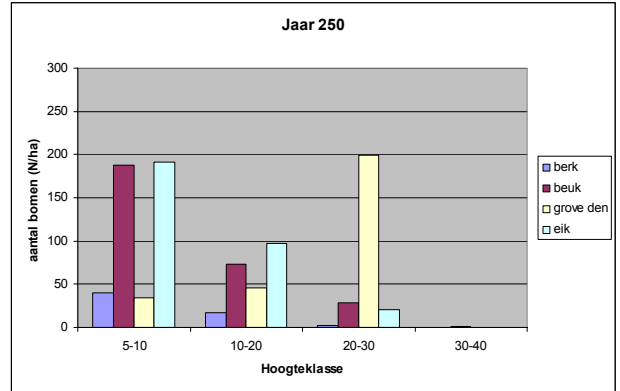
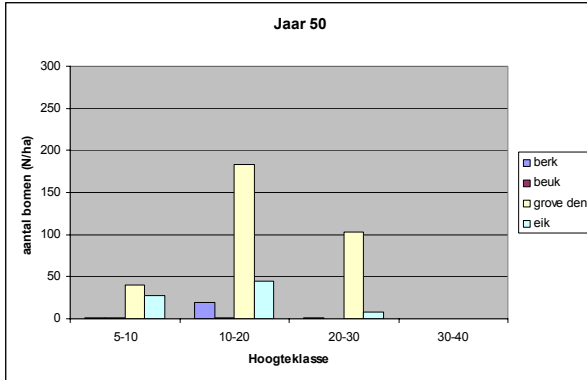
SVS – Stand Visualization System. <http://forsys.cfr.washington.edu>

Wijdeven, S.M.J., 2003. Stand dynamics in Pijpebrandje - A Working-Document on the dynamics in beech forest structure and composition over 12 years in Pijpebrandje forest reserve, the Netherlands. *Nat-Man Working Report* 30. pp. 20. Available at www.flec.kvl.dk/natman/

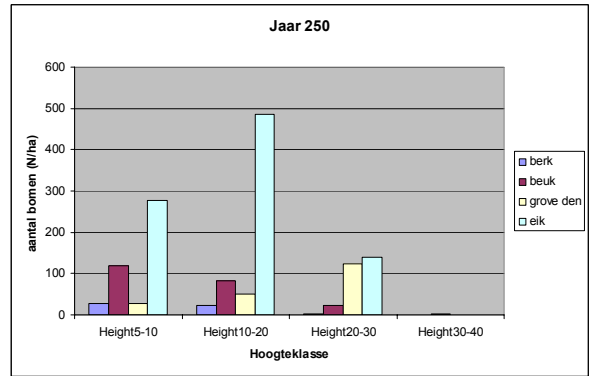
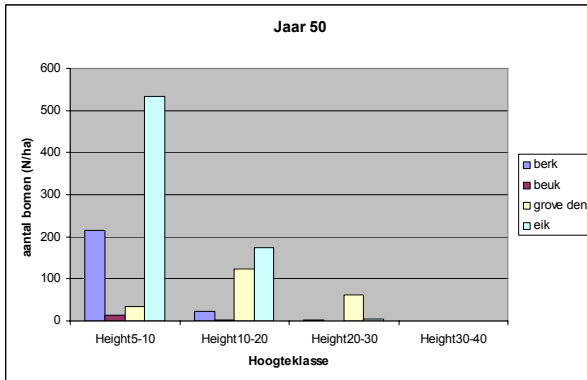
Wijdeven, S., 2005. Nieuwe bospakketten van Programma Beheer, ingewikkeld, onlogisch en weer niet effectief – een reactie op het artikel van Jaap Kuper. *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* november: 27-28.

Bijlage 1 Hoogteverdeling van boomsoorten in het lichte bostype

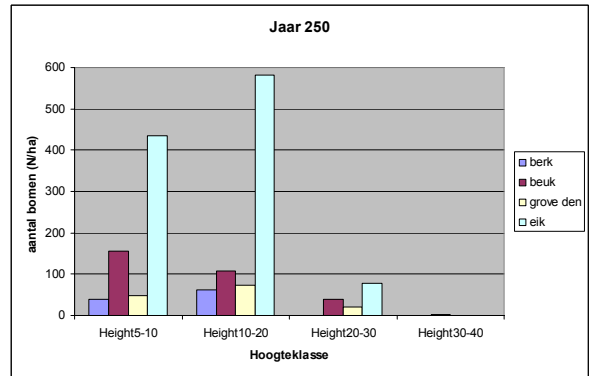
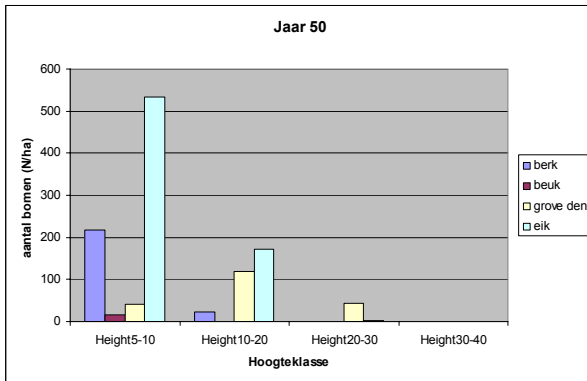
niets doen



inleidend



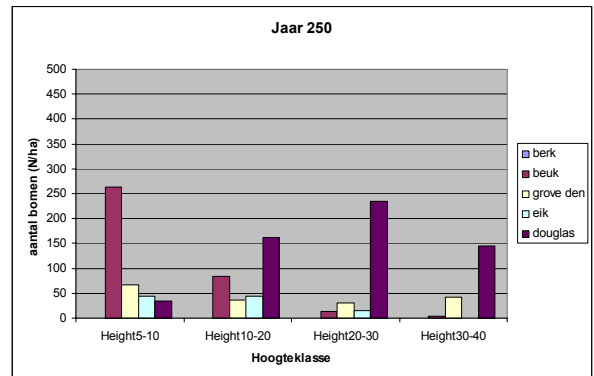
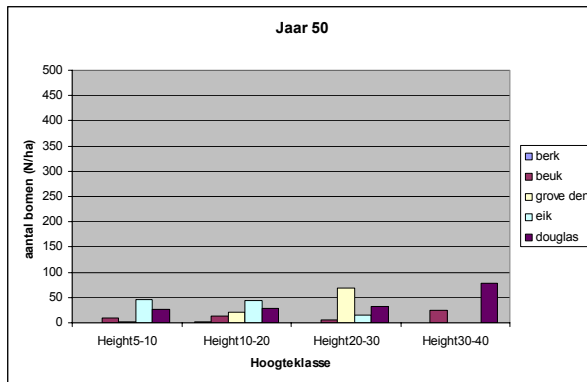
continu



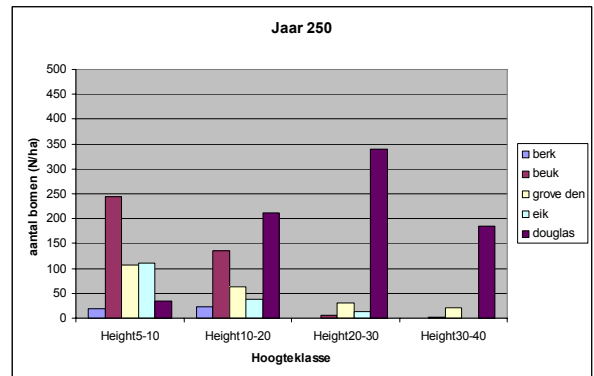
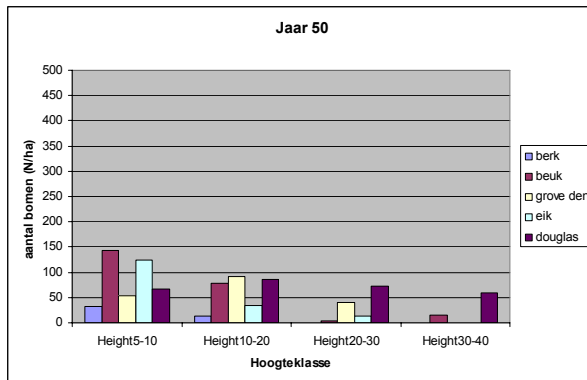
Hoogtefrequentie voor de verschillende soorten in de drie beheersscenario's op 50 jaar (links) en na 250 jaar (rechts).

Bijlage 2 Hoogteverdeling van boomsoorten in het donkere bostype

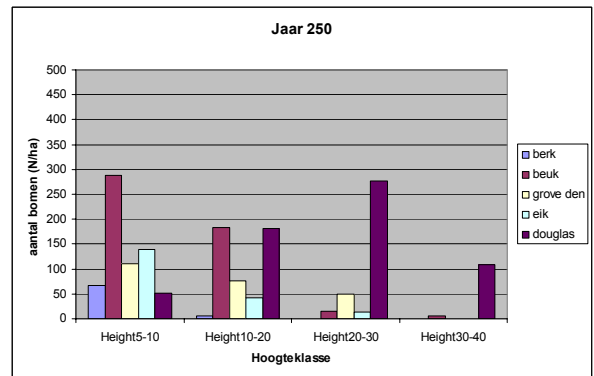
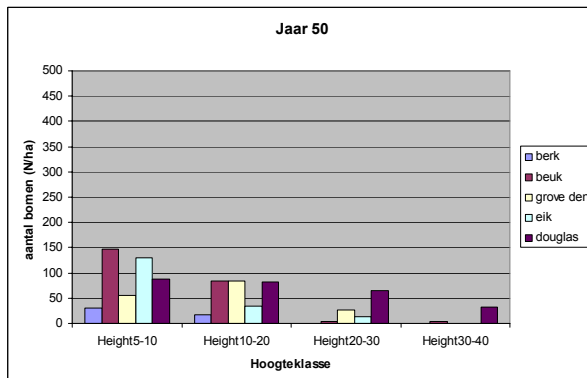
niets doen



inleidend



continu



Hoogtefrequentie voor de verschillende soorten in de drie beheerscenarios op 50 jaar (links) en na 250 jaar (rechts).

