

Opkomst of ondergang van de beuk

**Een modelstudie naar de effecten van beheer op bosontwikkeling en
functievervulling**

I.T.M. Jorritsma

J.J. de Jong

J.K. van Raffe

A.F.M. Olsthoorn

Alterra-rapport 273

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

REFERAAT

Jorritsma, I.T.M., J.J. de Jong, J.K. van Raffe, A.F.M. Olsthoorn, 2001. *Opkomst of ondergang van de beuk. Een modelstudie naar de effecten van beheer op bosontwikkeling en functievervulling*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 273. 90 blz. 24 fig.; 19 tab.; 28 ref.

Beuk dreigt in bossen op holtpodzolgronden een te dominante rol te krijgen. De vrees bestaat dat dit negatieve gevolgen heeft voor de biodiversiteit in deze bossen. Er is daarom behoefte aan inzicht in de mogelijkheden die er zijn om de rol van beuk te verminderen. Daartoe zijn met behulp van modellen de effecten van een aantal beheersscenario's op de bosontwikkeling (model FORGRA) en het financieel resultaat (model KD-fire) doorgerekend. Bovendien zijn handmatig de gevolgen van de veranderingen in het bos voor de functievervulling bepaald.

Trefwoorden: verbeuking, biodiversiteit, bosbeheer, bosontwikkeling, financieel bedrijfsresultaat, functievervulling, FORGRA, KD-fire

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 64,00 (€29) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 273. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 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	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergronden	9
1.2 Doelstelling	11
1.3 Opbouw van het rapport	11
2 Beschrijving methode	13
2.1 Modellerings van bosontwikkeling	13
2.2 Natuurdoelrealisatie	15
2.3 Financiële consequenties	19
3 Scenario's	23
3.1 Verantwoording en beschrijving van de gebruikte bostypen	23
3.2 Overzicht beheersscenario's	25
4 Resultaten	27
4.1 Bosontwikkeling	27
4.1.1 Bosontwikkeling in het type <i>Grove den</i>	27
4.1.2 Bosontwikkeling in het type <i>Gemengd bos</i>	34
4.1.3 Bosontwikkeling in het type <i>Beuk</i>	40
4.2 Natuurdoelrealisatie	46
4.2.1 Habitatgeschiktheid in het type <i>Grove den</i>	46
4.3 Financiële consequenties	53
4.3.1 Financiële consequenties van beheer in type <i>Grove den</i>	54
4.3.2 Financiële consequenties van beheer in type <i>Gemengd bos</i>	55
4.3.3 Financiële consequenties van beheer in type <i>Beuk</i>	57
5 Conclusies en discussie	59
5.1 Conclusies en discussie t.a.v. de methode	59
5.2 Conclusie en discussie t.a.v. de problematiek van verbeuking	61
Literatuur	65
Bijlagen	
1 Aantalsverloop van de zaailingen	69
2 Houtprijzen van hout op stam	81
3 Alle resultaten beheersscenario's	83

Woord vooraf

De begeleidingscommissie van het LNV programma 320 voor onderzoek in bossen heeft de opdracht gegeven voor onderzoek naar het effect van de boomsoorten esdoorn, beuk en douglasspar op de diversiteit van bos en de gevolgen voor het bosbedrijf. De indruk bestond dat de uitbreiding van deze soorten negatief zou kunnen uitwerken op de diversiteit en dat ingrepen om deze uitbreiding tegen te gaan duur zijn, terwijl het gebruikmaken en de oogst van deze soorten juist gunstig zijn voor de bedrijfsvoering.

Het effect van de genoemde boomsoorten op de natuur- en productiefunctie van het bos kan op verschillende manieren worden onderzocht. Afhankelijk van de boomsoort is een andere methode gekozen, omdat niet een methode geschikt was voor alle boomsoorten. Voor douglasspar en beuk is gekozen om gebruik te maken van gegevens uit de 4e Bosstatistiek en HOSP. Voor beuk is daarnaast gebruik gemaakt van een bosontwikkelingsmodel en van een model voor de bedrijfsvoering. Voor esdoorn waren deze beide onderzoeksmethoden niet geschikt. Voor esdoorn is gekozen voor een literatuurstudie.

De resultaten zijn per methode gerapporteerd. In Alterra-rapport 274 wordt ingegaan op het onderzoek waarbij gebruik is gemaakt van de gegevens uit de 4e Bosstatistiek en HOSP (douglasspar en beuk). In Alterra-rapport 201 staan de resultaten van het onderzoek naar de effecten van esdoorn. In dit voor u liggende rapport wordt ingegaan op het onderzoek naar de effecten van verschillende beheersstrategieën op de bosontwikkeling en de functievervulling van bossen waarin beuk dominant kan worden. Dit onderzoek betreft een modelstudie.

De modelstudie heeft veel cijfers opgeleverd over de bosontwikkeling, de evaluatie en de natuurdoelrealisatie. We presenteren in dit rapport de opvallendste resultaten en hopen dat dit de nodige discussiestof oplevert voor de ervaringsdeskundigen in het veld.

Irma Jorritsma
Anjo de Jong
Jaap van Raffe
Ad Olsthoorn

Samenvatting

Door een aantal oorzaken is er op dit moment bij verschillende eigenaarscategorieën een trend naar afnemende beheersintensiteit. In bossen met als hoofdfunctie natuur, zoals bijvoorbeeld de bosreservaten en de A-lokaties, worden geen beheersingrepen gepleegd. In multifunctioneel bos wordt veelal het geïntegreerd bosbeheer toegepast, waarin spontane processen een belangrijke rol spelen en ingrepen kleinschalig en weinig frequent zijn.

Een van de risico's van zowel kleinschalige bosbeheer als nietsdoen-'beheer' is, dat het de vestiging en groei van lichtboomsoorten benadeelt. Bij uitblijven van calamiteiten zullen grote open plekken met veel licht niet voorkomen. In het steeds donker wordende bos zullen vooral schaduwboomsoorten zich kunnen verjongen. Op de Veluwe en op vergelijkbare groeiplaatsen in Nederland, betekent dit dat vooral de beuk van deze ontwikkeling profiteert. Echter, wanneer de beuk op grote schaal de dominante boomsoort gaat worden, zal de diversiteit aan bostypen in Nederland afnemen, met gevolgen voor de diversiteit van planten- en diersoorten.

Omdat een afname in biodiversiteit niet wenselijk is, neemt de belangstelling toe voor beheersingrepen, die de potentiële dominantie van beuk tegengaan. Deze studie richt zich op de langetermijngevolgen van dergelijke beheersingrepen.

De gevolgen van verschillende beheersingrepen zijn bestudeerd door middel van modellen. Voor deze studie zijn een drietal modellen deels aangepast en op elkaar afgestemd. In aangepaste vorm ontstaat een instrumentarium, dat tot doel heeft de gevolgen van beheersingrepen voor de functievervulling van het bos op een lange termijn te voorspellen. Het ontwikkelen van het instrumentarium is een doel op zich. In deze studie is daar een begin mee gemaakt. Er is gebleken dat de 3 onderdelen technisch gezien goed te koppelen zijn. Bij verdere ontwikkeling van het instrumentarium ligt de grootste prioriteit bij het automatiseren van de procedure voor functievervulling.

Het instrument is gebruikt om inzicht te krijgen in de lange termijn effecten van verschillende beheersingrepen in bossen, waar beuk in potentie de dominante soort kan gaan vormen. In deze studie zijn bostypen beschouwd, die representatief zijn voor 3 stadia in de successie op holtpodzolgronden. Onderscheiden zijn de typen: *Grove den*, *Gemengd bos*, en *Beuk*, allen op holtpodzolgronden. De 3 verschillende beheersingrepen toegepast in de simulaties zijn: het maken van gaten (de mozaïekmethode) en doeldiameterdunning van beuk voor diameters van 15 respectievelijk 30 cm. De ontwikkelingen zijn vergeleken met de spontane ontwikkeling over een periode van 100 jaar. De gevolgen van de ingrepen worden beschreven in termen van veranderingen in de bossamenstelling, bosstructuur en habitatkwaliteit voor een aantal vogelgroepen. De kosten en baten van de ingrepen zijn ook berekend, evenals veranderingen in de waarde van het bos.

Alhoewel de geteste beheersingrepen soms niet erg reëel zijn, geven ze wel inzicht. Zo is uit de modelresultaten gebleken dat door doeldiameterdunning van 15 cm de beuk uit het systeem kan verdwijnen, zelfs in het bostype *Beuk*. Indien een doeldiameter van 30 wordt gehanteerd, blijft beuk aanwezig. Grotere beuken kunnen zaad produceren, waardoor de verjonging van beuk mogelijk blijft. Doeldiameterdunningen zoals uitgevoerd in de simulatie, zijn in beukenbossen geen reële beheersopties. In de twee andere bostypen heeft deze ingreep geen groot effect op de bossamenstelling en bosstructuur. Er staan maar weinig beuken in en als deze verwijderd worden is het effect niet groot. Economisch gezien is deze beheersoptie om dezelfde reden niet zo aantrekkelijk, behalve natuurlijk in het bostype *Beuk*.

De mozaïekmethode heeft in alledrie bostypen tot gevolg dat er meer soorten in het bos komen. Beuk hoeft bij deze ingreep niet uit het systeem te verdwijnen. Lichtminnende soorten als berk, grove den en eik blijken conform de verwachting te profiteren van de open ruimtes in het bos. De ontstane grotere variatie in soorten is niet altijd van lange duur. In het type *Beuk* is de variatie 20 jaar na de ingreep verdwenen. In het type *Gemengd bos* is het effect van de ingreep na 100 jaar nog zichtbaar. Economisch gezien is de mozaïekmethode een aantrekkelijke beheersingreep in alle 3 bostypen, omdat er hout geoogst wordt. De habitatgeschiktheid voor de 5 onderzochte vogelgroepen varieert sterk in 100 simulatiejaren. De fluctuaties in geschiktheid zijn groter door beheersingrepen.

De continue aanwezigheid van enkele herbivoren beïnvloedt in alle gevallen de samenstelling van de struiklaag. De snelheid waarmee dit effect tot uitdrukking komt in de samenstelling van de boomlaag, hangt af van de veranderingen in de boomlaag. De doeldiameterdunningen in het type *Beuk* veranderen de boomlaag het meest en daar is het effect van herbivoren op het bosbeeld dan ook het meest geprononceerd. In het type *Grove den* is de verandering in de boomlaag door de ingreep gering. We zien daar dan een gering effect van herbivoren op veranderingen in het bosbeeld.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden

Het reguliere beheer van bossen is de laatste jaren drastisch gewijzigd: de kaalkapmethode wordt steeds minder toegepast, de ingrepen worden kleinschaliger en er wordt meer gebruik gemaakt van spontane processen. De achtergrond van deze verandering is economisch en ecologisch van aard. Het bos als houtproducent is minder aantrekkelijk geworden, omdat de beheerskosten zijn gestegen en investeringssubsidies zijn weggefallen. Daarnaast wil de maatschappij meer natuur. Rijk gestructureerde bossen met veel variatie in boomsoorten, bieden meer mogelijkheden voor plant- en diersoorten om zich te vestigen dan vlakten met monoculturen.

De gevolgen van de veranderde beheersmethoden beginnen zich in het Nederlandse bos te openbaren, evenals de ideeën over de gevolgen. Kleinschaliger ingrepen in het bos zullen die boomsoorten bevoordelen, die zich goed kunnen verjongen in een meer gesloten bos. Als ingrepen geheel achterwege blijven, kan de rol van schaduwverdragende boomsoorten nog groter worden. Bij uitblijven van grote verstoringen zal het bos sneller veranderen in de richting van een climaxbos. De verwachting is dat bij het veranderde beheer het oppervlak van de climaxsoort zal toenemen ten koste van andere boomsoorten. Als deze verwachting uitkomt, zou de diversiteit aan bostypen kunnen afnemen, met gevolgen voor de soortenrijkdom. Op de Veluwe en op vergelijkbare groeiplaatsen in Nederland betekent dit dat beuk de dominantie boomsoort wordt. Diverse beheerders van bossen op de Veluwe zien de laatste jaren een toename van beuk in hun bossen.

Vanuit de natuurdoelstelling is kleinschalig bosbeheer met veel ruimte voor spontane processen wenselijk. Maar, wanneer zulk beheer tot gevolg heeft dat vooral climaxsoorten als beuk hiervan profiteren en een groot aantal plant- en diersoorten zich niet meer blijvend kunnen vestigen, dan ontstaat wellicht een probleem. Het op grote schaal verdwijnen van soorten is zeker een ongewenste ontwikkeling. Voor de productiefunctie is een ontwikkeling naar bossen met meer beuk in principe geen probleem. Beukenhout kan rendabel worden geoogst in dit soort systemen. Wanneer de natuur- en productiefunctie gecombineerd worden, dan lijken kleinschalige ingrepen, gericht op het tegengaan van de dominantie van beuk, zowel in economisch als in ecologisch opzicht interessant. Het zijn deze beheersvormen die in dit onderzoek nader bestudeerd worden.

De ecologische en economische consequenties van verschillende beheersingrepen worden in dit onderzoek bestudeerd door middel van modellen. Met behulp van modellen kunnen in een kort tijdsbestek, effecten op de lange termijn worden onderzocht. Vanuit eerdere onderzoeksprojecten zijn een drietal modellen ontwikkeld, die ten behoeve van dit project op elkaar zijn afgestemd, om zodoende een instrumentarium te creëren dat de ecologische en economische consequenties op

lange termijn beschrijft. Het op elkaar afstemmen van de onafhankelijk ontwikkelde deelmodellen was in het project een doel op zich. De inhoudelijke onderzoeksvraag naar effecten van beheer heeft in dit onderzoek meer het karakter van een verkennende studie.

De drie modellen die in dit onderzoek gebruikt zijn, beschrijven achtereenvolgens de bosontwikkeling, de habitatgeschiktheid voor een aantal diersoorten en kosten en baten van de bedrijfsvoering. In dit project zijn deze modellen op elkaar afgestemd, zodat een instrument is ontstaan dat de lange termijn gevolgen van een beheersmaatregel op de bossamenstelling, de –structuur, daaruit volgend de habitatgeschiktheid, de kosten en baten van de beheersingrepen en de waarde van de opstand kan evalueren. De invloed van grote herbivoren kan in deze evaluatie worden meegenomen.

Het aldus verkregen instrument is in dit project gebruikt om de effecten van 2 beheersingrepen te evalueren voor 3 bostypen. Bij de keuze van zowel de beheersingrepen als de bostypen is de eerder geschetste problematiek rond de beuk centraal gesteld.

De 2 beheersingrepen die geëvalueerd worden zijn doeldiameterdunning en vorming van open plekken, hier de mozaïekmethode genoemd. De doeldiameterdunning is in de simulaties betreft de kap van beuk. In de scenario's is gekozen voor twee varianten, een relatief kleine diameter waarop de soort nog geen zaad kan produceren en een grotere diameter, die economisch gezien interessanter is. Bij de andere geëvalueerde beheersingreep, de vorming van open plekken, worden alle aanwezige individuen op bepaalde plek verwijderd. Hiermee worden lichtminnende soorten bevorderd. Deze beheersvorm sluit aan bij een meer natuurlijk beheer. Steeds zijn de effecten van de verschillende beheersscenario's vergeleken met de ontwikkelingen in ongestoord bos, het zogenaamde nietsdoen-beheer.

De 3 geselecteerde bostypen zijn voorbeelden van verschillende ontwikkelingsstadia op groeiplaatsen waar beuk dominant kan worden. Het betreffen bossen op gestuwd preglaciaal zand en lemige dekzanden. Op deze relatief rijke zandgronden is het Wintereiken-Beukenbos de potentieel natuurlijke vegetatie (Van der Werf, 1991). Het eerste bostype is een grove-dennenbos, waarin enkele beuken zich reeds hebben gevestigd. Het tweede bostype is een gemengd bos en het derde bostype is een gesloten beukenbos. De beschrijvingen van deze bostypen zijn afkomstig van data van het Bosreservatenonderzoek (zie Broekmeyer, 1995).

Uit recent gepubliceerd veldonderzoek is nogmaals gebleken dat hoefdieren een sturende rol kunnen hebben in de bosontwikkeling (Kuiters en Slim, 2000). Aangezien het gebruikte simulatiemodel voor de bosontwikkeling rekening kan houden met de effecten van grote herbivoren (Jorritsma et al., 1997b), is er voor gekozen de effecten van ree en edelhert in de evaluatie mee te nemen.

1.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is tweeledig. Het eerste doel is een instrument te ontwikkelen dat de ecologische en economische consequenties van beheersingrepen in bossen kan evalueren voor periodes van enkele decennia tot een eeuw. De ecologische consequenties worden geëvalueerd aan de hand van bossamenstelling, bosstructuur en habitatgeschiktheid. De economische consequenties worden geëvalueerd door het berekenen van kosten en baten van de beheersingrepen en de waarde van de opstand. Voor het ontwikkelen van het instrument worden 3 bestaande modellen deels aangepast en op elkaar afgestemd. Het aldus ontwikkelde instrument heeft tot doel zowel de natuurfunctie als productiefunctie van een bos bij verschillende beheersstrategieën te evalueren.

Het tweede doel van dit onderzoek is om met behulp van dit instrument inzicht te krijgen in hoeverre beheersmaatregelen de potentiële dominante rol van beuk in het Nederlandse bos kunnen beperken. De gevolgen van deze beheersmaatregelen zullen worden geëvalueerd wat betreft de veranderingen in de natuurfunctie en de productiefunctie van een drietal bostypen. Deze zullen worden vergeleken met de veranderingen die optreden in een zich spontaan ontwikkelend bos.

1.3 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 staan de in het onderzoek gebruikte modellen kort beschreven en is aangegeven welke veranderingen er in aangebracht zijn ten behoeve van dit project. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de 3 bostypen, die in de scenariostudie zijn gebruikt. De verschillende beheersingrepen die aan het model zijn opgelegd, zijn ook in dit hoofdstuk verantwoord.

De resultaten van de scenariostudie staan gepresenteerd in hoofdstuk 4. Achtereenvolgens worden de resultaten besproken van de bosontwikkeling, in een enkel geval de verandering in natuurwaarde en voor alle scenario's wordt een financiële evaluatie uitgevoerd.

In hoofdstuk 5 wordt geschetst hoever de ontwikkeling van het evaluatie-instrument is gekomen en vervolgens wat uit de scenariostudie afgeleid kan worden met betrekking tot het probleem van de dominantie van beuk in het Nederlandse bos. De geteste beheersingrepen worden met elkaar vergeleken. We sluiten het hoofdstuk af met aanbevelingen tot verder onderzoek.

2 Beschrijving methode

2.1 Modelleren van bosontwikkeling

Het bosontwikkelingsmodel FORGRA

In deze studie is gebruik gemaakt van het simulatiemodel FORGRA, dat de verandering in samenstelling en structuur van het bos in de tijd beschrijft (Jorritsma et al., 1997a). FORGRA, het acroniem voor FORest GRAzing model, is ontwikkeld in het kader van een groot bosbegrazingsexperiment (Van Wieren et al., 1997) en kan de grootte van de effecten van vraat door herbivoren als ree en edelhert op de bosontwikkeling berekenen. Het model is ten behoeve van dit onderzoek aangepast om effecten van bepaalde vormen van omvormingsbeheer op de bosontwikkeling door te rekenen. In dit onderzoek wordt ook aandacht besteed aan de effecten van ree en edelhert, omdat verondersteld wordt dat in ieder geval het ree in al het Nederlandse bos aanwezig is en gebleken is dat herbivorie en belangrijke mate de bosontwikkeling stuurt (Kuiters en Slim, 2000).

De verandering in samenstelling en structuur van een bos, de bosontwikkeling, wordt gestuurd door concurrentie, facilitatie, opbouw van de zaadvoorraad en vestiging: als een dominante boom sterft verandert de licht-, vocht- en nutriëntenbeschikbaarheid (facilitatie), waardoor de in de bodem aanwezige zaden kunnen gaan kiemen en de aanwezige verjonging zich verder kan ontwikkelen. Soorten die zich in deze fase vestigen, bepalen over een langere tijd de successie. Zaadproductie, kieming en vestiging, groei en mortaliteit zijn de cruciale processen in dit geheel.

Het bosontwikkelingsmodel FORGRA beschrijft deze processen. In het model wordt bomen individueel gevolgd, vanaf zaailing tot aan de dood. Soort, leeftijd, hoogte, diameter en de biomassa's van blad, tak, stam en wortel karakteriseren de toestand van een individu. Veranderingen in de toestand zijn afhankelijk van een complex van factoren: lichthoeveelheid, vocht- en nutriëntenbeschikbaarheid, de aanwezigheid van andere individuen die concurreren om de beschikbaarheid van licht, nutriënten en vocht, de actuele toestand van het individu, de reactie van de soort op de abiotische factoren (autecologische eigenschappen), de aan- of afwezigheid van herbivoren. In FORGRA concurreren individuen met elkaar om licht en ruimte. Nutriënten en vocht worden verondersteld niet beperkend te zijn.

In het model staan de individuen in een ruimtelijke eenheid, de verjongingseenheid, gerangschikt. Een verjongingseenheid, hier verder plot genoemd, heeft een grootte van 400 m². In een simulatie wordt de uitgangssituatie van een bos beschreven door een verzameling van plots. De rangschikking van de individuen ten opzichte van elkaar in een plot wordt als ondergeschikt beschouwd, evenals de ligging van de plots ten opzichte van elkaar. De verandering in bossamenstelling kan op verschillende manieren worden gepresenteerd, bijvoorbeeld door de veranderingen in aantallen per hoogte-, diameter- of leeftijdsklasse, volumes per soort per diameterklasse of door veranderingen in het grondvlak van de aanwezige soorten. De modeluitkomsten

worden weergegeven als het gemiddelde van de plots en zijn omgerekend naar het oppervlak van 1 hectare. De duur van een simulatie is door de gebruiker op te geven en kan enkele honderden jaren zijn.

FORGRA onderscheidt zich van andere bosontwikkelingsmodellen door een uitgebreide beschrijving van de regeneratie (d.w.z. dat verjonging ontstaat uit zaad, kieming, groei en mortaliteit van kiemplanten); door een beschrijving van de groei van kruiden; door rekening te houden met seizoensfluctuaties (het model rekent met tijdstappen van een maand) en door een beschrijving van de dieetkeuze van grote herbivoren en van de door deze dieren geconsumeerde hoeveelheden zaailingen en kruiden.

Een meer gedetailleerde beschrijving van FORGRA is het vinden in Jorritsma et al. (1997a). De bovenstaande beschrijving is deels afkomstig uit deze referentie.

Modeleren van beheersingrepen

Ten behoeve van dit onderzoek, is het bosontwikkelingsmodel FORGRA uitgebreid met een procedure die bepaalde beheersingrepen nabootst. De beheersingrepen die in dit onderzoek zijn bestudeerd zijn doeldiameterdunning en de zogenaamde mozaïekmethode.

De procedure voor de doeldiameterdunning is eenvoudig: individuen van een bepaalde soort, met een diameter groter of gelijk aan een grenswaarde, worden gekapt. Zowel de boomsoort die wordt verwijderd als ook de grenswaarde voor verwijdering, de doeldiameter, kan door de gebruiker bij het begin van de simulatie worden opgegeven. Gedurende de hele simulatieperiode kunnen dunningen worden uitgevoerd. Het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende dunningen kan door de gebruiker bij het begin van de simulatie worden opgegeven en is gedurende de hele simulatieperiode constant. De dunningen worden uitgevoerd in het winterseizoen.

Bij de procedure voor de mozaïekmethode ligt de grootte van een open plek dat gemaakt wordt vast en bedraagt 400 m². Deze omvang komt overeen met de grootte van de plots waarmee het FORGRA rekent. Er zijn geen criteria geformuleerd op basis waarvan een plot wordt gekapt. In feite wordt random een plot aangewezen. Per keer wordt 20% van het areaal gekapt. Het interval tussen twee opeenvolgende kaprondes kan door de gebruiker bij het begin van de simulatie worden opgegeven. Na 3 kaprondes worden geen verdere ingrepen gepleegd. Bij kap worden alle in een plot aanwezige individuen verwijderd. De eveneens in een plot aanwezige zaailingen kleiner dan 1 meter en de aanwezige kruiden worden verondersteld niet te worden beschadigd tijdens de kap. Het beheer wordt uitgevoerd in de winter. De door de kap vrijkomende ruimte kan in de simulatie meteen in het voorjaar erop benut door de zaailingen en de kruiden.

Modeleren van herbivorie

Herbivoren hebben een grote invloed op de samenstelling van de verjonging en daarmee op de samenstelling van het bos op langere termijn. In recent gepubliceerd veldonderzoek is dat nog eens duidelijk naar voren gekomen (Kuiters en Slim, 2000).

In FORGRA is een module opgenomen, die de dieetkeuze van een herbivorensoort berekent gegeven een voedselaanbod. Bij een zelfde aanbod kiezen de verschillende herbivorensoorten een ander dieet. Dit komt omdat de hoeveelheid energie die uit een hap van een bepaalde plant gehaald kan worden niet voor alle herbivorensoorten hetzelfde is (Van Wieren, 1996). Ook verschilt de energie-inhoud gedurende het seizoen: een winterhap van lijsterbes (*Sorbus aucuparia*) heeft voor edelhert een verteerbaarheid van 50%; in het vroege voorjaar, wanneer een hap malse blaadjes bevat, is de verteerbaarheid 75%. Meer getallen over de verteerbaarheid van de belangrijkste plantensoorten voor grote herbivoren zijn te vinden in Van Wieren (1996).

In het model voor dieetkeuze is de verteerbaarheid een zeer belangrijke sturende factor. Uit veldonderzoek (Van Wieren, 1996) blijkt dat het dier probeert om in zo kort mogelijke tijd zoveel mogelijk energie te verzamelen. In het model komt dit tot uitdrukking door te stellen dat 70% van het dieet bestaat uit planten met de hoogste energiewaarde.

De energiewaarde alléén kan de dieetkeuze niet goed genoeg beschrijven. Ook andere kwaliteitseigenschappen van planten, zoals bijvoorbeeld secundaire plantenstoffen, spelen een rol. Maar natuurlijk ook het aanbod van de verschillende plantensoorten zijn bepalend: een bepaalde voedselplant kan nog zo goed zijn van kwaliteit, maar als het nauwelijks aanwezig is, zal het weinig in het dieet voorkomen. Dit is ook het geval wanneer (te) veel dieren diezelfde goede voedselplant willen benutten. Bij schaarste aan goede voedselplanten wordt een slechter dieet samengesteld. Dit beïnvloedt vervolgens de hoeveelheid voedsel die opgenomen moet worden door de herbivoren: bij een dieet dat minder energie bevat per kg moeten grotere hoeveelheden voedsel worden geconsumeerd om aan de energiebehoefte te voldoen. Of wanneer er niet aan de energiebehoefte kan worden voldaan, verliest het dier lichaamsgewicht. Er is een dus terugkoppeling tussen het voedselaanbod, de dieetkeuze, de totale voedselopname door de herbivoren en het lichaamsgewicht van de herbivoren. Met al deze aspecten houdt FORGRA rekening.

Gedurende de simulatie is het aantal dieren constant. In het model sterven de dieren massaal als door energietekorten het gewicht van de individuen beneden een minimumwaarde komt. Als dit gebeurt, is de conclusie dat de populatie niet zonder hulp van buitenaf in die omvang in stand kan worden gehouden. Bij de scenario's is ervoor gekozen om de dichtheid gedurende de gehele simulatieperiode constant te houden, ook in geval van 'sterfte' van de populatie. De populatie wordt dan als het ware bijgevoerd, zodat de dieren niet sterven.

2.2 Natuurdoelrealisatie

Bepaling habitatgeschiktheid

Veranderingen in de samenstelling en structuur van een bos, beïnvloeden de kansen van voorkomen van plant- en diersoorten die van het bos afhankelijk zijn. Het vóórkomen van bepaalde plant- en diersoorten zegt iets over de natuurwaarde van

het bos. Door Hekhuis et al. (1994) is een methode ontwikkeld, die het mogelijk maakt om op basis van terreinkenmerken het bos te evalueren op natuurwaarde. Deze methode is gebaseerd op drie criteria:

- natuurlijkheid (de mate van zelfregulatie en ongestoordheid);
- kenmerkendheid (de mate van aansluiting bij de ter plekke thuishorende inheemse bosgemeenschap);
- biodiversiteit (soortenrijkdom).

De 3 criteria zijn vervolgens vertaald in afgeleide criteria. Voor het criterium biodiversiteit bijvoorbeeld gebruiken Hekhuis et al. (1994) het afgeleide criterium habitatgeschiktheid. In het totaal wordt voor 12 verschillende diergroepen de habitatgeschiktheid bepaald aan de hand van terreinkenmerken, die eenvoudig te bepalen zijn. De auteurs hebben daartoe de relatie tussen het terreinkenmerken van het bos en voorkomen van soorten weergegeven.

In de voorliggende studie wordt van de methode Hekhuis et al. (1994), alleen het criterium biodiversiteit geëvalueerd. De criteria natuurlijkheid en kenmerkendheid waren niet altijd te bepalen of waren niet zinnig voor het kleine oppervlak bos waarvoor FORGRA de simulaties uitvoert. De evaluatie is in dit onderzoek uitgevoerd op basis van uitvoergegevens van FORGRA en die zijn beperkter dan de terreinkenmerken waarover Hekhuis et al. spreken.

Het criterium biodiversiteit wordt hier geëvalueerd door de verandering van de habitatgeschiktheid voor een aantal afzonderlijke soortgroepen aan te geven. Deze geschiktheid is kwalitatief beschreven. Er wordt in dit onderzoek geen 'totaalscore' van de natuurwaarde gegeven. Daarom wordt in het vervolg gesproken van (ex ante) evaluatie van de natuurdoelrealisatie in plaats van natuurwaarde.

Soortgroepen

De methode van Hekhuis evalueert de natuurwaarde op basis van de habitateisen van 5 verschillende groepen vogelsoorten, 3 insectengroepen, 3 groepen van kleine zoogdieren en 1 reptielengroep. Hekhuis et al. hebben aangegeven welke terreinkenmerken de mate van geschiktheid van het bos bepalen voor elk van deze soortgroepen. Deze geschiktheid is bepaald aan de hand van het voorkomen van een (klein) aantal indicatorsoorten per soortgroep zoals waargenomen onder uiteenlopende omstandigheden.

In deze studie zijn alleen de vogelgroepen gebruikt om de effecten van beheersingrepen op de natuurdoelrealisatie te evalueren. Dit is gedaan door na te gaan hoe de habitatgeschiktheid in de loop van de tijd verandert. De 5 vogelgroepen die geëvalueerd worden, zijn:

- Boompiepergroep
- Tuinfluitergroep
- Grote-bonte-spechtgroep
- Boomklevergroep
- Zwarte-meesgroep

Boompiepergroep

De Boompiepergroep omvat vier soorten, waarvan de boompieper, de boomleeuwerik en de geelgors indicatorsoorten zijn (de andere soort is de nachtzwaluw). De soorten van de Boompiepergroep zijn gebonden aan de pioniersfase, grote open plekken (open fase) en open bos. Een hoge bedekking van de struiklaag is ongunstig.

De habitatgeschiktheid is bepaald aan de hand van het voorkomen van de hoeveelheid open fase, open bos en een struiklaag.

Tuinfluitergroep

De Tuinfluitergroep omvat 16 soorten, waarvan de tuinfluiter, de heggemus en de fitis indicatorsoorten zijn. Het voorkomen van de soorten van de Tuinfluitergroep hangt samen met de aanwezigheid van een struiklaag en jonge ontwikkelingsstadia van het bos.

Grote-bonte-spechtgroep

De Grote-bonte-spechtgroep omvat 11 soorten. De grote bonte specht, de boomkruiper en de vink zijn indicatorsoorten van deze groep. De soorten van de Grote-bonte-spechtgroep komen met name voor in goed ontwikkelde bossen. Ze zijn gebaat bij een goed ontwikkelde struiklaag en het voorkomen van dikke bomen. Loofbomen hebben de voorkeur boven naaldbomen.

Boomklevergroep

De Boomklevergroep omvat 13 soorten. De indicatorsoorten zijn de boomklever, de kleine bonte specht, de pimpelmees en de glanskop. De soorten van de Boomklevergroep hebben een sterke voorkeur voor oude (loof)bossen met dikke bomen en dood hout. Het bos hoeft niet gesloten te zijn; sommige soorten hebben een voorkeur voor wijd uit elkaar staande bomen. Een goed ontwikkelde struiklaag of tweede boomlaag van loofhout is gunstig voor verschillende soorten en bepaalt of soorten voorkomen in naaldbossen.

Zwarte-meesgroep

De Zwarte-meesgroep omvat zeven soorten, waarvan de zwarte mees, de kuifmees en het goudhaantje indicatorsoorten zijn. De soorten van de Zwarte-meesgroep zijn sterk gebonden aan naaldbossen, maar komen daarnaast ook beperkt voor in loofbossen. De voorkeur gaat uit naar bos in de boomfase, maar ook in de stakenfase en dichte fase kunnen relatief redelijk hoge dichtheden voorkomen.

Terreinkenmerken

De terreinkenmerken die gebruikt worden voor het bepalen van de habitatgeschiktheid van soortgroepen zijn voor een deel direct afkomstig van FORGRA. Voorbeelden hiervan zijn het grondvlak per boomsoort of het aantal bomen van bepaalde diameterklassen. Voor andere terreinkenmerken bleek het echter nodig om een vertaalslag te maken tussen de output van FORGRA en de terreinkenmerken die voor de verschillende soortgroepen relevant zijn. Dit bleek van belang bij het bepalen van de hoeveelheid dood hout in het bos en bij het voorkomen van vegetatielagen respectievelijk bosontwikkelingsfasen.

Dood hout

Voor de bepalen van de habitatgeschiktheid van de boomklevergroep is het van belang te weten hoeveel dood hout er in het bos aanwezig is. FORGRA levert als uitkomst het aantal bomen (per soort per diameterklasse) dat in een periode in doodgegaan. De snelheid van vertering van dood hout zit niet in het model. Op basis van hoeveelheden vers dood hout en de verteringsduur van dood hout voor verschillende boomsoorten en diameters (Van Hees et al., 1999) is bepaald hoeveel dood hout (stammen per ha) er op een bepaald moment aanwezig zijn (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Verteringsduur (in jaar) van verschillende boomsoorten bij verschillende diameters (naar: van Hees et al. 1999).

Diameter	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	50-55	55-60	60-65	65-70	>70
berk	30	35	40	45	50	50	50	50	50	50
beuk	22	23	25	27	29	31	33	35	35	35
grove den	35	50	60	60	60	60	60	60	60	60
eik	45	55	60	75	90	90	90	90	90	90

Vegetatielagen/bosontwikkelingsfasen

De structuur van het bos, dus het voorkomen van verschillende vegetatielagen, is van groot belang voor het bepalen van de habitatgeschiktheid van verschillende soortgroepen. FORGRA levert aantallen aanwezige bomen per soort per hoogteklaas in plots van 20 bij 20 m. Op basis hiervan kan het voorkomen van vegetatielagen worden bepaald. Bijvoorbeeld, het aandeel bos in de boomfase kan worden bepaald door te kijken in welke plots bomen met een bepaalde grootte (b.v. groter dan 20 m) voorkomen.

Een probleem bij het bepalen van het voorkomen van verschillende vegetatielagen is de dichtheid van bomen of struiken waarbij nog kan worden gesproken van bijvoorbeeld boomfase of aanwezigheid van een struiklaag. Als referentie voor een standaarddichtheid (aantal individuen per hoogteklaas) is uitgegaan van 'normale' stamtallen volgens de opbrengsttabellen van Jansen et al. (1996). Deze dichtheid is te vergelijken met de volkomenheidsgraad die in de bosbouw wordt gebruikt, al gaat het hier om aantallen per hoogteklaas terwijl het bij de volkomenheidsgraad om grondvlak gaat. In tabel 2.2 zijn de aantallen per hoogteklaas weergegeven. Op basis van deze aantallen kan de dichtheid worden berekend. Zo heeft een plot met 200 boompjes van klasse 4 een dichtheid van 100%. Een plot met 20 boompjes van klasse 5 heeft een dichtheid van 25% (= 20/80). En een plot met 10 boompjes in klasse 6 en 10 boompjes in klasse 7 heeft een dichtheid van 75% (= 10/40 + 10/20). Het voorkomen van de vegetatielaag en kroonlaag kan nu worden bepaald door na te gaan of de bomen in deze laag in een bepaalde dichtheid voorkomen.

Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van het resultaat voor de gekozen dichtheid, is steeds gewerkt met een hoge en een lage dichtheid als grens. Zo kan het aandeel bos met een struiklaag worden bepaald door na te gaan hoeveel plots in de hoogteklaas 0,5-5 m een dichtheid van meer dan 5% respectievelijk 20% hebben.

Tabel 2.2. Afgerond aantal bomen per hoogteklaas volgens de opbrengsttabellen van Jansen et al (1996) en per plot van 20 bij 20 m.

Klasse	CL3	CL4	CL5	CL6	CL7	CL8	CL9	CL10	CL11	CL12	CL13	CL14
Klassengrenzen (in m)	0,5-2,5	2,5-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	>50
aantal per ha	5000	5000	2000	1000	500	200	150	100	80	80	80	80
aantal per plot	200	200	80	40	20	8	6	4	3,2	3,2	3,2	3,2

Open fase: het aandeel open fase is bepaald door na te gaan welke plots een dichtheid hebben van < 50% resp. < 25% in de hoogteklassen groter dan 0,5 m. Bij wijze van controle is nagegaan welke plots een kroonbedekking van < 50% resp. < 25% in de hoogteklassen groter dan 0,5 m hebben. Dit leidde tot vergelijkbare resultaten.

Open bos: het aandeel open bos is bepaald door na te gaan welke plots een dichtheid hebben van < 60% resp. < 40% in de hoogteklassen groter dan 10 m.

Struiklaag: het voorkomen van een struiklaag is bepaald door na te gaan welke plots een dichtheid hebben van > 5% resp. > 20% in de hoogteklaas van 0,5-5 m. Dit betekent de aanname dat een plot een struiklaag heeft bij 10 resp. 40 boompjes of struiken per plot van 400 m².

Stakenfase: het aandeel stakenfase is bepaald aan de hand het aantal plots van FORGRA met minimaal twee bomen in stakenfase (10 - 20 m) en geen bomen in boomfase (> 20 m) resp. het aandeel plots met minimaal 4 bomen in stakenfase en minder dan 2 bomen in boomfase.

Boomfase: het aandeel boomfase is bepaald aan de hand het aantal plots van FORGRA met minimaal één boom resp. minimaal twee bomen groter dan 20 m.

2.3 Financiële consequenties

Naast gevolgen voor de bosontwikkeling en natuurdoelrealisatie heeft beheer (ook nietsdoen-beheer) bepaalde financiële consequenties voor het bosbedrijf. Deze financiële consequenties zijn voor beheerders medebepalend voor de keuzes die gemaakt worden. In deze studie zijn daarom kengetallen berekend die de kosten en opbrengsten van het beheer inzichtelijk maken.

De kengetallen

De belangrijkste kengetallen zijn:

- de netto contante waarde: de som van de contante waarden¹ van de kosten en opbrengsten van het beheerscenario;
- de annuïteit: het jaarlijkse resultaat van een beheerscenario (een vast bedrag), berekend op basis van alle kosten en opbrengsten die in dat scenario gemaakt of

¹ De contante waarde is de waarde aan het begin van de omlooptijd van een bedrag dat in jaar X wordt ontvangen of uitgegeven gecorrigeerd voor de geldende rente.

- verkregen worden, rekening houdend met de geldende rente [het is het jaarlijkse equivalent van de netto contante waarde];
- de interne rentevoet: de rentevoet waarbij de kosten en de opbrengsten van een beheerscenario gelijk zijn of eigenlijk waarin de gediscoteerde opbrengsten gelijk zijn aan de gediscoteerde opbrengsten.

Voor het berekenen van de financiële consequenties is gebruik gemaakt van het programma KD-fire (zie Raffe en Wieman, 1999; Raffe et al., 2000). In dit programma zijn eerst de jaarlijkse kosten en opbrengsten vastgelegd. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen vaste en variabele kosten en opbrengsten.

Vaste kosten en opbrengsten

De vaste kosten en opbrengsten zijn de kosten en opbrengsten die gemaakt of verkregen worden ten behoeve van het bos, maar die niet wezenlijk verschillend zijn voor de onderscheiden beheerscenario's. Het gaat met name om overheadposten. Voor een vergelijk tussen de beheerscenario's zijn ze niet strikt noodzakelijk. Om tot realistische bedragen per ha te komen zijn ze echter toch meegenomen. In de scenariostudie is gewerkt met jaarlijkse vaste kosten van f 203,- per ha en met jaarlijkse vaste opbrengsten van f 149,- per ha.

De opbouw van de vaste kosten en opbrengsten is weergegeven in tabel 2.3. De bedragen in de kolommen 3 en 4 zijn gebaseerd op de Bedrijfsuitkomstenstatistieken voor bedrijven groter dan 50 ha over 1997 en 1998 van het LEI (Berger et al., 1999; Berger et al., 2000). In kolom 5 staan de bedragen genoemd die bij het bepalen van de consequenties zijn gebruikt. Deze bedragen zijn in de meeste gevallen de afgeronde gemiddelden van de bedragen uit de kolommen 3 en 4. Er zijn een aantal uitzondering, namelijk:

- Voor toezicht is 50% van het gemiddelde van de bedragen uit de kolommen 3 en 4 genomen. De overige 50% zijn kosten voor toezicht op werkzaamheden. De kosten voor toezicht op werkzaamheden zijn bij de berekening toegerekend aan de werkzaamheden. Dit is gedaan door de kosten voor de beheermaatregelen met 20% te verhogen (Staatsbosbeheer, 1998). De keuze om 50% als kosten voor toezicht op werkzaamheden te nemen, is gebaseerd op gegevens van een grote terreinbeheerder.
- Voor Beheer en leiding is het gemiddelde van 90 en 73 gulden genomen minus de kosten voor de houtverkoop. Voor de kosten voor houtverkoop is f 37,50 gerekend (5% van de houtopbrengsten bij verkoop van hout op stam). Bij de scenarioberekeningen zijn de opbrengsten uit hout gecorrigeerd voor de kosten van houtverkoop door de opbrengsten met 5% te verlagen.
- Voor de kosten van recreatieve voorzieningen is het bedrag uit 1997 genomen. Het bedrag uit 1998 was door bepaalde subsidies in de regio Centrum uitzonderlijk hoog.
- De bedragen voor de basis- en pluspakketten komen uit de Regeling Natuurbeheer (Ministerie LNV, 2000).

Tabel 2.3. Vaste kosten en opbrengsten. Kolom 3: kosten/opbrengsten bedrijven > 50 ha (1997 - bron: LEI 1998); kolom 4: kosten/opbrengsten bedrijven > 50 ha (1998 - bron: LEI 1999); kolom 5: de bij de berekeningen gehanteerde bedragen.

Kosten		1997	1998	Gebruikt
Toezicht	toezicht op zowel recreatie en jacht (en voor wat betreft de LEI-cijfers ook op het uitvoeren van werkzaamheden)	50	56	26,50
Beheer en leiding	Rentmeesterswerkzaamheden, zoals het indienen van subsidieaanvragen en voor wat betreft de LEI-cijfers ook de verkoop van hout	90	73	44,50
Eigenaarslasten	(niet goed beschreven) beheersplan, grondlasten	54	51	53
Overig overhead	Contributies, abonnementen, WA-verzekering, bosbedrijfsgebouwen	43	48	46
Wegen	onderhoud aan wegen	19	29	24
Recreatieve voorzieningen	1998 gaf extreem hoge kosten in de regio centrum	9	75	9
				203
Opbrengsten				
Subsidie	Basispakket bos	-	-	100
	toeslag openstelling	-	-	20
Jachthuur	inkomsten uit de verhuur van jachtrechten	28	30	29
				149

Variabele kosten en opbrengsten

De variabele kosten en opbrengsten hangen samen met het beheer dat in het bos wordt uitgevoerd. De variabele kosten en opbrengsten die in de berekeningen zijn meegenomen, zijn:

- houtopbrengsten uit de verkoop van hout op stam;
- kosten voor blesen.

Daarnaast is de waardeverandering van de houtvoorraad berekend.

Houtopbrengsten

De houtopbrengsten zijn berekend door het houtvolume (m³) dat in een bepaald jaar wordt geoogst (uitkomsten van FORGRA) te vermenigvuldigen met de prijs per m³. In deze studie zijn de prijzen gehanteerd die Wieman heeft gebruikt om de kosten en opbrengsten van kleinschalig bosbeheer en van omvorming naar kleinschalig gestructureerd bos te berekenen (Wieman & Hekhuis, 1996; Wieman, 1999). Deze prijzen zijn afhankelijk van de boomsoort en de diameterklasse. In Aanhangel 3 staan alle houtprijzen genoemd. Opvallend aan deze prijzen is dat dik loofhout (bijv. > 40 cm) veel geld oplevert. De prijs van inlandse eik dikker dan 55 cm is f 160,- per m³. Op dit moment krijgen bouseigenaren nog niet zoveel geld voor het dikkere inlandse loofhout. In het begin van de omloop zal daarom de verkoop van dik loofhout een overschatting geven van de opbrengsten. In een eventuele vervolgstudie zou hier rekening mee moeten worden gehouden. Van de houtopbrengsten zijn de kosten voor houtverkoop afgetrokken. Deze kosten bedragen 5% van de opbrengsten van het hout.

Bleskosten

De bleskosten zijn berekend met behulp van de gegevens uit het normenboek van Staatsbosbeheer (1998). Door middel van extrapolatie is gekeken hoeveel tijd een

arbeider nodig heeft om in 1 ha het aantal te vellen bomen te vinden, te merken en te meten met een elektronische boomklem. Deze tijd is vermenigvuldigd met het uurtarief van een arbeider (f 51,65) en de boomklem (f 9,00). Deze bleskosten zijn vervolgens met de overheadkosten (o.a. voor toezicht - 20% - bron Staatsbosbeheer 1998) verhoogd.

Waardeverandering van de staande houtvoorraad

Aan het einde van de scenariolooptijd (100 jaar) heeft de staande opstand een andere waarde dan aan het begin van de looptijd. Deze waardeverandering kan ook worden gezien als een financieel resultaat van het beheerscenario. De waarde van de staande houtvoorraad is berekend door het volume te vermenigvuldigen met de houtprijs (zie ook hiervoor bij houtopbrengsten). De waardeverandering is berekend door de waarde aan het begin van de omlooptijd af te trekken van de waarde aan het eind van de omlooptijd. Omdat de waardeverandering pas aan het einde van de omlooptijd wordt 'gehaald' is bij scenario's waarin met rente wordt gerekend, de contante waarde van de waardeverandering minder groot dan als er zonder rente wordt gerekend.

Niet meegenomen kosten en opbrengsten

Niet alle kosten van een bosbedrijf zijn bij de berekeningen van de consequenties meegenomen. Van de kosten voor bosbeheer zijn uiteraard alleen die kosten gebruikt die samenhangen met maatregelen die bij een bepaald scenario zijn uitgevoerd. Hetzelfde geldt voor de opbrengsten. Ook niet alle overheadkosten en -opbrengsten zijn bij de berekeningen meegenomen. Van de kosten en opbrengsten die het LEI onderscheidt, zijn o.a. de kosten voor waterlopen en de subsidies anders dan de subsidies in het kader van de regeling Natuurbeheer buiten beschouwing gelaten. Tot slot zijn ook de 'investeringskosten' niet meegenomen. Dit zijn de kosten die gemaakt moeten worden om bos aan te schaffen. Wel is gekeken naar de waardeverandering van de staande houtvoorraad.

Rentepercentages

Er is in deze studie met twee rentepercentages 0% en 3% gerekend. Het 3%-scenario is het meest realistische. Rekening houden met rente is van groot belang om een juist beeld te krijgen van de kosten en opbrengsten in de tijd (zie voor meer informatie hierover: Filius, 1986). In deze studie is gerekend met de effectieve rente. Dit is de rente die 'betaald' moet worden voor investeringen (kosten) en het rendement dat gehaald kan worden over alternatief belegd geld (opbrengsten) gecorrigeerd voor de inflatie. Het 0%-scenario is vooral gebruikt om de oorzaken van verschillen in de resultaten bij het 3%-scenario te verklaren.

3 Scenario's

3.1 Verantwoording en beschrijving van de gebruikte bostypen

Veertig procent van het bos op de hogere zandgronden in Nederland ligt op zure, leemarme stuifzanden en dekzanden, waar de potentieel natuurlijke vegetatie (PNV) een Berken-Zomereikenbos is. Twintig procent van het bos op de hogere zandgronden in Nederland ligt op gestuwd preglaciaal zand en lemige dekzanden. Op deze relatief rijke zandgronden is het Wintereiken-Beukenbos de potentieel natuurlijke vegetatie. In het kader van het verbeukingsonderzoek zijn de bossen op de relatief rijke holtpodzolgronden juist van belang, omdat de beuk hier een dominante soort kan worden. Het is de verwachting dat de bossen op deze gronden zich bij een beheer van nietsdoen sneller zullen ontwikkelen in de richting van een beukenbos.

Slechts 5% van het totale areaal op holtpodzolgronden wordt ingenomen door de PNV Wintereiken-Beukenbos. Grote gedeelten van de bossen op holtpodzolgronden zijn in het verleden door de mens beïnvloed door het planten van grove den of het exploiteren van eik (hakhout). Door dit beheer is veel van dit bosareaal nu in een pioniersfase, die gekarakteriseerd wordt door de aanwezigheid van grove den, ruwe berk, wilde lijsterbes en zomereik. Volgens Fanta (1982), die op deze zandgronden 3 successiestadia onderscheidt, zal het bos zich na deze fase met pioniersoorten ontwikkelen naar een bos met beuk en wintereik. Na verloop van tijd zal dit wintereiken-beukenbos in verval raken en kan er een boomloze fase ontstaan.

In deze studie zijn 3 voorbeeldbossen gebruikt, die de karakteristieke fasen in de successie van bos op holtpodzolgronden vertegenwoordigen. Er is een type onderscheiden *Grove den*, dat model staat voor de fase waarin pioniersoorten het karakter bepalen. Er is een type *Beuk* gebruikt, een beukenbos met een klein aandeel wintereik, dat als voorbeeld dient voor de latere fase in de successie. Ergens tussen het pionierbos en de PNV is, is het meest karakteristieke stadium in de successie te onderscheiden: bossen die gedomineerd worden door grove den, zomereik en beuk. Het bos *Gemengd bos* is hier een representant van.

Voor de beschrijving van de uitgangssituatie van de bossen die met het model FORGRA worden doorgerekend, is gebruik gemaakt van gegevens die zijn verzameld in het kader van het bosreservatenonderzoek (Broekmeyer, 1995). De bostypen *Grove den* en *Gemengd bos* zijn gebaseerd op opnamen uit 1988 van het bosreservaat Galgenberg. Het bostype *Beuk* is gebaseerd op opnamen uit 1988 van het bosreservaat Pijpebrandje. Een korte geschiedenis van de reservaten alsmede de uitgangssituatie van de in deze studie gebruikte bostypen zullen hieronder kort worden weergegeven.

Het bosreservaat Galgenberg is gelegen op de Utrechtse Heuvelrug in de gemeente Amerongen en Rhenen. Het bos is 43 ha groot en karakteristiek voor een Droog

Wintereiken-Beukenbos op gestuwd preglaciaal in Midden-Nederland. Het betreft een negentiende-eeuwse heidebebossing, waarin restanten voorkomen van oud bos van voor 1800. Het reservaat is opgebouwd uit een aantal verschillende bostypen: een sinds 1894 spontaan gevormd berkenbos, waarin restanten voorkomen van wintereikenstrubben van voor 1800; een uit 1894 stammend grove-dennenbos; een voormalige stormvlakte ontstaan na de stormen van 1972 en 1973; en een gedeelte van een tweede generatie met jonge naaldbomen van 20-30 jaar oud. Als een van de eersten is Galgenberg in 1983 aangewezen als bosreservaat (Clerkx et al., 1996).

Het bosreservaat Pijpebrandje ligt in de boswachterij Speulder- en Sprielderbos bij Garderen. Het reservaat is 36 ha groot en is in 1985 aangewezen als vertegenwoordiger van het Droog Wintereiken-Beukenbos. Het grootste gedeelte van het reservaat (28 ha) is een goed gesloten beukenbos. Daarnaast komen er cultuuropstanden voor van Japanse lariks, beuk, grove den, douglas en Amerikaanse eik.

Van Pijpebrandje is bekend dat het gebied al in de Middeleeuwen een bos was. Het bos is als malebos eeuwenlange, intensief gebruikt geweest. In de negentiende eeuw werd het bos als eiken- en beukenhakhout geëxploiteerd en werden delen van het bos omgevormd tot grove den. Na de beëindiging van de hakhoutcultuur werden de eiken langzaam verdrongen door beuk (Clerkx et al., 2000). Vanaf ongeveer 1970 wordt het bos niet meer beheerd. De laatste maatregelen in het bos bestonden uit het verwijderen van exoten als Amerikaanse vogelkers en het vellen van een aantal beuken, die men ter plaatste heeft laten liggen (Knoppersen, 1997).

Het grootste deel van het reservaat bestaat uit een beukenboombos die overwegend zijn aangelegd in 1830. Er komen nog oudere exemplaren voor die stammen uit 1780. Plaatselijk komen er enkele oude en onderdrukte wintereiken voor. De oude beuken en eiken lijken hun langste tijd gehad te hebben en heel langzaam raakt het bos in verval. De kruidlaag is in het reservaat slecht ontwikkeld. In lage bedekkingen is bochtige smele en blauwe bosbes aanwezig en op enkele plekken komt adelaarsvaren voor, een soort kenmerkend voor oude bossen.

Grove dennenbos

De beschrijving van het bostype *Grove dennenbos* is gebaseerd op vegetatieopnamen, die gemaakt zijn in het bosreservaat Galgenberg in de boswachterij Amerongse Berg (Szabo et al., 1996). Het grove dennenbos in dit reservaat is in 1894 aangelegd op een heide, waar verspreid enkele eikenstrubben voorkwamen. Een klein gedeelte van de grove dennen begint af te streven of is reeds gestorven. Zoals in veel oudere grove dennenbossen op leemhoudende dekzanden komen spontaan gevestigde loofboomsoorten voor zoals berk, zomereik, Amerikaanse eik en beuk. In tabel x.x staan enkele initiële gegevens van de belangrijkste boomsoorten. De kruidlaag bestaat naast diverse mossoorten, uit hoofdzakelijk bochtige smele en blauwe bosbes.

Gemengd bos

De beschrijving van het bos *Gemengd bos* is gebaseerd op het meest natuurlijke deel van het bosreservaat Galgenberg in de boswachterij Amerongse Berg (Szabo et al., 1996). Het bos is ontstaan na een mislukte aanplant in 1894 van grove den op heide.

De ruwe berk heeft zich hier toen spontaan gevestigd en is de belangrijkste soort. Naast ruwe berk komen ook de oudere grove dennen voor en restanten van wintereikenstrubben van voor 1800. Het bosbeeld wordt gekenmerkt door een mozaïekpatroon waarin loof- en naaldbomen in verschillende mengingen voorkomen. In dit bos is het aandeel struiken zeer beperkt. In tabel 3.1 staan enkele initiële gegevens van de belangrijkste boomsoorten. De kruidlaag wordt gedomineerd door bochtige smele, met plaatselijk blauwe bosbes.

Beuk

Het bostype *Beuk* is gebaseerd op opnamen van het bosreservaat Pijpebrandje, boswachterij Speulder- en Sprielderbos (Koop en Boddez, 1991), een gebied waarvan bekend is dat het al meer dan 1200 jaar bos is. Voor de in dit onderzoek gebruikte beschrijving van het bostype *Beuk* gaat het om een goed gesloten beukenbos, vrijwel zonder ondergroei. Plaatselijk komen enkele en oude onderdrukte wintereiken voor, die samen ongeveer 3% van het grondvlak uitmaken (zie tabel 3.2). De kruidlaag is slecht ontwikkeld en bestaat hoofdzakelijk uit bochtige smele en blauwe bosbes.

Tabel 3.1. Overzicht van enkele initiële gegevens van boomsoorten in drie verschillende bostypen. G.v. is grondvlak (m² per ha); de leeftijd is gegeven van de oudste bomen en is uitgedrukt in jaren.

	Grove den		Gemengd bos		Beukenbos	
	g.v.	leeftijd	g.v.	Leeftijd	g.v.	Leeftijd
Grove den	20.3	94	3.7	100	-	-
Berk	1.0	40	11.6	80	-	-
Zomereik	1.2	45	5.0	46	-	-
Amerikaanse eik	0.05	20	-	-	-	-
Wintereik	-		3.6	42	0.9	160
Beuk	0.39	45	0.6	45	31.7	160
Totaal	23.0	n.v.t.	24.5	n.v.t.	32.6	n.v.t.

3.2 Overzicht beheersscenario's

Met betrekking tot het beheer zijn 4 verschillende opties toegepast: geen beheer, de mozaïekmethode, en twee doeldiameterdunningen van beuken. Het beheer van 'niets doen' behoeft verder geen toelichting. Bij de mozaïekmethode worden open plekken gemaakt ter grootte van de basisoppervlakten waarmee FORGRA werkt, te weten 400 m² (zie ook hoofdstuk 2). Welk van deze basisoppervlakten in aanmerking komt voor beheer, wordt in het model niet bepaald door criteria maar door het lot. Het aantal open plekken dat per dunningsronde gemaakt wordt ligt vast in het model en bedraagt 20 % van het oppervlak. De frequentie waarmee open plekken gemaakt worden kan door de gebruiker van het model worden opgegeven, evenals de tussenpozen tussen deze dunningen. In deze simulatiestudie is gekozen voor 3 maal een dunning, met tussenpozen van 15 jaar. Er wordt dus gedund in jaar 1, jaar 16 en jaar 31 van de simulatie.

Bij de doeldiameterdunningen zijn de criteria op basis waarvan beheerd wordt eenvoudig: individuen van een bepaalde soort, met een diameter groter of gelijk aan een grenswaarde, worden gekapt. In deze simulatiestudie is beuk de boomsoort die

wordt verwijderd. De grenswaarde voor verwijdering, de doeldiameter, wordt door de gebruiker bij het begin van de simulatie opgegeven en bedraagt in deze studie respectievelijk 30 cm en 15 cm. Gedurende de hele simulatieperiode kunnen dunningen worden uitgevoerd. Het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende dunningen is steeds 15 jaar geweest. De dunningen worden uitgevoerd in het winterseizoen.

Omdat grote herbivoren een duidelijke invloed hebben op de verjonging (o.a. Kuiters en Slim, 2000) is herbivorie in deze studie expliciet meegenomen. De 4 beheersingrepen zijn doorgerekend voor situaties met en zonder herbivoren. Bij aanwezigheid van herbivoren gaat het om lage aantallen, wat inhoudt een dichtheid van 3 reeën per 100 hectare respectievelijk 1 edelhert per 100 hectare. Met nadruk wordt vermeld dat het model niet rekent met een combinatie van de 2 herbivorensoorten.

De simulaties waarin herbivoren zijn uitgesloten, kunnen worden voorgesteld door een denkbeeldig raster geplaatst te zien om het gehele gebied en dus niet om bijvoorbeeld alleen de open plekken.

Tabel 3.2: Overzicht van de verschillende scenario's die in deze studie zijn uitgevoerd. In de tabel wordt aangegeven welke en analyses zijn uitgevoerd (zie hoofdstuk 4). += bosontwikkeling m.b.v. FORGRA; 0=natuurdoelrealisatie; *=kosten/doelrealisatie.

	Spontane ontwikkeling			Mozaïek-methode			Doeldiameter-dunning 30			Doeldiameter-dunning 15		
	+	0	*	+	0	*	+		*	+		*
Grove den geen	+	0	*	+	0	*	+		*	+		*
met ree	+	0	*	+	0	*	+		*	+		*
met hert	+	0	*	+	0	*	+		*	+		*
Gemengd bos geen	+		*	+		*	+		*	+		*
Met ree	+		*	+		*	+		*	+		*
Met hert	+		*	+		*	+		*	+		*
Beuk geen	+		*	+		*	+		*	+		*
Met ree	+		*	+		*	+		*	+		*
Met hert	+		*	+		*	+		*	+		*

4 Resultaten

4.1 Bosontwikkeling

Met behulp van het simulatiemodel FORGRA wordt de bosontwikkeling van 3 bostypen beschreven bij 4 verschillende beheersscenario's: spontane ontwikkeling, mozaïekmethode en doeldiameterdunning 30 en 15. In de scenario's wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van herbivoren. De 3 bostypen zijn: *Grove den*, *Gemengd bos* en *Beuk*, alledrie op holtpodzolgronden.

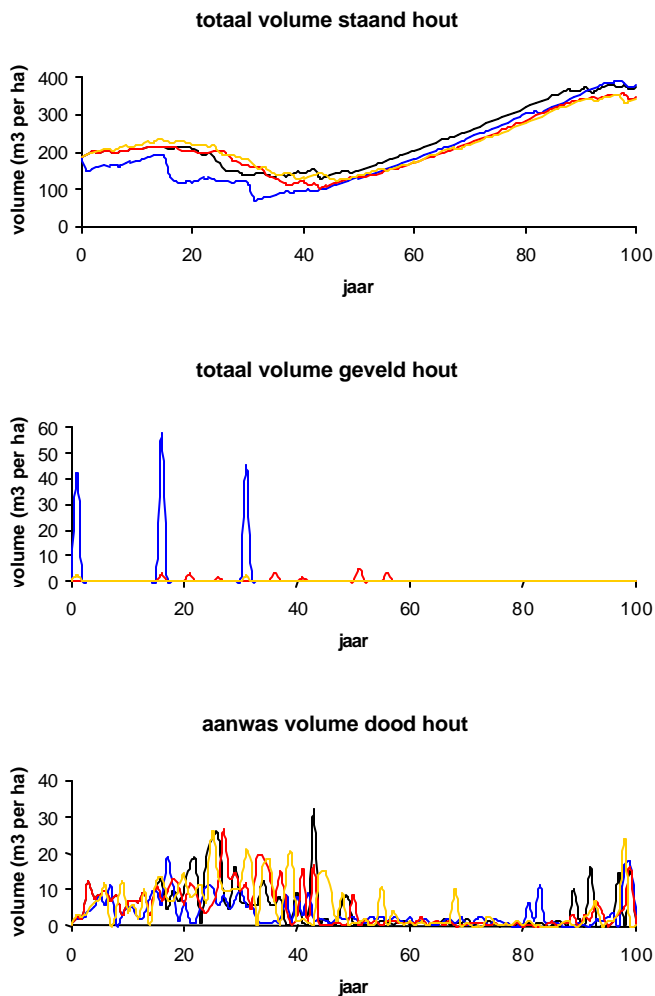
De invloed van de beheersingrepen op de bosontwikkeling kan worden geïllustreerd aan het verloop van een aantal variabelen. In de bespreking van de resultaten wordt eerst het verloop gepresenteerd van het totale volume staand hout, –indien relevant– het totale volume geogst hout en tenslotte de aanwas van het totale volume dood hout. Daarna zal per beheersingreep voor de meest belangrijke boomsoorten het verloop in zowel het grondvlak als in aantallen in de verjonging worden besproken en dat in relatie tot de aanwezigheid van grote herbivoren.

4.1.1 Bosontwikkeling in het type *Grove den*

Bij het begin van de simulatie bestaat het bos van het type *Grove den* uit 94 jaar oude grove dennen. Spontaan gevestigde individuen van zomereik, berk en beuk en een enkel exemplaar van Amerikaanse eik zijn tot in de boomlaag doorgedrongen. Wilde lijsterbes is de belangrijkste soort in de struiklaag, maar is met een dichtheid van ongeveer 160 exemplaren per ha niet erg talrijk. Blauwe bosbes is de enige soort in de kruidlaag en heeft een bedekking van 40%. In de literatuur (Fanta, 1982) worden de opeenvolgende fasen in ontwikkeling van dit bostype beschreven: grove den, berk, zomereik, beuk.

In figuur 4.1 is het gesimuleerde verloop van een drietal variabelen bij de 4 verschillende beheersmethoden weergegeven. De variabelen, het totale volume staand hout, het totale geogste volume hout en de aanwas van dood hout, geven een globaal beeld van de grootte van de ingrepen. Uit deze figuur blijkt dat in het type *Grove den* de mozaïekmethode het volumeverloop aanvankelijk het meest beïnvloedt: het volume blijft achter t.o.v. de andere beheersmethoden. In de eerste 30 jaar zijn bij deze methode de grootste hoeveelheden hout geogst. Bij de doeldiameterdunningen, waarbij in deze studie alleen beuk is verwijderd, is weinig hout geogst.

De jaarlijkse aanwas van dood hout vertoont een zelfde patroon voor alle 4 beheersmethoden. De waarde varieert van enkele m³ tot circa 25 m³ per jaar. Bij de mozaïekmethode, waarbij het meeste hout is geogst, ligt de waarde over het algemeen wat lager.



Figuur 4.1: Gesimuleerd verloop van het totaal staand volume hout (m^3 per ha), het totaal geveld volume hout (m^3 per ha) en de totale jaarlijkse aanwas van dood hout (m^3 per ha per jaar) in het bostype Grove den op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij de 4 beheersmethoden. Hoefdieren zijn afwezig in de gepresenteerde resultaten.

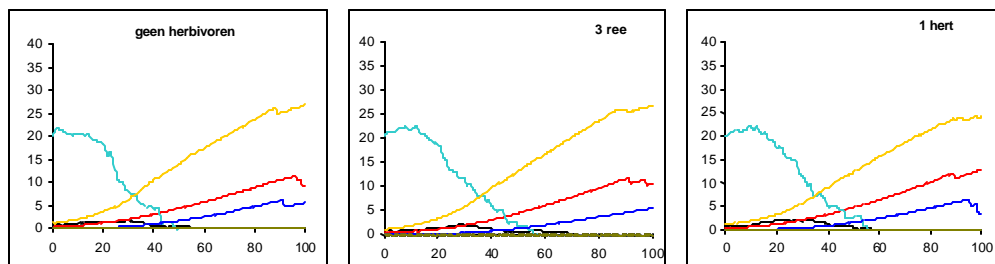
Legenda: spontane ontwikkeling (zwart); mozaïekmethode (blauw); doeldiameterdunning 30 (rood); doeldiameterdunning 15 (oranje).

Spontane bosontwikkeling

Ontwikkeling zonder herbivoren

In figuur 4.2 is het verloop in grondvlak van de belangrijkste boomsoorten in het type Grove den weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat de gesimuleerde spontane bosontwikkeling van het grove dennenbos verloopt richting Wintereiken-Beukenbos. De oudere grove dennen sterven in de loop van de beschouwde periode af en worden vervangen door zomereik, beuk en Amerikaanse eik. De verschillende boomvormende soorten in dit systeem verjongen zich goed. In de eerste jaren van de simulatie bestaat de verjonging vooral uit zomereik en berk en in mindere mate uit grove den; in een latere fase bestaat deze vooral uit zomereik, aangevuld met wat Amerikaanse eik en een beetje beuk. Beuk lijkt zich vooral in de tweede helft van de periode te verjongen. In de

Spontane ontwikkeling



Figuur 4.2: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m² per ha) in het bostype *Grove den* op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij een beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

bijlagen 1.1, 1.2 en 1.3 op pagina 73 e.v. wordt dit geïllustreerd voor respectievelijk beuk, zomereik en Amerikaanse eik. In deze figuren is het verloop weergegeven voor alle scenario's die gedaan zijn voor het bostype *Grove den*.

Ontwikkeling met herbivoren

Zoals in figuur 4.2 is te zien wordt bij een spontane bosontwikkeling het bosbeeld van het type *Grove den* nagenoeg niet beïnvloed door een lage dichtheden van herbivoren. Er zijn kleine verschillen aan te wijzen in het grondvlakverloop van zowel Amerikaanse eik als beuk. De bomen die de bosontwikkeling bepalen, zijn blijkaar de gehele simulatieperiode buiten het bereik van de herbivoren.

De samenstelling van de verjonging verandert wel in de loop van de tijd. Dit wordt geïllustreerd voor de verjonging van beuk, zomereik en Amerikaanse eik in bijlage 1.1 tot en met 1.3. Uit deze figuren kunnen we zien dat de aanwezigheid van herbivoren tot gevolg heeft dat in de tweede helft van de verjonging van genoemde soorten nagenoeg ontbreekt. Dit betekent dat de instandhouding van het bos in de periode na de 100 simulatiejaren in gevaar komt. Dit geldt onder de aanname dat er continue een lage dichtheid van herbivoren aanwezig is.

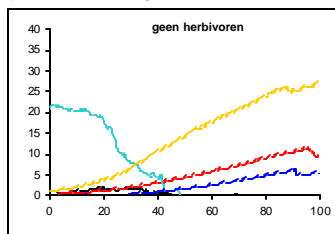
Mozaïekmethode

Ontwikkeling zonder herbivoren

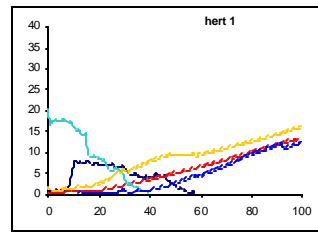
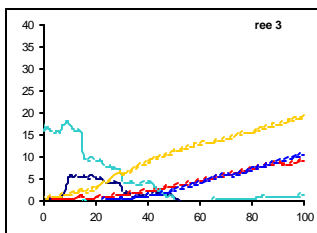
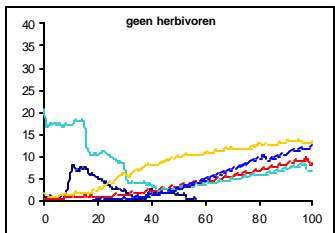
Het maken van open plekken in *Grove den* heeft een grote invloed op de bosontwikkeling. Zonder ingrepen ontwikkelt dit bos zich naar een zomereikenbos, met een behoorlijk aandeel Amerikaanse eik en beuk; met de ingreep zal het bos zich al snel ontwikkelen naar een gemengd bos (figuur 4.3).

Het maken van open plekken bevoordeelt lichtminnende soorten als berk en grove den. Het bosontwikkelingsmodel blijkt dit effect goed te beschrijven: berk reageert vrijwel direct op de beheersingreep. Wat later in de simulatie, als het bos zich sluit, verdwijnt de berk. In de boomlaag neemt grove den aanvankelijk af als gevolg van de ingrepen, waarbij in totaal bijna 130 m³ grove den geoogst is (zie tabel 4.1).

Spontane ontwikkeling



Mozaïekmethode



Figuur 4.3: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m² per ha) in het bostype Grove den op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario mozaïekmethode t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Ondanks het verminderde stamtal, kan grove den zich goed verjongen. Er ontwikkelt zich een tweede generatie van grove den. Na een periode van 100 jaar zal grove den nog steeds in het bos aanwezig zijn. Opvallend is ook het gedrag van de eiksoorten. Het aandeel zomereik is beduidend lager in vergelijking met de spontane ontwikkeling; dat van Amerikaanse eik hoger.

Het aandeel beuk verandert nagenoeg niet ten opzichte van de spontane ontwikkeling: de soort heeft geen profijt, maar ook geen nadeel van de ingrepen in deze gesimuleerde situatie. In verhouding tot de andere boomsoorten wordt beuk wel belangrijker. De verwachting is dan ook dan op een termijn van meer dan 100 jaar beuk eerder dominant zal worden.

Tabel 4.1: Overzicht van de hoeveelheid verwijderd hout per soort (m³ per ha) bij de beheersingreep mozaïekmethode in het type Grove den op holtpodzol. Bij elke ronde is 20% van het oppervlak gekapt. De periode tussen de ingrepen is 15 jaar. Herbivoren zijn afwezig in dit scenario.

Grove den	1e ronde		2e ronde		3e ronde	
	M ³	%	m ³	%	m ³	%
Totaal verwijderd volume	42,7	100,0	58,2	100,0	45,4	100,0
- Aandeel berk		2,1		0,7		9,7
- Aandeel beuk		0,0		4,1		0,0
- Aandeel grove den		94,6		91,1		74,8
- Aandeel wintereik		0,0		0,0		0,0
- Aandeel zomereik		3,3		4,0		11,5
- Aandeel Amerikaanse eik		0,0		0,2		4,0

Wanneer we naar de verjonging kijken, dan wordt dit idee enigszins afgezwakt (zie bijlage 1.1, 1.2 en 1.3 op blz. 73). In de figuren zijn de aantallen van de verjonging van beuk respectievelijk zomereik en Amerikaanse eik uitgezet voor twee hoogteklassen. In de simulatie waarin de mozaïekmethode wordt nagebootst zijn de aantallen van beuk in de verjonging hoger dan bij de spontane ontwikkeling. Herbivoren moeten dan niet aanwezig zijn.

Beuk is niet de belangrijkste soort in de verjonging. Amerikaanse eik en zomereik zijn veel talrijker aanwezig. Vooral Amerikaanse eik profiteert op langere termijn van de open plekken gemaakt in de eerste helft van de simulatie (bijlage 1.3). Deze soort zal een geduchte concurrent worden van beuk.

Ontwikkeling met herbivoren

De aanwezigheid van herbivoren is van invloed op de ontwikkeling in het bos *Grove den*, waarin open plekken gemaakt worden. De variatie in boomsoorten die ontstaat door het maken van open plekken, wordt voor een deel tenietgedaan door de herbivoren.

In aanwezigheid van 3 reeën ontwikkelt het bos zich naar een gemengd bos, maar de grondvlakken van de boomsoorten zijn nu in een andere verhouding. Opvallend is het relatief lage aandeel grove den. Zomereik is dominantanter dan in de situatie zonder reeën. Het edelhert heeft eveneens invloed. Het opvallendste hier t.o.v. de situatie zonder herbivoren, is de afwezigheid van de tweede generatie grove den.

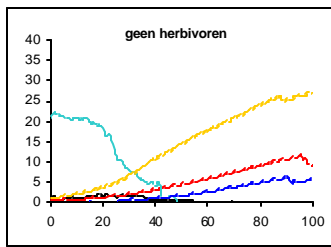
Het beschreven verloop in grondvlakken van de verschillende soorten is te begrijpen wanneer we naar het verloop van de verjonging kijken. Al eerder werd gesteld dat zomereik en Amerikaanse eik de belangrijkste soorten in de verjonging zijn. Beuk komt in veel lagere aantallen voor. Uit bijlage 1.1 valt af te lezen dat bij aanwezigheid van ree of edelhert de –lage- aantallen van beuk tot nul reduceren. Dit geldt ook voor zaailingen van grove den. Zomereik en Amerikaanse eik zijn in zulke grote aantallen aanwezig dat ze ondanks vraat toch in redelijke aantallen aanwezig kunnen blijven. In de tweede helft van de simulatie wordt echter de druk op deze soorten zo groot dat nagenoeg de totale verjonging verdwijnt (bijlage 1.2 en 1.3).

Doeldiameterdunning 30 cm

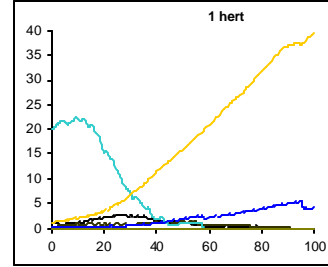
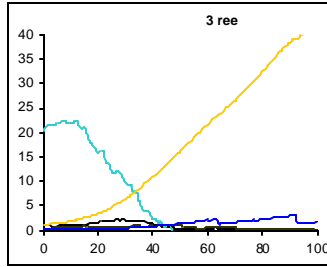
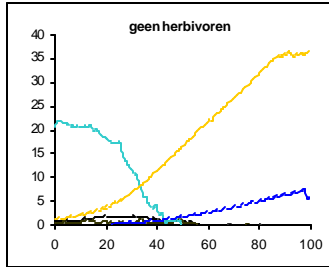
Ontwikkeling zonder herbivoren

De beheersingreep die gericht is op het onderdrukken van beuk, de doeldiameterdunning, is natuurlijk vooral van invloed op het aandeel beuk in het bosbeeld. In totaal is er in dit scenario 21 m³ beuk geoogst. De consequentie hiervan voor de bosontwikkeling is weergegeven in figuur 4.4. Door het verwijderen van beuk kan zomereik, de meest abundante soort, profiteren van de vrijgekomen ruimte. Het grove dennenbos zal zich in een periode van ongeveer 50 jaar ontwikkelen tot een zomereikenbos, waarin de Amerikaanse eik een bescheiden plaats inneemt. Beuk speelt dan helemaal geen rol meer.

Spontane ontwikkeling



Doeldiameterdunning 30



Figuur 4.4: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m^2 per ha) in het bostype Grove den op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario doeldiameterdunning 30 t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Het gevolg van het oogsten van dikkere en dus zaaddragende beuken heeft natuurlijk invloed op de verjonging van beuk, zoals geïllustreerd in bijlage 1.1 op blz. 73. Het aantalverloop is bij doeldiameterdunning 30 kleiner dan bij het beheer van nietsdoen. Zomereik en Amerikaanse eik in de verjonging reageren niet erg sterk op het wegvallen van beukenverjonging (bijlage 1.2 en 1.3). Dit gedrag kan verklaard worden uit de lage aantallen van beuk in de verjonging t.o.v. de twee andere soorten.

Ontwikkeling met herbivoren

De combinatie van doeldiameterdunning 30 met de aanwezigheid van herbivoren heeft geen grote invloed op het bosbeeld, zoals blijkt uit figuur 4.4. Het grove dennenbos ontwikkelt zich tot een zomereikenbos met een klein aandeel van Amerikaanse eik. Dit aandeel is geringer in de situatie met 3 reeën.

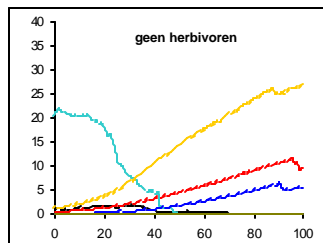
Alle eikensoorten zijn belangrijke voedselbronnen voor het ree, zowel de zaailingen als ook de eikels van de soorten. In de simulatie lijkt zomereik echter te 'profiteren' van de aanwezigheid van herbivoren; Amerikaanse eik doet dit niet. Het geschetste beeld is te begrijpen als we naar de dynamiek van de totale verjonging kijken en deze beschouwen in relatie tot de voedselkeuze van het ree en edelhert. In het begin van de simulatie is zomereik veel dominant in de verjonging dan Amerikaanse eik. De 'overmacht' aan zomereik maakt dat er meer individuen van deze soort kunnen ontsnappen aan herbivorie. Met andere woorden, de druk op zomereik is in verhouding minder. (zie bijlagen 1.1, 1.2 en 1.3)

Doeldiameterdunning 15 cm

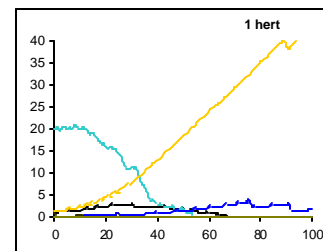
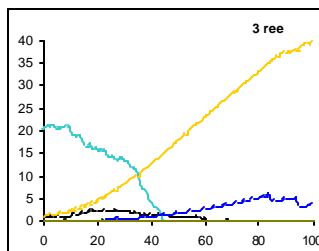
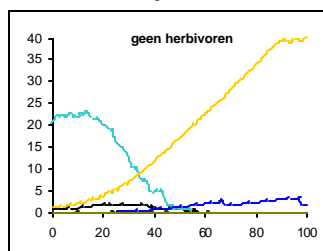
Ontwikkeling zonder herbivoren

De bosontwikkeling van het grove dennenbos bij een dunning van beuk met doeldiameter 15, is vergelijkbaar met de dunning van doeldiameter 30. Ook in dit geval zien we een ontwikkeling naar een zomereikenbos (figuur 4.5). De totale hoeveelheid hout die uit het bos geoogst wordt in de gesimuleerde doeldiameterdunning bedraagt slechts 5.0 m³.

Spontane ontwikkeling



Doeldiameterdunning 15



Figuur 4.5: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m² per ha) in het bosstype Grove den op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario doeldiameterdunning 15 t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

De samenstelling van de verjonging in het type *Grove den* verschilt bij doeldiameterdunning 15 nauwelijks van die bij doeldiameter 30. (zie bijlagen 1.1, 1.2 en 1.3). Het meest opvallende is het ontbreken van beuk in de verjonging. Voor de andere soorten in de verjonging geldt dat er nauwelijks invloed is van de dunning, althans in de situatie zonder herbivoren. Dit valt te verklaren uit de geringe hoeveelheden hout die er per dunningsronde uitgehaald worden. De totale hoeveelheid hout van 21 respectievelijk 5.0 m³ die uit het bos *Grove den* geoogst werden zijn klein. De ecologische impact van doeldiameterdunning in dit bosstype, waarin beuk marginaal voorkomt, zijn op een termijn van 100 jaar en in afwezigheid van herbivoren niet groot.

Ontwikkeling met herbivoren

De aanwezigheid van drie reeën of van een edelhert heeft ook hier, net als bij doeldiameterdunning 30 geen grote invloed op het bosbeeld. In grote lijnen zijn de ontwikkelingen vergelijkbaar.

Samenvatting van de resultaten van *Grove den*

Op basis van de modelresultaten kan worden geconcludeerd dat van de verschillende beheersmethoden, de mozaïekmethode de grootste invloed op de bosontwikkeling in het type *Grove den* heeft. Door herbivorie zal de ontstane variatie in de boomlaag deels teniet worden gedaan.

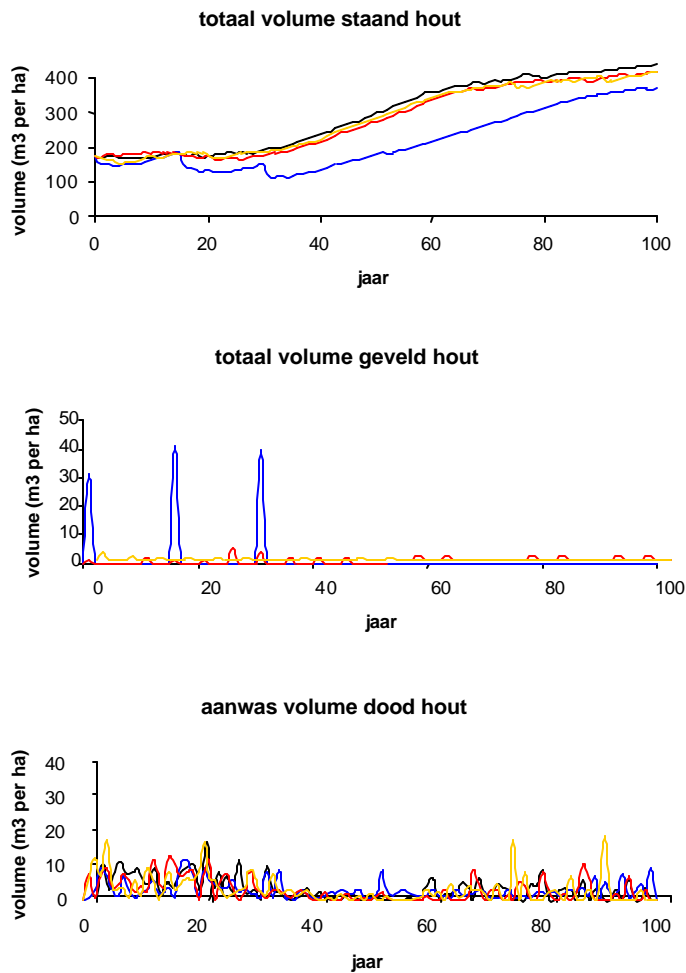
Bij de mozaïekmethode ontstaat het meest gevarieerde bosbeeld. Afhankelijk van de plek waar de open plekken worden gemaakt, wordt beuk meer of minder benadeeld, maar hoeft niet te verdwijnen. Bij beide doeldiameterdunningen verdwijnt beuk uit het bosbeeld, waar zomereik het meest van lijkt te profiteren. De druk van herbivoren op de verjonging wordt op de lange duur erg groot.

4.1.2 Bosontwikkeling in het type *Gemengd bos*

Het gemengde bos dat in de scenariostudie gebruikt is, bestaat uit een rijk gestructureerde boomlaag wat betreft soort, hoogte en leeftijd. De soorten in de boomlaag zijn berk, grove den, zomereik, wintereik en beuk. De oudste exemplaren in dit bos zijn ongeveer 100 jaar. De beuk heeft zich duidelijk later gevestigd, omdat de oudste exemplaren ongeveer 40 jaar oud zijn. De struiklaag is aanvankelijk slecht ontwikkeld met ongeveer 50 exemplaren per ha van voornamelijk berk, zomereik en wintereik. Dit bostype is verder in de ontwikkeling naar een Wintereiken-Beukenbos dan het bostype *Grove den*.

Figuur 4.6 geeft het gesimuleerde verloop van een drietal variabelen bij de 4 verschillende beheersmethoden. Uit deze figuur blijkt dat bij de mozaïekmethode het volumeverloop aanvankelijk achter blijft t.o.v. de andere beheersmethoden. In de eerste 30 jaar zijn bij deze methode de grootste hoeveelheden hout geogst. Bij de doeldiameterdunningen is weinig hout verwijderd, omdat beuk weinig aanwezig is.

De jaarlijkse aanwas van dood hout vertoont een zelfde patroon voor alle 4 beheersmethoden. De waarde varieert van enkele m³ tot circa 25 m³ per jaar. Bij de mozaïekmethode, waarbij het meeste hout is geogst, ligt de waarde over het algemeen wat lager.



Figuur 4.6: Gesimuleerd verloop van het totaal staand volume hout (m^3 per ha), het totaal geveld volume hout (m^3 per ha) en de totale jaarlijkse aanwas van dood hout (m^3 per ha per jaar) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij de 4 beheersmethoden. Hoefdieren zijn afwezig in de gepresenteerde resultaten.

Legenda: spontane ontwikkeling (zwart); mozaïekmethode (blauw); doeldiameterdunning 30 (rood); doeldiameterdunning 15 (oranje).

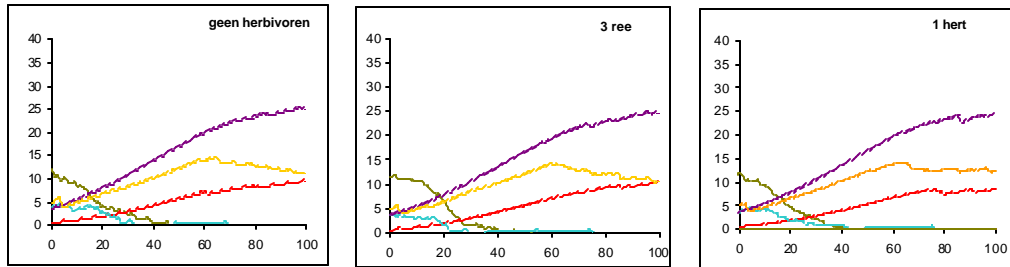
Spontane bosontwikkeling

Ontwikkeling zonder herbivoren

De resultaten van de spontane bosontwikkeling van het bostype *Gemengd bos* zijn weergegeven in figuur 4.7. Het bos ontwikkelt zich tot een menging waarin wintereik, zomereik en beuk bepalend zijn. Grove den en berk verdwijnen conform de verwachtingen relatief snel uit het bosbeeld: de oudere exemplaren sterven af en verjonging van deze soorten is niet goed meer mogelijk. In deze fase zijn zomereik en wintereik de belangrijkste soorten in de verjonging, aangevuld met een klein aandeel beuk.

De aantallen in de verjonging van beuk nemen toe naarmate de bosontwikkeling vordert (zie bijlage 1.4 op blz. 76), maar ze zijn de hele periode laag in vergelijking met de aantallen van zomereik (bijlage 1.5) en wintereik (bijlage 1.6).

Spontane ontwikkeling



Figuur 4.7: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m^2 per ha) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Ontwikkeling met herbivoren

De aanwezigheid van herbivoren doet de ontwikkeling van het type *Gemengd bos* niet veranderen. In 100 jaar ontwikkelt het bos zich ook in aanwezigheid van een lage dichtheid ree of edelhert tot een gemengd bos van zomereik, wintereik en beuk. Er zijn op langere termijn grotere verschillen te verwachten. Wanneer we naar de samenstelling van de verjonging kijken (bijlage 1.4 tot en met 1.6), zien we dat in de tweede helft van de simulatie de aanvankelijk gevarieerde, verjonging niet meer van de grond komt. Honderd jaar lang een continue dichtheid van 3 reeën of 1 edelhert kan de instandhouding van het bos in gevaar brengen.

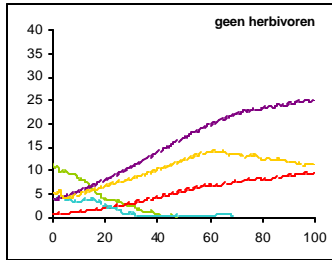
Mozaïekmethode

Ontwikkeling zonder herbivoren

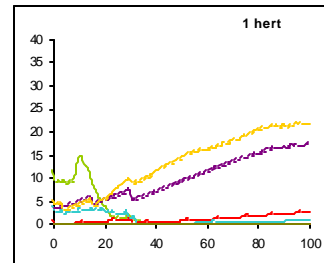
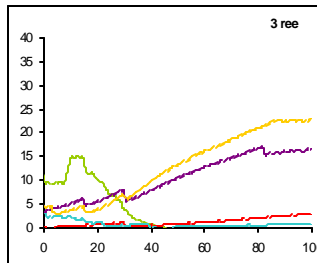
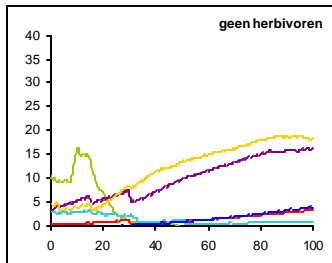
Het aantal soorten in het *Gemengd bos* is bij het begin van de simulatie relatief groot. Het maken van open plekken heeft tot gevolg dat het aantal aspect bepalende soorten in het bos toeneemt en dat is aan het eind van de simulatie nog steeds zichtbaar (figuur 4.8).

Bij het maken van open plekken in het eerste simulatiejaar, is een aantal jaren later een respons van de lichtminnende soort berk zichtbaar, ondanks het feit dat er door de eerste en tweede kap redelijk veel berken zijn verwijderd (zie tabel 4.2). Uiteindelijk verdwijnt berk uit het bosbeeld. Voor de andere lichtminnende soort, grove den, is het grondvlak verloop na de kap niet erg veel anders dan bij de spontane ontwikkeling. Maar hierbij moet gerealiseerd worden dat er door de kap veel grove dennen zijn verwijderd. En ondanks dat, blijft grove den de hele periode van 100 jaar in het bos aanwezig, zij het in een gering aandeel.

Spontane ontwikkeling



Mozaïekmethode



Figuur 4.8: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m^2 per ha) in het bosstype Gemengd op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario mozaïekmethode t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Opvallend is verder het verschijnen van de Amerikaanse eik, die van de situatie lijkt te profiteren ten koste van wintereik en een beetje ten koste van beuk. Bij de tweede en derde kap zijn grote hoeveelheden wintereik verwijderd en Amerikaanse eik is beter dan wintereik in staat de vrijgekomen ruimte te benutten.

De beuk lijkt met deze beheersvorm tamelijk teruggedrongen te worden. Dat is min of meer toevallig, omdat de voor kap gelote plots meer beuken hadden dan de plots die buiten de selectie vielen.

Tabel 4.2: Overzicht van de hoeveelheid verwijderd hout per soort (m^3 per ha) bij de beheersingreep mozaïekmethode in het type Gemengd bos op holtpodzol. Bij elke ronde is 20% van het oppervlak gekapt. De periode tussen de ingrepen is 15 jaar. Herbivoren zijn afwezig in dit scenario.

Gemengd bos	1e ronde		2e ronde		3e ronde	
	m^3	%	m^3	%	m^3	%
Totaal verwijderd volume	31,0	100,0	41,0	100,0	39,1	100,0
- Aandeel berk		43,6		39,5		2,8
- Aandeel beuk		8,1		0,0		19,2
- Aandeel grove den		30,7		12,7		0,0
- Aandeel wintereik		3,9		26,1		58,1
- Aandeel zomereik		14,9		21,7		20,0

Ontwikkeling met herbivoren

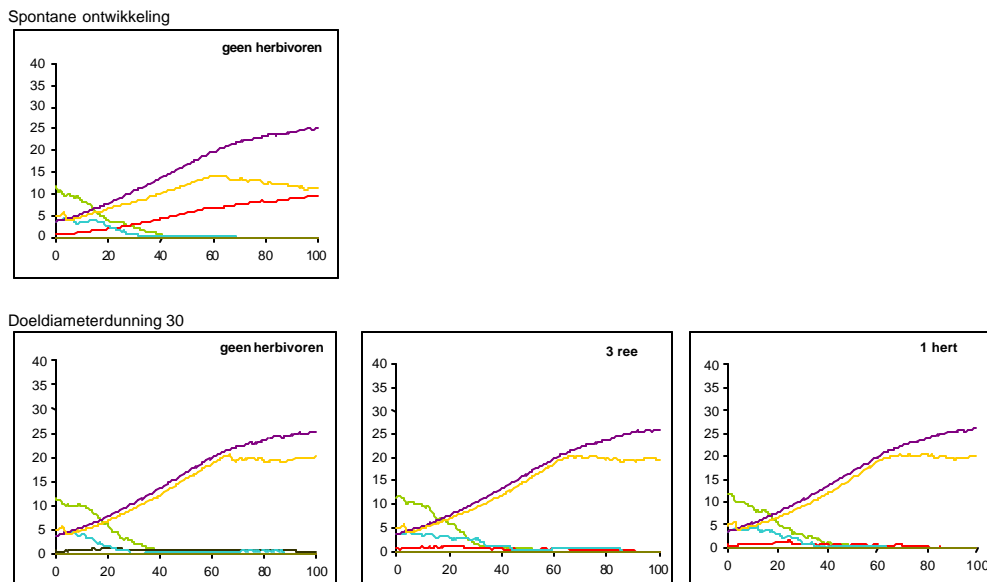
De aanwezigheid van herbivoren heeft op het globale verloop van de bosontwikkeling geen heel grote invloed. Opvallend is het eerder verdwijnen van berk in aanwezigheid van zowel reeën als edelhert. Net als bij de spontane ontwikkeling te zien was, is de invloed van de herbivoren op de verjonging groot in de tweede helft van de simulatie periode. Dit is geen gunstige ontwikkeling voor de instandhouding van het bos op een termijn van meer dan honderd jaar.

Doeldiameterdunning 30 cm

Ontwikkeling zonder herbivoren

Door elke 5 jaar selectief beuk te kappen ontwikkelt het *Gemengde bos* zich naar een bos waarin zomereik en wintereik dominant zijn (figuur 4.9). Beuk wordt door de behandeling erg sterk wordt teruggedrongen. De hoeveelheid verwijderd hout van beuk bedraagt ongeveer 31 m³ in de 100 jaar bij deze beheersvorm.

Beuk blijft de hele periode in een zeer lage hoeveelheid aanwezig. De soort verjongt zich de hele simulatieperiode, maar de aantallen zijn te verwaarlozen ten opzichte van die van de dominante soorten, zomereik en wintereik (zie bijlagen 1.4, 1.5 en 1.6).



Figuur 4.9: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m² per ha) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario doeldiameterdunning 30 t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

De andere soorten die bij het begin aanwezig waren, te weten berk, grove den en Amerikaanse eik, kunnen zich niet goed ontwikkelen bij deze beheersvorm. Door het verwijderen van verspreid staande beuken zal het lichtklimaat niet heel erg veranderen, waarmee schaduwtolerante soorten bevorderd worden en lichtminnende soorten geen kans krijgen. Dit is vergelijkbaar met de spontane ontwikkeling, maar anders dan bij de mozaïekmethode te zien was.

Ontwikkeling met herbivoren

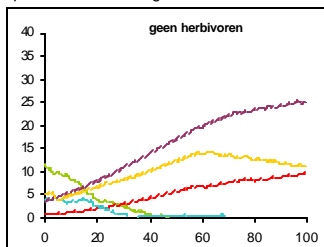
Door de aanwezigheid van herbivoren en het verwijderen van beuk ontwikkelt het bos zich naar een menging van zomereiken en wintereiken. De beuk kan zich in deze situatie niet meer verjongen (bijlage 1.4 op blz. 76). Ook nu weer zien we dat zomereik en wintereik in de tweede helft van de simulatie periode niet meer verjongen (bijlage 1.5 en 1.6).

Doeldiameterdunning 15 cm

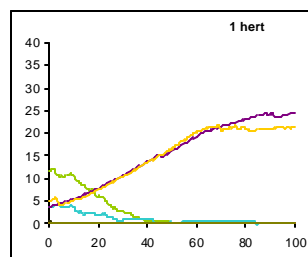
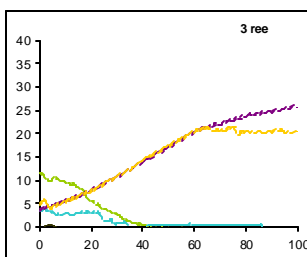
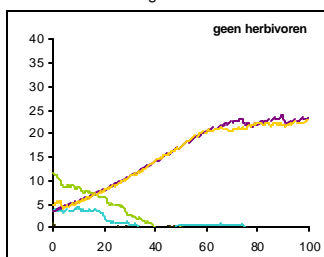
Ontwikkeling zonder herbivoren

De bosontwikkeling bij doeldiameterdunning 15 is vergelijkbaar met die bij doeldiameterdunning 30 (zie figuur 4.10). De druk op beuk is in deze situatie natuurlijk veel groter, met als gevolg dat de soort al na 50 jaar niet meer in het bos voorkomt, ook niet in de verjonging (bijlage 1.4 op bladzijde 76). Er ontstaat een mening van zomer- en wintereik, in gelijke verhouding. In de tweede helft van de simulatie zijn deze soorten ook de belangrijkste in de verjonging. (bijlage 1.5 en 1.6). Beuk wordt geëlimineerd met de ingreep doeldiameterdunning 15 en kan zich alleen opnieuw vestigen als er vanuit een omliggende bos zaden in het systeem zouden komen.

Spontane ontwikkeling



Doeldiameterdunning 15



Figuur 4.10: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m^2 per ha) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario doeldiameterdunning 15 t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Ontwikkeling met herbivoren

Onder invloed van herbivoren verloopt de ontwikkeling van het *Gemengde bos* bij doeldiameterdunning 15 naar een menging van zomereik en wintereik. Het patroon is vergelijkbaar met dat van de doeldiameterdunning 30. Wintereik lijkt zich in een golfbeweging te verjongen (bijlage 1.6 op bladzijde 78).

Samenvatting van de resultaten van *Gemengd bos*

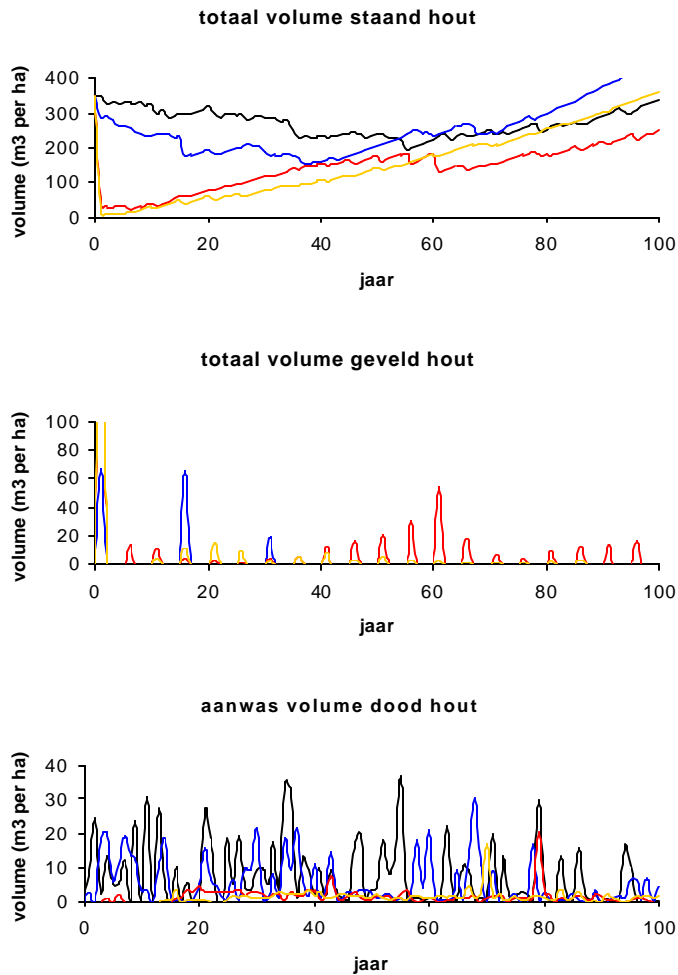
Op basis van de modelresultaten kan worden geconcludeerd dat net als in het type *Grove den*, de mozaïekmethode de grootste invloed op de bosontwikkeling heeft. Door herbivorie zal de ontstane variatie deels teniet worden gedaan. Omdat de plekken die bij de mozaïekmethode open gemaakt zijn veel beuken bevatten, is de beuk in dit scenario benadeeld. De soort blijft wel in het bos aanwezig. Bij doeldiameterdunningen 30 blijft beuk ook in het bos, zij het in lage aantallen. Bij doeldiameterdunning 15 verdwijnt beuk uit het bosbeeld. De aanwezigheid van herbivoren is in alle 4 beheersscenario's op de langere termijn slecht voor de verjonging.

4.1.3 Bosontwikkeling in het type *Beuk*

Het in de simulaties gebruikte beukenbos is bij aanvang een goed gesloten Wintereiken-Beukenbos met beuken, variërend in leeftijd van 100 tot 160 jaar en met ongeveer 10% wintereiken van 160 jaar. Het beukenbos heeft een slecht ontwikkelde struik- en kruidlaag. Dit bostype wordt beschouwt als het climaxtype op holtpodzolgronden (Van der Werf, 1991)

Figuur 4.11 geeft het gesimuleerde verloop van een drietal variabelen in het type *Beuk* bij de 4 verschillende beheersmethoden. Uit figuur 4.11 blijkt dat bij beide doeldiameterdunningen het volume in het begin van de simulatie –irreëel– sterk wordt gereduceerd. In de periode van 100 jaar herstelt het totale volume zich redelijk tot goed. Vergeleken met ingrepen in de twee andere bostypen zijn de ingrepen in het type *Beuk* het grootst (zie figuren 4.1 en 4.6).

De jaarlijkse aanwas van dood hout is verschillend voor de beheersmethoden. De waarde varieert van enkele m³ tot ruim 35 m³ per jaar en is het hoogst bij het beheer van nietsdoen. Bij de doeldiameterdunningen, waarbij het meeste hout is geogost, ligt de waarde het laagst. Systematisch dunnen levert minder dood hout op.



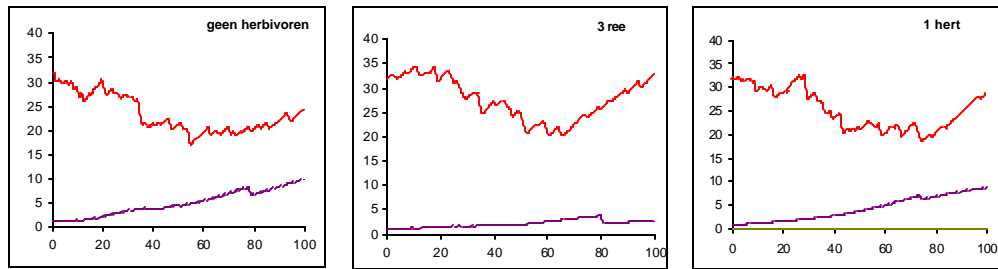
Figuur 4.11: Gesimuleerd verloop van het totaal staand volume hout (m^3 per ha), het totaal geveld volume hout (m^3 per ha) en de totale jaarlijkse aanwas van dood hout (m^3 per ha per jaar) in het bostype Beuk op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij de 4 beheersmethoden. Hoefdieren zijn afwezig in de gepresenteerde resultaten. Legenda: spontane ontwikkeling (zwart); mozaïekmethode (blauw); doeldiameterdunning 30 (rood); doeldiameterdunning 15 (oranje).

Spontane bosontwikkeling

Ontwikkeling zonder herbivoren

De resultaten van de simulaties van de spontane ontwikkeling van het beukenbos staan weergegeven in figuur 4.12. In de 100 simulatiejaren zal het bos bij afwezigheid van hoge dichtheden herbivoren een Wintereiken-Beukenbos blijven. In de simulatie sterven een aantal oude eiken en beuken en deze worden vervangen door jonge exemplaren. De verjonging bestaat voornamelijk uit wintereik, met beuk op de tweede plaats (zie bijlagen 1.7 en 1.9 op blz. 79 en 81). Wintereik verjongt zich in een golfbeweging. Zomereik komt in deze situatie maar marginaal voor in de verjonging (bijlage 1.8). Andere soorten komen in de verjonging nagenoeg niet voor.

Spontane ontwikkeling



Figuur 4.12: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m^2 per ha) in het bostype Beuk op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de subfiguren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Ontwikkeling met herbivoren

Als de herbivorendichtheid laag blijft, zal de spontane bosontwikkeling nagenoeg niet anders verlopen dan zonder dieren. Te zien is dat de het grondvlak van winter-eik in de situatie met 3 reeën iets achterblijft. Dit verloop van winter-eik is overigens conform de verwachting.

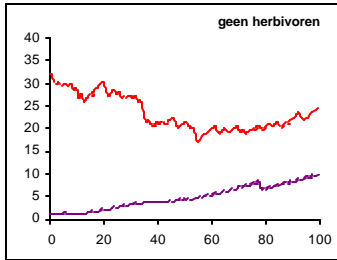
Zaailingen van zomereik kunnen niet overleven in aanwezigheid van herbivoren (bijlage 1.8). Ook winter-eik heeft te leiden van herbivoren, al komt dat pas later tot uiting (bijlage 1.9). Beuk heeft in de situatie waarin veel eik en eikels aanwezig zijn nauwelijks last van vraat. De soort is zelf, zeker in vergelijking met de andere bostypen, redelijk abundant. Een beetje vraat aan beuk is dan niet erg. En doordat de dieren de concurrent winter-eik opvreten, zal beuk meer kans krijgen. Dit blijkt uit een iets hoger aandeel van het grondvlak beuk in de spontane ontwikkeling met herbivoren.

Mozaïekmethode

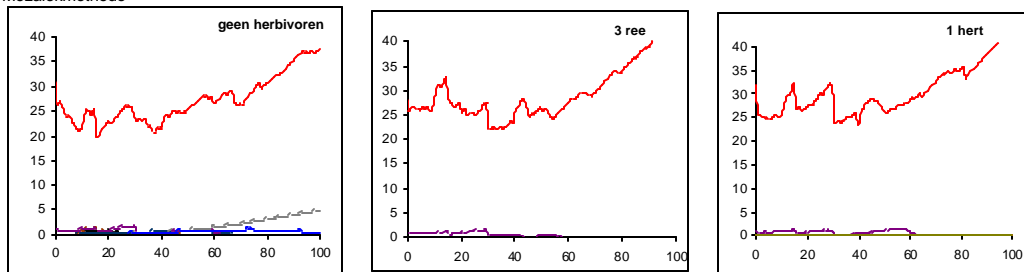
Ontwikkeling zonder herbivoren

Het maken van open plekken in het bostype *Beuk* heeft op de ontwikkeling van beuk een grote invloed. Figuur 4.13 laat zien dat beuk de dominante soort blijft. Ten tijde van de ingrepen in de jaren 1, 16 en 31 van de simulatie, ontwikkelt zich een gevarieerde verjonging van ruwe en zachte berk, van grove den, zomer- en winter-eik, beuk en douglasspar. Beuk is de belangrijkste soort in de verjonging, op afstand gevolgd door douglasspar. De variatie houdt enkele tientallen jaren stand, waarna vooral beuk aanwezig blijft.

Spontane ontwikkeling



Mozaïekmethode



Figuur 4.13: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m^2 per ha) in het bosstype Beuk op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario mozaïekmethode t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Wintereik verdwijnt bijna helemaal uit het bosbeeld. De gelote plaatsen waar open plekken gemaakt zijn bij deze simulatie, bevatten meer wintereik dan de plaatsen die ongemoeid zijn gelaten, waardoor de druk op wintereik groter is dan verwacht (zie tabel 4.3 voor hoeveelheden geogst hout van wintereik). Douglasspar heeft zich spontaan kunnen vestigen vanuit zaad dat uit de omgeving afkomstig is.

Ontwikkeling met herbivoren

De variatie in soortensamenstelling die ontstaat bij het maken van open plekken, wordt te niet gedaan door de aanwezigheid van 3 reeën of 1 edelhert. Dit komt in het bosbeeld tot uiting, zoals blijkt uit figuur 4.13. In de fase van ontwikkeling vlak na de kap, is het aanbod van voedsel voor de reeën en edelhert gevarieerder en kiezen de herbivoren een gevarieerder dieet.

Tabel 4.3: Overzicht van de hoeveelheid verwijderd hout per soort (m^3 per ha) bij de beheersingreep mozaïekmethode in het type Beuk op holtpodzol. Bij elke ronde is 20% van het oppervlak gekapt. De periode tussen de ingrepen is 15 jaar. Herbivoren zijn afwezig in dit scenario.

Beukenbos	1e ronde		2e ronde		3e ronde	
	m^3	%	m^3	%	m^3	%
Totaal verwijderd volume	67,1	100,0	66,2	100,0	39,1	100,0
- Aandeel beuk		96,9		91,5		55,9
- Aandeel wintereik		3,1		8,5		44,1

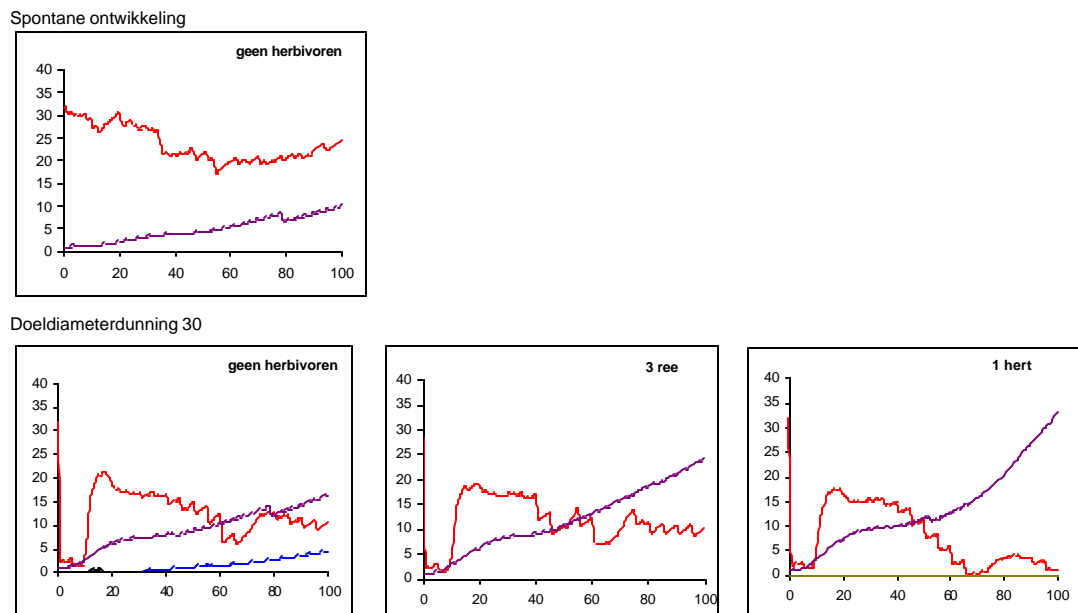
Doeldiameterdunning 30 cm

Ontwikkeling zonder herbivoren

De beheersingrepen gericht op het verwijderen van beuk, heeft in het bostype *Beuk* natuurlijk een zeer grote invloed. Het gekapte volume beuk met doeldiameter 30 is in het eerste simulatiejaar 330 m³. Door deze irreële, rigoureuze ingreep blijft er nauwelijks bos. Zoals te zien is in figuur 4.14 herstelt beuk zich redelijk en blijft de hele periode aanwezig.

De bij het begin aanwezige wintereiken profiteren van de verminderde concurrentie met beuk. Ze groeien goed en worden de meest dominante soort. Amerikaanse eik blijkt in de loop van de tijd toe te nemen. Vergeleken bij de spontane ontwikkeling is het aantal beukzaailingen veel minder. De soort kan zich hier de hele periode blijven verjongen (bijlage 1.7 op blz. 79). Een verminderd aantal beuken in de verjonging geeft kansen voor andere soorten. De aantallen Amerikaanse eik zijn een stuk groter in vergelijking met die bij de spontane ontwikkeling (niet geïllustreerd). Ook zomereik en wintereik verjongen zich hier beter (bijlage 1.8 en 1.9).

Het bostype *Beuk* ontwikkelt zich met deze beheersvorm naar een mening van beuk, wintereik en Amerikaanse eik.



Figuur 4.14: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m² per ha) in het bostype *Beuk* op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario doeldiameterdunning 30 t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

Ontwikkeling met herbivoren

Drie reeën hebben een andere invloed dan 1 edelhert, zoals blijkt uit figuur x.14. Bij de aanwezigheid van ree en een doeldiameterdunning ontwikkelt het bos zich naar een Wintereiken-Beukenbos, met in deze situatie een hoger aandeel wintereik dan beuk. Amerikaanse eik komt niet meer voor. Deze soort, in lage abundantie, wordt systematisch weggevreten. Dit geldt ook voor zomereik.

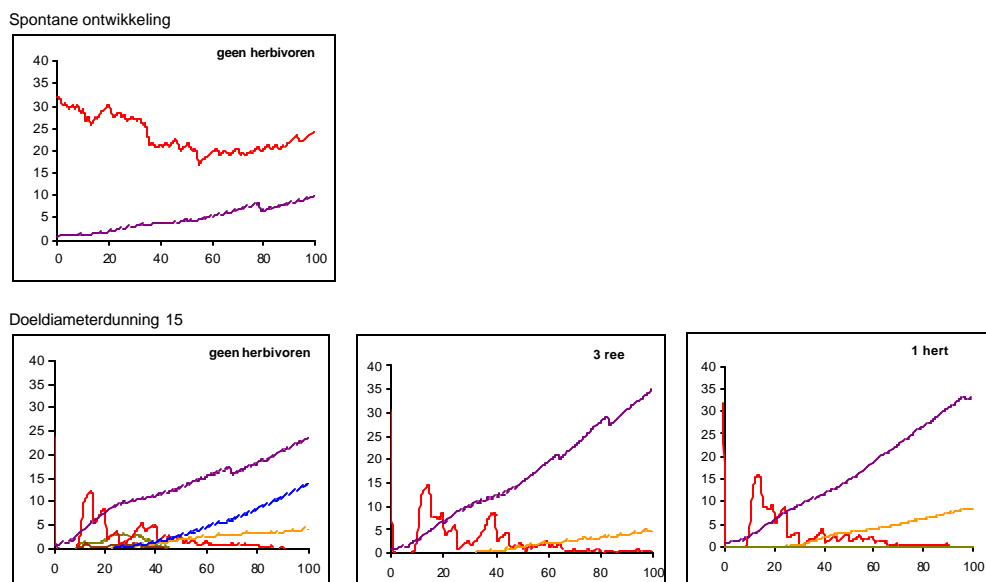
Wintereik laat een ander patroon zien. De soort, die geliefd voedsel is voor reeën, verjongt zich overvloedig. Omdat bij deze overvloed niet alle verjonging van wintereik wordt weggevreten, en die van andere, concurrerende soorten wel, kan wintereik zelfs profiteren van de aanwezigheid van herbivoren.

Bij een doeldiameterdunning en de aanwezigheid van edelhert krijgt beuk het moeilijk: het grondvlak neemt sterk af in de loop van de tijd. Er ontstaat een wintereikenbos. Wintereik kan zich ondanks de herbivoren toch erg goed verjongen. De soort heeft nagenoeg geen last van een concurrent.

Doeldiameterdunning 15 cm

Ontwikkeling zonder herbivoren

Wanneer in het type *Beuk* de dunning de doeldiameter 15 cm wordt, is de aanslag op beuk zo groot, dat de soort nagenoeg verdwijnt uit het bos. (figuur 4.15). Het gekapte volume beuk in het eerste simulatiejaar is circa 350 m³ bij doeldiameter 15.



Figuur 4.15: Verloop van de verdeling van grondvlakken (m² per ha) in het bostype *Beuk* op holtpodzol over een periode van 100 jaar bij het beheersscenario doeldiameterdunning 15 t.o.v. het beheer van nietsdoen. De dichtheden van de herbivoren zijn aangegeven in de sub-figuren. De legenda van de boomsoorten kunt u vinden op de laatste pagina van het rapport.

De bosontwikkeling is anders dan die bij doeldiameterdunning 30. Het meest opvallende verschil is dat beuk uiteindelijk uit het bos verdwijnt. Beuken met een dbh van 15 cm zijn in het algemeen jong en produceren nog geen zaad. Het verwijderen van deze exemplaren heeft dus grotere gevolgen voor de soort.

Bij doeldiameterdunning 15 ontstaat een menging van de drie eiksoorten. Zomereik is een soort die een kans krijgt door het wegvallen van beuk. Echt dominant wordt de soort niet in de verjonging (bijlage 1.8 op blz. 80). Wintereik is de belangrijkste soort in de verjonging (bijlage 1.9), gevolgd door Amerikaanse eik (niet geïllustreerd).

Ontwikkeling met herbivoren

De ontwikkeling van *Beuk* met de beheersingreep doeldiameterdunning 15 in aanwezigheid van herbivoren lijkt wel op die bij doeldiameterdunning 15 met herbivoren, zij het meer geprononceerd. Ook in deze situatie hebben herbivoren in het bos tot gevolg dat de variatie in boomsoorten afneemt. Wintereik wordt hier veruit de belangrijkste soort in de verjonging, vooral door het wegvallen van concurrerende soorten (bijlage 1.9).

Samenvatting van de resultaten van *Beuk*

Ook op basis van de modelresultaten kan worden geconcludeerd dat in het type *Beuk* de beide doeldiameterdunningen erg rigoureuus zijn geweest voor de bosontwikkeling: er blijft even geen bos meer over. Herstel treedt in de simulaties vrij snel op. Bij doeldiameter 30 kan beuk aanwezig blijven. Mits de druk op van edelhert niet te lang aanhoudt. Bij doeldiameter 15 verdwijnt de beuk uit het bos.

De mozaïekmethode heeft net als bij de twee andere bostypen tot gevolg dat er meer soorten in het bos komen, al blijft beuk natuurlijk de belangrijkste soort. De ontstane variatie is in het beukenbos echter van korte duur. Herbivoren doen deze variatie meteen teniet, een beeld dat in eerdere scenario's ook is beschreven.

4.2 Natuurdoelrealisatie

De evaluatie van de natuurdoelrealisatie wordt gedaan op basis van de habitatgeschiktheid van 5 vogelgroepen (zie 2.2). De evaluatie is uitgevoerd voor een beperkt aantal scenario's. In de bespreking van de resultaten wordt eerst de verandering in habitatgeschiktheid voor de 5 vogelgroepen afzonderlijk besproken.

4.2.1 Habitatgeschiktheid in het type *Grove den*

Spontane ontwikkeling

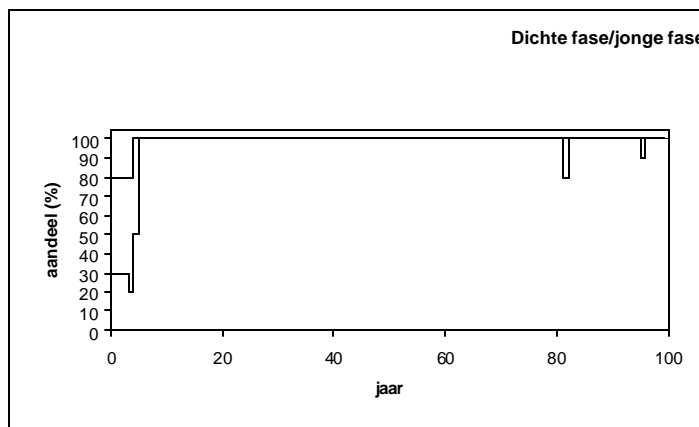
Boompiepergroep

Spontane ontwikkeling van het type *Grove den* leidt zonder herbivoren tot een bos overwegend zonder open fase (zie figuur 4.16). Doordat steeds circa 30-40% van het bos als open getypeerd kan worden (zie 2.2) en doordat het voorkomen van een

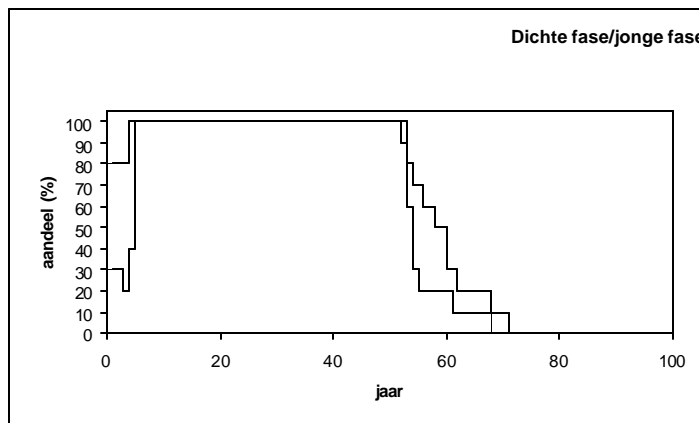
struiklaag over vrijwel het gehele oppervlak, is het bos niet geschikt voor de soorten van de boompiepergroep. Onder invloed van herbivoren, verandert het aandeel open bos niet wezenlijk, maar vanaf jaar 55 neemt de struiklaag sterk af tot 0% in jaar 70 (zie figuur 4.17) waardoor het bos redelijk geschikt wordt voor de soorten van Boompiepergroep.

Tuinfluitergroep

Gedurende de gehele simulatieperiode is het bos geschikt voor de soorten van de tuinfluitergroep, omdat steeds over vrijwel het gehele oppervlak een struiklaag of dichte/jonge fase aanwezig is (figuur 4.16). Aan het einde van de simulatie neemt de struiklaag wel licht af. Onder invloed van herbivoren neemt de struiklaag na jaar 55 af en verdwijnt (zie figuur 4.17). Hierdoor wordt het bos vanaf die tijd ongeschikt voor de soorten van de Tuinfluitergroep.



Figuur 4.16 Aandeel bos in dichte/jonge fase en/of met een struiklaag bij spontane ontwikkeling in grove den op holtpodzol zonder herbivoren. Aangegeven is het aandeel plots van FORGRA met een dichtheid van begroeiing van 0,5-5 m hoog met een dichtheid van minimaal 10% (dunne lijn) resp. minimaal 50% (dikke lijn).

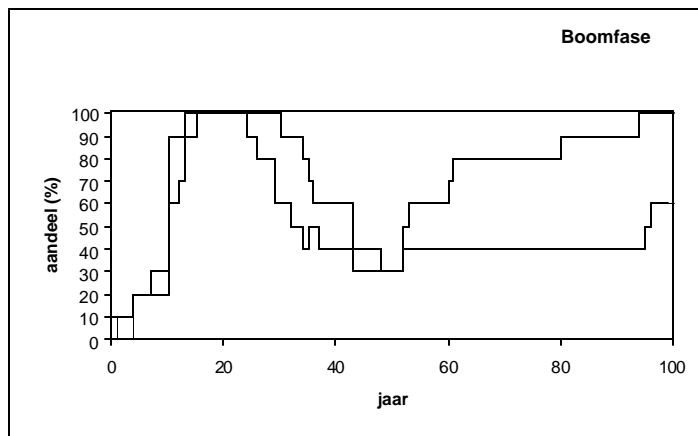


Figuur 4.17 Aandeel bos in dichte/jonge fase en/of met een struiklaag bij spontane ontwikkeling in grove den op holtpodzol met herbivoren. Aangegeven is het aandeel plots van FORGRA met een begroeiing van 0,5-5 m hoog met een dichtheid van minimaal 10% (dunne lijn) resp. minimaal 50% (dikke lijn).

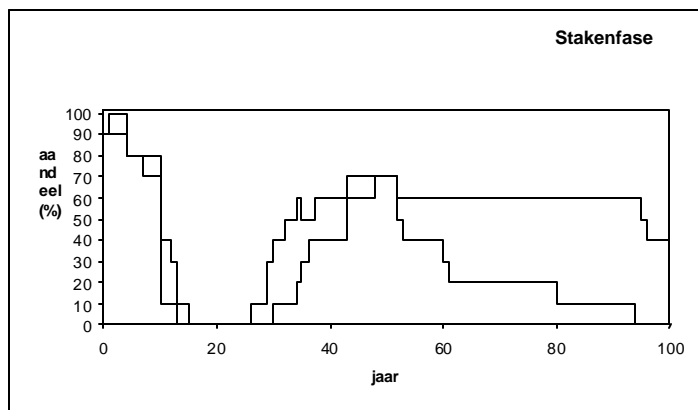
Grote-bonte-spechtgroep

In het begin van de simulatie is het bos in de jonge/oude boomfase van grove den met een goed ontwikkelde struiklaag, en is redelijk geschikt voor de soorten van de Grote-bonte-spechtgroep. Na ca. 30 jaar (dan is grove den ca 137 jaar oud), wanneer grove den in verval raakt en het bos voor een groter deel uit dichte- en stakenfase (figuur 4.19) bestaat is het bos tijdelijk minder geschikt, maar de geschiktheid neemt weer snel toe doordat eik en beuk in de boomfase komen (figuur 4.18).

Gedurende de gehele simulatieperiode is over vrijwel het gehele oppervlak een struiklaag aanwezig, wat gunstig is voor de soorten van de Grote-bonte-spechtgroep. Als er herbivoren in het bos voorkomen, is het aandeel boom- en stakenfase niet wezenlijk anders. Doordat na jaar 55 de struiklaag verdwijnt, neemt de geschiktheid voor de soorten van de Grote-bonte-spechtgroep vanaf dat moment af en wordt het bos minder geschikt dan bij spontane ontwikkeling zonder herbivoren.



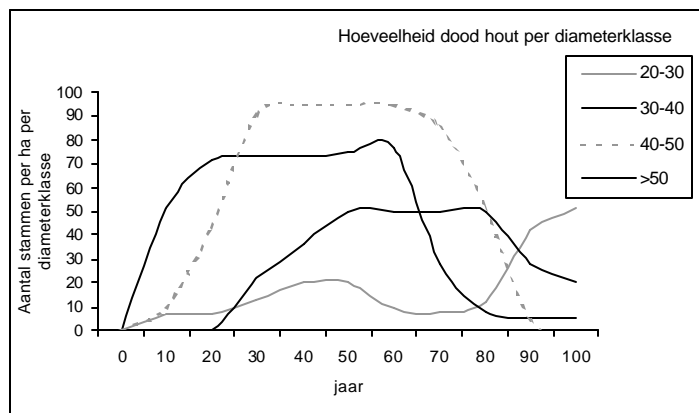
Figuur 4.18 Aandeel bos in boomfase bij spontane ontwikkeling in grove den op holtpodzol zonder herbivoren. Weergegeven is het aandeel van de plots van FORGRA met ten minste één boom (dunne lijn) resp. 2 bomen (dikke lijn) in boomfase.



Figuur 4.19 Aandeel bos in stakenfase bij spontane ontwikkeling in grove den op holtpodzol zonder herbivoren. Weergegeven is het aandeel van de plots van FORGRA met twee bomen in stakenfase en geen bomen in boomfase (dikke lijn) resp. het aandeel plots met 4 bomen in stakenfase en minder dan 2 bomen in boomfase (dunne lijn).

Boomklevergroep

Bij spontane bosontwikkeling is het bos bij aanvang matig geschikt doordat een groot deel van het bos uit naaldhout bestaat en in de stakenfase verkeert. 15 jaar later komt het bos echter in de boomfase waardoor het bos geschikter wordt. Wanneer tussen jaar 40 en jaar 50 het aandeel bos in boomfase afneemt door aftakeling van grove den, is het bos tijdelijk minder geschikt voor de Boomklevergroep. Maar daarna komt het bos in boomfase en bereiken beuk en eik diameters van meer dan 40 cm. Dit in combinatie met een groot aandeel bos met een struiklaag en een grote hoeveelheid dood hout maakt het bos zeer geschikt voor de soorten van de Boomklevergroep. De beschikbaarheid van dood hout is gedurende de gehele simulatie niet beperkend. Steeds is een hoeveel dode stammen (dikker dan 20 cm) aanwezig (figuur 4.20) die veel groter is dan het aantal dat Hekhuis et al. (1994) als grens aangaven. De ontwikkeling met herbivoren laat een vergelijkbaar beeld zien.



Figuur 4.20 Hoeveelheid dood hout, uitgedrukt in aantal stammen per ha per diameterklasse, bij spontane ontwikkeling in grove den op holtpodzol zonder herbivoren.

Zwarte-meegroep

Bij spontane ontwikkeling is het grove-dennenbos in stakenfase bij aanvang geschikt voor de soorten van de Zwarte-meegroep en de geschiktheid neemt nog toe doordat een steeds groter deel van het bos in boomfase komt. Maar met name na 20 á 30 jaar neemt de geschiktheid snel af doordat grove den uit het bos verdwijnt en er een loofbos ontstaat dat voor een groot deel in stakenfase is. Het aandeel boomfase neemt vervolgens wel weer toe, maar doordat naaldhout ontbreekt blijft de geschiktheid voor de Zwarte-meegroep zeer beperkt. De ontwikkeling van het bos onder invloed van herbivoren laat een vergelijkbare geschiktheid zien.

Natuurdoelrealisatie bij spontane ontwikkeling in type Grove den.

De grote veranderingen in dit bostype beïnvloeden de habitatgeschiktheid voor vogels voor 2 van de 5 onderzochte groepen niet: voor vogels van de Tuinfluitergroep is het habitat steeds geschikt; voor vogels van de Boompiepergroep is het bos nooit geschikt. De habitatgeschiktheid is voor vogels van de Zwarte-meegroep vooral in het begin van de simulatie geschikt en daarna niet meer. Voor vogels van de Boomklevergroep is het precies andersom: in het begin een matig geschikt habitat en later een goed habitat. Vogels uit de Grote-bonte-spechtgroep houden van oudere bomen. In het begin van de simulatie is het habitat geschikt door de aanwezigheid

van dikke dennen, neemt daarna af en neemt weer toe wanneer de eiken en beuken dikker worden.

Uit de modelresultaten blijkt dat in het bostype *Grove den*, de habitatgeschiktheid voor vogels van vooral de Tuinfluitergroep, de Boompiepergroep en de Grote-bonte-spechtengroep wordt beïnvloed door herbivorie. De struiklaag verdwijnt na ruim 55 jaar, waardoor de habitatgeschiktheid voor vogels van de Tuinfluitergroep en van de Grote-bonte-spechtgroep sterk afneemt. Voor de Boompiepergroep is het afnemen van de struiklaag juist een voordeel, en zal dus de habitatgeschiktheid in de laatste 50 jaar toenemen.

Mozaïekmethode

Boompiepergroep

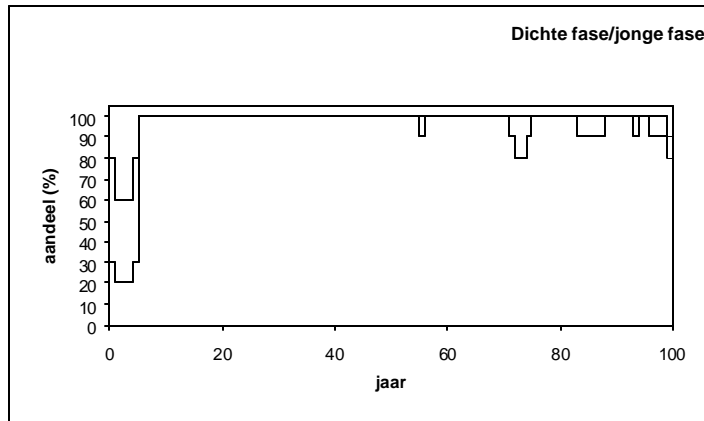
Het kappen van open plekken van 20 bij 20 meter leidt bij de mozaïekmethode direct na de maatregel tot meer geschikte situaties, maar de open plekken groeien al snel dicht waardoor het positieve effect van korte duur is. Op langere termijn (vanaf ca. 70 jaar) wordt het bos zelfs steeds dichter en het aandeel open bos daalt tot 10%. Ook dit scenario leidt tot een bosstructuur die nauwelijks geschikt is voor de soorten van de Boompiepergroep. De ontwikkeling onder invloed van herbivoren verschilt met name doordat na 70-80 jaar de struiklaag verdwijnt, maar doordat dan het aandeel open bos en open fase dan zeer laag zijn, blijft het bos ongeschikt.

Tuinfluitergroep

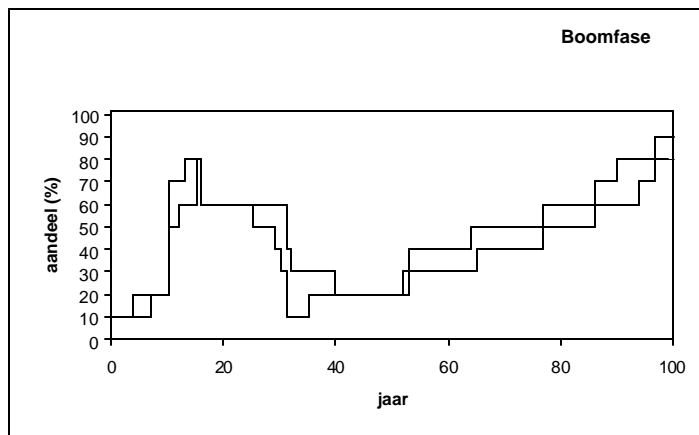
Bij de mozaïekmethode is het bos ook gedurende de gehele simulatie geschikt voor de soorten van de tuinfluitergroep. Het maken van open plekken in het bos gedurende de eerste 30 jaar van de simulatie, lijkt gunstig doordat een deel van het bos in jonge fase komt, wat optimaal is voor de Tuinfluitergroep. Circa tien jaar nadat een plek gekapt is, raakt de begroeiing in de dichte fase, wat nog steeds gunstig is. Gedurende vrijwel de gehele periode is over het gehele bos een struiklaag aanwezig (zie figuur 4.21). Onder invloed van herbivoren neemt het aandeel bos met een struiklaag in jaar 70-80 af tot 0%, waardoor het bos vanaf dat moment slechts matig geschikt is voor de soorten van de Tuinfluitergroep.

Grote-bonte-spechtgroep

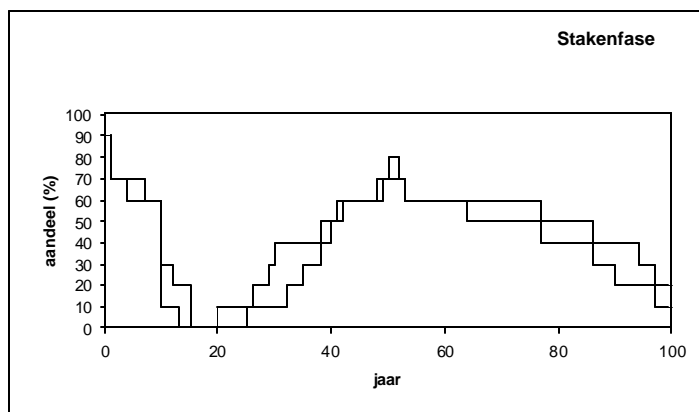
Aanvankelijk is het bos redelijk geschikt voor de soorten van de Grote-bonte-spechtgroep, maar doordat in een periode van 30 jaar 60% van het bos wordt gekapt neemt het aandeel bos in de boomfase sterk af en wordt het bos minder geschikt. Na 50 jaar komen de plekken die gekapt waren weer in boomfase, waarmee het bos geleidelijk weer geschikter wordt. Gedurende de gehele simulatie heeft een groot aandeel bos een struiklaag zodat dit geen beperking is voor de geschiktheid voor de soorten van de Grote-bonte-spechtgroep. De geschiktheid laat onder invloed van herbivoren een vergelijkbaar beeld zien.



Figuur 4.21 Aandeel bos in dichte fase en/of met een struiklaag bij de mozaïekmethode zonder herbivoren. Aangegeven is het aandeel plots van FORGRA met een begroeiing van 0,5-5 m hoog met een dichtheid van minimaal 10% (dunne lijn) resp. minimaal 50% (dikke lijn).



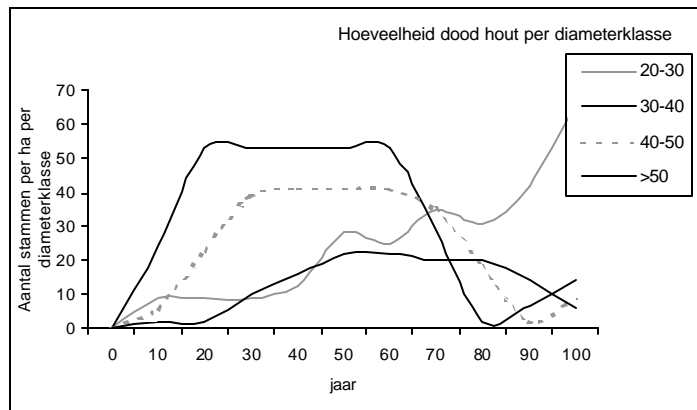
Figuur 4.22 Aandeel bos in boomfase bij mozaïekmethode in grove den op holtpodzol zonder herbivoren. Weergegeven is het aandeel van de plots van FORGRA met minimaal één boom (dunne lijn) resp. minimaal twee bomen (dikke lijn) in boomfase.



Figuur 4.23 Aandeel bos in stakenfase bij mozaïekmethode in grove den op holtpodzol zonder herbivoren. Weergegeven is het aandeel van de plots van FORGRA met minimaal twee bomen in stakenfase en geen bomen in boomfase (dikke lijn) resp. het aandeel plots met minimaal 4 bomen in stakenfase en minder dan 2 bomen in boomfase (dunne lijn).

Boomklevergroep

Bij de mozaïekmethode is het bos gedurende de eerste 50 jaar matig geschikt voor de Boomklevergroep doordat een aanzienlijk deel van het bos wordt geveld nog voordat het in boomfase kan komen. Na 40-50 jaar verkeert ca. 60% van het bos in dichte fase, wat ongeschikt is voor de Boomklevergroep. Daarna echter, neemt het aandeel boomfase toe en wordt het bos uiteindelijk zeer geschikt voor de soorten van de Boomklevergroep, mede door de aanwezigheid van de struiklaag, een aanzienlijk aantal bomen met een diameter groter dan 40 cm. Hoewel de hoeveelheid dood hout kleiner is dan bij het scenario met spontane ontwikkeling, is de hoeveelheid ruim voldoende, namelijk veel groter dan de 10 stammen, dikker dan 20 cm, die Hekhuis et al. (1994) als grens opgeven. Onder invloed van herbivoren laat de geschiktheid voor de soorten van de Boomklevergroep een vergelijkbaar beeld zien.



Figuur 4.24 Hoeveelheid dood hout, uitgedrukt in aantal stammen per ha, per diameterklasse bij mozaïekmethode in grove den op holtpodzol zonder herbivoren.

Zwarte-meesgroep

Evenals bij spontane ontwikkeling is de geschiktheid voor de Zwarte-meesgroep groot bij aanvang. De geschiktheid neemt hier echter sneller af dan bij spontane ontwikkeling doordat een groot aandeel grove den wordt geveld. De hoeveelheid naaldhout en boomfase neemt daardoor immers snel af. Wanneer tussen jaar 40 en 50 ca. 60% van het bos in dichte fase is, is de geschiktheid laag, maar deze neemt weer iets toe als vervolgens het aandeel boomfase weer toeneemt. In een aantal open plekken die door de vellingen zijn ontstaan, heeft grove den zich verjongd en deze heeft tot het eind van de simulatie een aandeel van bijna 20% van het grondvlak. Dit heeft een gunstige invloed op de geschiktheid voor de Zwarte-meesgroep en maakt dit scenario aan het eind van de simulatie iets geschikter dan de spontane ontwikkeling. De geschiktheid voor de Zwarte-meesgroep laat onder invloed van herbivoren een vergelijkbaar beeld zien.

Natuurdoelrealisatie bij mozaïekmethode in type Grove den

De consequentie van de beschreven veranderingen in het bos voor beïnvloeden de habitatgeschiktheid. Voor de Tuinfluitergroep is het bos de hele simulatieperiode geschikt, ongeacht de beheersingreep. De struiklaag is steeds goed ontwikkeld. Enige tijd na de ingreep is meer bos in jonge fase, wat gunstig is voor vogels uit deze groep. Vogels uit de Zwarte-meesgroep hebben het moeilijk in een bos waarin het aandeel

naaldbomen afneemt. Vooral de eerste 30 jaar is het bos dan ook geschikt, daarna neemt het sterk af. Door de ingreep blijkt grove den een tweede generatie te vormen, waarmee de geschiktheid voor deze vogelgroep in een latere fase van de ontwikkeling groter wordt dan bij spontane ontwikkeling. Vogels uit de Boompiepergroep hebben baat bij de open plekken, die ontstaan bij de mozaïekmethode. Deze open plekken groeien echter snel dicht, zodat het positieve effect van korte duur is. Ten tijde van de kap wordt het bos minder geschikt voor vogels uit de Grote-bonte-spechtgroep, die afhankelijk zijn van bos in de boomfase. Ook voor vogels uit de Boomklevergroep zijn de tijdelijke open plekken in het bos niet gunstig. Aan het eind van de 100-jarige periode is het hele bos weer in de boomfase en daarmee geschikt voor vogels uit deze twee groepen.

4.3 Financiële consequenties

In deze paragraaf staan de financiële resultaten van de verschillende beheersscenario's. Per bostype zijn de verschillende beheersscenario's naast elkaar geplaatst. Er is dus niet zoals bij de bosontwikkeling en de natuurdoelrealisatie een overzicht gegeven per beheersscenario. Dit zou weinig extra's opleveren omdat er per beheersscenario slechts enkele financiële kengetallen berekend zijn. In eerste instantie wordt gekeken naar de beheersscenario's zonder herbivoren. Aan het eind van elke paragraaf wordt nog ingegaan op de gevolgen van de aanwezigheid van herbivoren op het financiële resultaat. Alleen de opvallende afwijkingen t.o.v. de beheersscenario's zonder herbivoren worden toegelicht.

Per beheersscenario (zonder herbivoren) worden drie tabellen getoond. In de eerste tabel staan de jaarlijkse resultaten (annuïteiten) bij 0% rente:

- annuïteit inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad (kolom 1);
- de waardeverandering van de staande houtvoorraad (kolom 2);
- annuïteit exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad (kolom 3).

In de tweede tabel staan de financiële resultaten inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad bij 3% rente: de netto contante waarde (kolom 1); de annuïteit (kolom 2); de interne rentevoet (kolom 3).

In de derde tabel staan de financiële resultaten exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad bij 3% rente: de netto contante waarde (kolom 1); de annuïteit (kolom 2); de interne rentevoet (kolom 3).

Opmerkingen

- De annuïteit is waarschijnlijk het meest tot de verbeelding sprekende kengetal. Het is het constante jaarlijks financiële resultaat rekening houdend met de rente.
- De resultaten bij een effectieve rente van 3% zijn in principe realistischer dan de resultaten van de scenario's waarin zonder rente is gerekend (zie ook §2.3).
- Voor bossen zonder houtproductiedoelstelling (bossen waarin alleen houtproductie plaatsvindt t.b.v. de natuur en of recreatiedoelstelling) is de annuïteit van de netto kosten en opbrengsten (kengetallen zonder de waardeverandering

van staande voorraad) interessanter dan de annuïteit van de kosten en opbrengsten inclusief de waardeverandering, omdat de extra waarde in principe toch niet geogst zal worden.

4.3.1 Financiële consequenties van beheer in type *Grove den*

Financiële resultaten van de beheersscenario's zonder herbivoren

In Tabel 4.4, Tabel 4.5 en Tabel 4.6 staan de kengetallen die zijn berekend voor de beheersscenario's van het bostype *Grove den*.

Tabel 4.4. De jaarlijkse resultaten (annuïteiten) bij 0% rente. In kolom 1: de resultaten inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad; in kolom 2: de waardeverandering van de staande houtvoorraad; en in kolom 3: de resultaten exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad

0% rente	incl. Waardeverandering	waardeverandering	excl. waardeverandering
Spontaan	325,17	379,17	-54,00
Mozaïek	301,61	281,75	19,86
Doeldiameter 30 cm	335,49	383,86	-48,37
Doeldiameter 15 cm	317,82	373,14	-55,32

Tabel 4.5. De financiële resultaten (inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad) bij 3% rente. Kolom 1: de netto contante waarde; kolom 2: de annuïteit; kolom 3: de interne rentevoet [bij een hogere dan de aangegeven rente wordt het resultaat negatief; +: er is altijd een positief resultaat].

3% rente	Netto contante waarde	annuïteit	Interne rentevoet
Spontaan	241,78	7,65	3,18
Mozaïek	4436,34	140,40	+
Doeldiameter 30 cm	466,88	14,78	3,37
Doeldiameter 15 cm	142,35	4,50	3,10

Tabel 4.6. De financiële resultaten (exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad) bij 3% rente. Kolom 1: de netto contante waarde; kolom 2: de annuïteit; kolom 3: de interne rentevoet [+ : er is altijd een positief resultaat, - : er is altijd een negatief resultaat].

3% rente	netto contante waarde	annuïteit	Interne rentevoet
Spontaan	-1731,75	-54,80	-
Mozaïek	2969,89	93,99	+
Doeldiameter 30 cm	-1531,02	-48,45	-
Doeldiameter 15 cm	-1799,75	-56,96	-

Omdat er weinig beuk in de opstand voorkomt, wordt er alleen veel geogst bij de mozaïekmethode. In vergelijking met de andere scenario's levert de mozaïekmethode ongeveer f 70,- per jaar per ha meer op aan houtverkopen (bij 0% rente). De waardeverandering is bij de overige drie scenario's wel veel groter dan bij de mozaïekmethode (globaal f 100,- per jaar). Bij 0% rente is de doeldiameterdunning 30 juist door deze waardetoeename het lucratiefst (annuïteit f 335,49).

De waardeverandering is een resultaat dat pas na 100 jaar wordt behaald, terwijl de oogst (relatief) aan het begin van de omloop plaatsvindt. Als er met rente wordt gerekend dan blijkt de mozaïekmethode uit financieel oogpunt veruit het meest

interessante scenario. De annuïteit van de mozaïekmethode is f 140,40 terwijl de annuïteit van de andere methoden varieert van f 4,50 tot f 14,78. De mozaïekmethode levert altijd positieve resultaten op, ongeacht het rentepercentage waarmee gerekend wordt. Uit de interne rentevoet blijkt dat de overige beheersscenario's alleen renderen als de effectieve rente lager is dan respectievelijk 3,18, 3,37 en 3,10%.

Als de waardeverandering van de staande houtvoorraad buiten beschouwing wordt gelaten, zijn de verschillen in resultaten tussen de mozaïekmethode en de overige scenario's nog iets groter. De mozaïekmethode levert ongeacht het gehanteerde rentepercentage positieve resultaten op. De drie andere beheersscenario's leveren altijd negatieve resultaten op.

De invloed van herbivoren

De aanwezigheid van herbivoren beïnvloedt de bosontwikkeling en daarmee ook de financiële resultaten (zowel de opbrengsten uit houtverkoop als de waardeverandering). De cijfers zijn te vinden in bijlage 4. De verschillen zijn niet bijzonder groot. De meest in het oog springende verandering is dat de houtoogst bij de mozaïekmethode in een situatie met herbivoren aanzienlijk minder oplevert dan in een situatie zonder herbivoren. Als er gerekend wordt met rente dan is de annuïteit in een situatie zonder herbivoren: f 140,40, in een situatie met reeën f 101,01, en met herten: f 115,85. Desondanks is ook in bos met herbivoren de mozaïekmethode financieel gezien (als er met rente wordt gerekend) veruit de meest aantrekkelijke methode.

4.3.2 Financiële consequenties van beheer in type *Gemengd bos*

Financiële resultaten bij scenario's zonder herbivoren

In Tabel 4.7, Tabel 4.8 en Tabel 4.9 staan de kengetallen die zijn berekend voor de beheersscenario's van het bostype *Gemengd bos*.

Tabel 4.7. De jaarlijkse resultaten (annuïteiten) bij 0% rente. In kolom 1: de resultaten inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad; in kolom 2: de waardeverandering van de staande houtvoorraad; en in kolom 3: de resultaten exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad.

0% rente	incl. Waardeverandering	waardeverandering	excl. waardeverandering
Spontaan	494,08	548,08	-54,00
Mozaïek	378,87	389,39	-10,52
Doeldiameter 30 cm	498,64	547,45	-48,81
Doeldiameter 15 cm	491,36	548,72	-57,36

Tabel 4.8. De financiële resultaten (*inclusief* de waardeverandering van de staande houtvoorraad) bij 3% rente. Kolom 1: de netto contante waarde; kolom 2: de annuïteit; kolom 3: de interne rentevoet [bij een hogere dan de aangegeven rente wordt het resultaat negatief; +: er is altijd een positief resultaat].

3% rente	Netto contante waarde	annuïteit	Interne rentevoet
Spontaan	1120,89	35,47	3,70
Mozaïek	2575,32	81,50	+
Doeldiameter 30 cm	1289,25	40,80	3,83
Doeldiameter 15 cm	972,55	30,78	3,58

Tabel 4.9. De financiële resultaten (*exclusief* de waardeverandering van de staande houtvoorraad) bij 3% rente. Kolom 1: de netto contante waarde; kolom 2: de annuïteit; kolom 3: de interne rentevoet [bij een hogere dan de aangegeven rente wordt het resultaat negatief; -: er is altijd een negatief resultaat].

3% rente	netto contante waarde	annuïteit	Interne rentevoet
Spontaan	-1731,75	-54,80	-
Mozaïek	548,63	17,36	0,95
Doeldiameter 30 cm	-1560,12	-49,37	-
Doeldiameter 15 cm	-1883,45	-59,61	-

Doordat er weinig beuk in de opstand voorkomt, wordt er weinig geoogst. De mozaïekmethode vormt een uitzondering. Het hout dat bij de mozaïekmethode wordt geoogst is echter relatief dun en goedkoop. Desondanks levert de mozaïekmethode in vergelijking met de andere scenario's ongeveer f 40,- per jaar per ha meer op aan houtverkoop (bij 0% rente). De waardeverandering van de staande houtvoorraad is bij de overige drie scenario's wel veel groter dan bij de mozaïekmethode (per jaar ongeveer f 160,-). Bij 0% rente blijkt o.a. daardoor dat de doeldiameterdunning 30 het meest lucratief is (annuïteit f 498,64).

De waardeverandering wordt gerealiseerd na 100 jaar, terwijl de oogst (relatief) aan het begin van de omloop plaatsvindt. Als er met rente wordt gerekend dan blijkt de mozaïekmethode uit financieel oogpunt veruit het meest interessante scenario. De annuïteit van de mozaïekmethode is f 81,50 terwijl de annuïteit van de andere methoden varieert van f 30,78 tot f 40,80. De mozaïekmethode levert altijd positieve resultaten op, ongeacht het gehanteerde rentepercentage. Uit de interne rentevoet blijkt dat de overige beheersscenario's alleen renderen als de effectieve rente lager is dan respectievelijk 3,70, 3,83 en 3,58%.

Als de waardeverandering van de staande houtvoorraad buiten beschouwing wordt gelaten, zijn de verschillen in resultaten tussen de mozaïekmethode en de overige scenario's nog beduidend groter. De mozaïekmethode blijkt een positief resultaat op te leveren als de rente waarmee gerekend wordt hoger is dan 0,95%. Alle andere beheersscenario's leveren altijd negatieve resultaten op.

De invloed van herbivoren

Net als bij bostype *Grove den* beïnvloeden de herbivoren in het bostype *Gemengd bos* de bosontwikkeling en daarmee ook de financiële resultaten (zowel de opbrengsten uit houtverkoop als de waardeverandering). De cijfers zijn te vinden in bijlage 4. De meeste verschillen zijn niet bijzonder groot. Alleen de resultaten van de mozaïekmethode veranderen substantieel en dan nog alleen als er herten in het bos

voorkomen. Als er gerekend wordt met rente dan is de annuïteit in een situatie zonder herbivoren: f 81,50, in een situatie met reeën f 80,09 en met herten: f 64,83. Ook hier is de mozaïekmethode financieel gezien (als er met rente wordt gerekend) de meest aantrekkelijke methode.

4.3.3 Financiële consequenties van beheer in type *Beuk*

Financiële resultaten bij scenario's zonder herbivoren

In Tabel 4.10, Tabel 4.11 en Tabel 4.12 staan de kengetallen die zijn berekend voor de beheersscenario's van het bostype *Beuk*.

Tabel 4.10. De jaarlijkse resultaten (annuïteiten) bij 0% rente. In kolom 1: de resultaten inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad; in kolom 2: de waardeverandering van de staande houtvoorraad; en in kolom 3: de resultaten exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad.

0% rente	incl. Waardeverandering	waardeverandering	excl. waardeverandering
Spontaan	-87,54	-33,54	-54,00
Mozaïek	63,48	7,93	55,55
Doeldiameter 30 cm	325,67	-11,62	337,29
Doeldiameter 15 cm	435,52	198,06	237,46

Tabel 4.11. De financiële resultaten (inclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad) bij 3% rente. Kolom 1: de netto contante waarde; kolom 2: de annuïteit; kolom 3: de interne rentevoet [+ : er is altijd een positief resultaat; - : er is altijd een negatief resultaat].

3% rente	Netto contante waarde	annuïteit	Interne rentevoet
Spontaan	-1906,34	-60,33	-
Mozaïek	6984,52	221,04	+
Doeldiameter 30 cm	28918,46	915,17	+
Doeldiameter 15 cm	28031,58	887,11	+

Tabel 4.12. De financiële resultaten (exclusief de waardeverandering van de staande houtvoorraad) bij 3% rente. Kolom 1: de netto contante waarde; kolom 2: de annuïteit; kolom 3: de interne rentevoet [+ : er is altijd een positief resultaat; - : er is altijd een negatief resultaat].

3% rente	netto contante waarde	Annuiteit	Interne rentevoet
Spontaan	-1731,75	-54,80	-
Mozaïek	6943,23	219,73	+
Doeldiameter 30 cm	28978,90	917,09	+
Doeldiameter 15 cm	27000,73	854,48	+

Doordat er in de opstand heel veel (dikke) beuken voorkomen, wordt er bij de doeldiameterdunningen heel veel geoogst. Met name bij de doeldiameterdunning 30 zijn de opbrengsten uit houtverkopen enorm. Bij de mozaïekmethode wordt wel geoogst, maar in verhouding veel minder. Opvallend zijn ook de verschillen in waardeverandering van de staande houtvoorraad. Zo neemt de waarde bij het beheersscenario spontane bosontwikkeling af, terwijl dat bij doeldiameterdunning 15 sterk toeneemt (f 198,06 per ha per jaar). Mede door deze sterke waardeverhoging van de staande voorraad is bij 0% rente de doeldiameterdunning 15 het meest aantrekkelijk (annuïteit f 435,52).

De waardeverandering wordt pas na 100 jaar gerealiseerd, terwijl de oogst (relatief) aan het begin van de omloop plaatsvindt. Als er met rente wordt gerekend dan blijkt de doeldiameterdunning 30 uit financieel oogpunt veruit het meest interessante scenario, gevolgd door de doeldiameterdunning 15. Bij een effectieve rente van 3% kost het beheersscenario spontane bosontwikkeling feitelijk dus ieder jaar per hectare f 975,50 (f 915,17 + f 60,33). Alle methoden leveren, ongeacht het gehanteerde rentepercentage, een positief resultaat op, behalve de spontane bosontwikkeling.

Als de waardeveranderingen van de staande houtvoorraad buiten beschouwing worden gelaten dan worden de beheersscenario's waarbij de staande houtvoorraad meer waard wordt minder interessant en die waarbij de waarde van de staande houtvoorraad afneemt juist interessanter. De verschillen per jaar zijn echter maar marginaal. Alle methoden leveren, ongeacht het gehanteerde rentepercentage, een positief resultaat op, behalve de spontane bosontwikkeling.

De invloed van herbivoren

De aanwezigheid van herbivoren beïnvloedt de bosontwikkeling en daarmee ook de financiële resultaten. Bij alle scenario's valt de waardeverandering van de staande voorraad op. Bij de mozaïekmethode veranderen ook de opbrengsten uit houtverkoop (zie ook bijlage 4). Als er met rente wordt gerekend, zijn de gevolgen voor de waarde van de staande voorraad van minder belang. In dat geval verandert met name het resultaat van de mozaïekmethode en wel in positieve zin. De annuïteit in een situatie zonder herbivoren is f 221,04, in een situatie met reeën f 244,22, en met herten: f 288,01. Desondanks zijn ook in het type *Beuk* met herbivoren de doeldiameterdunningen financieel gezien (en als er met rente wordt gerekend) veruit de meest aantrekkelijke beheersscenario's.

5 Conclusies en discussie

Het onderzoek is opgezet als een verkennende studie naar de ecologische en economische effecten van een aantal beheersmaatregelen in verschillende bostypen. De gekozen beheersmaatregelen zijn gericht op het terugdringen van de beuk. Het verkennende karakter van deze studie slaat niet alleen op de omvang en de inhoud van het onderzoek, maar ook op de methode. De belangrijkste conclusies t.a.v. beide aspecten zullen in dit hoofdstuk worden gepresenteerd en bediscussieerd.

5.1 Conclusies en discussie t.a.v. de methode

Het onderzoek naar de invloed van beheersmaatregelen op bossen is uitgevoerd met behulp van drie modellen. Deze modellen zijn in het kader van heel verschillende onderzoeksopdrachten ontwikkeld en zijn t.b.v. de verbeukingsproblematiek min of meer aan elkaar gekoppeld. Het koppelen van deze onderdelen levert een instrumentarium op, dat de verschillende functies van een bos dynamisch evalueert. Dit onderzoek is een eerste aanzet tot het maken van dat instrumentarium en het is dan ook een belangrijk doel geweest van deze studie. De vraag die allereerst gesteld kan worden is: hoe ver zijn we hiermee gekomen? De volgende vraag richt zich op de betrouwbaarheid van de modeluitkomsten.

De drie instrumenten die in dit onderzoek werden gekoppeld zijn: het bosontwikkelingsmodel FORGRA (Jorritsma et al., 1999); de methode Hekhuis et al. (1994) voor bepaling van de natuurwaarde; het bedrijfsvoeringsmodel KD-Fire (Van Raffe en Wieman, 1999) voor berekeningen van financiële consequenties.

Ontwikkeling instrumentarium

Model voor bosontwikkeling

FORGRA beschrijft de spontane ontwikkeling van een bos, al of niet in aanwezigheid van grote herbivoren. T.b.v. dit onderzoek is het model uitgebreid met een beheersmodule, die het mogelijk maakt om de effecten van beheer te evalueren. De beheersmethoden die nagebootst kunnen worden zijn de mozaïekmethode en doeldiameterdunning. De beheersmodule is simpel en een eerste aanzet te noemen. Een uitbreiding van de module met o.a. meer criteria op basis waarvan een beheerder beslissingen neemt, is wenselijk. Te denken valt aan criteria op basis waarvan een open plek wordt gemaakt. In deze versie van het model bepaalt het lot waar de open plek terecht komt. Ook andere beheeropties zouden moeten worden toegevoegd. Een validatie van een uitgebreide beheersmodule dient te worden uitgevoerd.

Bepaling natuurwaarde

In deze studie is de natuurwaarde geïnterpreteerd als de habitatgeschiktheid voor 5 indicatieve vogelsoorten, die door Hekhuis et al. (1994) zijn onderscheiden. De methode van Hekhuis et al. (1994) moest worden aangepast aan het type gegevens

dat het bosontwikkelingsmodel aanlevert. Het model produceert gegevens over de bossamenstelling en de structuur, en dus kunnen alleen deze variabelen worden meegenomen. Dit maakt dat de uitspraken over de habitatkwaliteit minder specifiek en grover worden. FORGRA kan ook geen uitspraken doen over de ligging van de open plekken t.o.v. elkaar, een aspect dat voor een aantal indicatorsoorten belangrijk is. In het kader van een EU-project naar de effecten van de grootte van open plekken op de bosdynamiek, wordt een ruimtelijke versie van FORGRA ontwikkeld. Dus in de nabije toekomst is het mogelijk met dit aspect rekening te houden.

Een ander probleem waar we tegenaan gelopen zijn bij de bepaling van de habitatgeschiktheid heeft te maken met een ander aspect van FORGRA. Met de huidige versie kan niet gerekend worden met meer dan één bostype tegelijkertijd. Dit betekent dat het hele bos geschikt is of het hele bos juist niet geschikt is. Het is niet mogelijk dat een gedeelte van het bos een goed habitat kan vormen. Dit vertaalt zich in het resultaat dat sterke fluctuaties in de geschiktheid.

De evaluatie van de natuurwaarde op basis van modeluitkomsten is handmatig uitgevoerd en bleek in principe mogelijk. Mede door het handmatige karakter is de evaluatie voor een beperkt aantal indicatorsoorten en een beperkt aantal scenario's uitgevoerd. De resultaten van deze exercitie zijn veelbelovend en het automatiseren van de gevolgde procedure lijkt haalbaar op basis van deze studie en is zeker wenselijk.

Model voor bedrijfsvoering

De koppeling van het bedrijfsvoeringsmodel KD-Fire aan de modelresultaten van FORGRA bleek eenvoudig. Door de uitvoer van FORGRA af te stemmen op de invoer van KD-Fire is het nu mogelijk om de aspecten in een veranderd bos te berekenen.

De recreatiewaarde van het bos is in deze studie niet meegenomen, terwijl er wel een procedure voor beschikbaar is (Van Raffe, pers. comm.). Het grootste struikelblok is het ontbreken van gegevens over de waardering van bossen, gegevens die als invoer dienen voor de procedure. Het is wenselijk dat bij de verdere ontwikkeling van het instrumentarium ook ruimte wordt gecreëerd voor dit aspect, zodat alle functies van het bos kunnen worden geëvalueerd.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat technisch gezien de drie onderdelen goed te koppelen zijn. Voor de verdere ontwikkeling van het instrumentarium ligt de grootste prioriteit bij het automatiseren van de procedure voor bepaling van de natuurwaarde. Een verfijning van de beheersmodule in het bosontwikkelingsmodel is wenselijk, evenals het toevoegen van evaluatie van de recreatiewaarden.

Betrouwbaarheid modeluitkomsten

T.a.v. de methode is voorts de vraag hoe goed deze is. Om te beginnen stellen we dat –in deze studie– een methode goed is, als deze reële resultaten oplevert. Dit moet gelden voor de drie onderdelen: bosontwikkeling, natuurwaarde en financiën. Echter,

wanneer het bosontwikkelingsmodel geen betrouwbare resultaten oplevert, dan is de evaluatie van natuurwaarde en financiën niet zinvol.

Betrouwbaarheid bosontwikkelingsmodel

De resultaten met het bosontwikkelingsmodel laten zien dat de gesimuleerde ontwikkelingsreeksen voor verschillende bostypen een redelijk tot goed patroon beschrijven, getoetst aan de heersende ideeën over de bosontwikkeling op holtpodzolen (Fanta, 1982). Ook het maken van open plekken bleek een patroon op te leveren dat men in het veld terug kan zien. Op basis hiervan kan men concluderen dat het model betrouwbare resultaten oplevert voor bossen op holtpodzolen over een periode van circa 100 jaar. Toetsing van modelresultaten aan veldwaarnemingen, een validatie, is voor een bosontwikkelingsmodel eigenlijk niet uitvoerbaar, simpel omdat er geen veldgegevens zijn van spontane ontwikkelingen in verschillende bossen over een periode van meer dan 50 jaar. Een validatie kan wel uitgevoerd worden op onderdelen van het model. In het kader van een EU-project wordt hier aandacht aan besteed.

Al beschrijft het model de grote lijn redelijk tot goed, op detailniveau zijn er wel kritiekpunten. In deze studie is gebleken dat de aantallen eik in de verjonging aan de hoge kant liggen. Dit kan gevolgen hebben voor de berekende bosontwikkeling. Wanneer de overleving van eikenzaailingen wordt overschat, worden de kansen voor andere soorten om zich te vestigen onderschat. Dit kan met name gevolgen hebben voor de vestiging van beukenzaailingen. De parametrisatie van eik heeft zeker nog aandacht nodig.

Betrouwbaarheid bedrijfsvoeringsmodel

T.a.v. de betrouwbaarheid van de uitkomsten van het bedrijfsvoeringsmodel KD-fire kunnen een paar kritische opmerkingen gemaakt worden. De rekenprocedure zelf is eenvoudig en rechttoe rechtaan en beïnvloedt de betrouwbaarheid niet. De realiteit van de uitkomsten met KD-fire wordt in grote mate bepaald door de realiteit van de invoergegevens, dus in dit geval van de uitkomsten van FORGRA, zoals eerder al is opgemerkt. Aan de andere kant hangt die realiteit ook af van de keuzen van de parameterwaarden. De normen zoals die nu gehanteerd worden, moeten worden gevalideerd. Het gaat hier om de zaken als de hoeveelheid tijd en geld die bepaalde beheersmaatregelen kosten. Een bekend probleem is ook dat prijsontwikkelingen in zijn algemeenheid slecht zijn in te schatten en voortdurend kritisch moeten worden bekeken. Zo wordt bijvoorbeeld de gebruikte prijstoename voor loofhout (Wieman, 1999) mogelijk overschat. Dit is natuurlijk van invloed op het resultaat.

5.2 Conclusie en discussie t.a.v. de problematiek van verbeuking

De beuk is een soort die de laatste decennia belangrijker wordt in het Nederlandse bos en nog belangrijker zal worden wanneer het bos op een grotere schaal niet meer beheerd wordt. Deze –natuurlijke- ontwikkeling wordt door niet iedereen als gewenst beschouwd: er wordt over het ‘probleem verbeuking’ gesproken. Dit onderzoek zal geen antwoord geven op de vraag of verbeuking inderdaad een probleem is. Het

onderzoek levert wel een bijdrage aan de vraag wat de lange termijn consequentie zal zijn, van een beheer gericht op het inperken van de dominantie van beuk. Per beheersmethode worden de belangrijkste conclusies uit het onderzoek samengevat.

Beheer met de mozaïekmethode

De mozaïekmethode heeft in de 3 gesimuleerde bostypen tot gevolg dat er meer soorten in het bos komen. Lichtminnende boomsoorten als berk, grove den en eik blijken conform de verwachtingen te profiteren van meer open ruimtes in het bos. De simulatieresultaten laten zien dat de ontstane grotere variatie in boomsoorten niet altijd van lange duur is. In het type *Beuk* is het effect van de ingreep het minst geprononceerd; in het type *Gemengd bos* is het na 100 jaar nog zichtbaar. Herbivoren hebben invloed op de bosontwikkeling bij deze beheersvorm. De mate waarin ze invloed hebben, verschilt per bostype en per herbivorensoort. In het type *Beuk* komen de lichtminnende soorten niet tot ontwikkeling in aanwezigheid van herbivoren. Bij de ontwikkeling van het type *Grove den* reduceert ree de variatie in sterkere mate dan edelhert. Bij het type *Gemengd bos* zijn de verschillen niet zo duidelijk.

Door het maken van open plekken wordt de beuk niet persé teruggedrongen. Indien de open plekken gemaakt worden op plaatsen waarin verhouding meer zaaddragende beuken staan, dan wordt het aandeel beuk sterker gereduceerd (zie figuur 4.8, resultaten *Gemengd bos*). De mozaïekmethode is vooral geschikt om beuk onder controle te houden en niet om beuk te elimineren.

De beheersingreep kan positieve en negatieve consequenties hebben voor de berekende habitatgeschiktheid. Vogels uit de Boompiepergroep hebben baat bij de gevolgen van de beheersingreep. In vergelijking met de spontane ontwikkeling nemen de kansen voor deze vogels toe, omdat de vogels gebonden zijn aan open plekken in het bos. Open plekken zijn niet goed voor vogels uit de Grote-bontspechtgroep en de Boomklevergroep. Doordat de open plekken snel dichtgroeien, is het beschreven effect van korte duur. Voor de Zwarte-meesgroep kan de mozaïekmethode een positief effect hebben in het type *Grove den*. Door de ingreep kan grove den een tweede generatie te vormen, waarmee de geschiktheid voor de Zwarte-meesgroep in een latere fase van de ontwikkeling groter wordt dan bij spontane ontwikkeling. Voor de Tuinfluitergroep is heeft de beheersingreep geen invloed in het type *Grove den*. Wel maakt de aanwezigheid van herbivoren de kansen voor vogels uit deze groep aanmerkelijk kleiner.

Omdat er bij deze beheersmethode geoogst wordt, zijn er inkomsten en is het indicatiegetal voor bedrijfsvoering in alle 3 de bostypen beduidend hoger dan bij de spontane ontwikkeling. De annuïteit bij 3% rente met waardeverandering, het indicatiegetal, bedraagt voor het type *Grove den* 140,40 (spontaan 7,65); voor het type *Gemengd bos* is dit 81,5 (spontaan 35,47); voor het type *Beuk* 221,04 (spontaan -60,33). De bedragen zijn uitgedrukt in guldens per ha per jaar.

Begrazing heeft bij de mozaïekmethode bedrijfseconomische consequenties, zowel in positieve als in negatieve zin (tabel 5.1). Voor *Grove den* en *Gemengd bos* neemt de

annuïteit af, maar desondanks blijft het de financieel gezien de beste beheersmethode. In het type *Beuk* hebben herbivoren een positief effect op het resultaat.

Tabel 5.1 Annuïteit (fl. per ha per jaar) bij 3 % rente en waardeverandering bij mozaïekmethode in relatie tot de verschillende herbivorendichtheden. De waarden worden voor 3 bostypen gegeven.

	Grove den	Gemengd bos	Beuk
Zonder	140,40	81,50	221,04
3 ree per 100 ha	101,01	80,09	244,22
1 hert per 100 ha	115,85	64,83	288,01

Beheer met een doeldiameterdunning

Op basis van de simulatieresultaten kan worden geconcludeerd dat de doeldiameterdunning 15 een effectieve methode is om beuk uit het bos te laten verdwijnen. Dit geldt voor alle drie de bostypen, dus zelfs voor het type *Beuk*. Op zich is dit beheersscenario voor een beukenbos niet reëel, maar het geeft wel inzicht in de werking van de methode. Door het verwijderen van beuken met een dbh van 15 cm wordt voorkomen dat zaad wordt geproduceerd. Verjonging van beuk wordt zo bijna onmogelijk gemaakt. Vestiging van deze soort is dan alleen mogelijk vanuit de omliggende opstanden, als daar beuk aanwezig is.

De snelheid waarmee beuk bij de doeldiameterdunning 15 uit het systeem verdwijnt is onder andere afhankelijk van de aanwezige heterogeniteit aan beuk. In het type *Beuk* blijft de beuk het langst aanwezig. In dit beheersscenario worden beuken met een dbh kleiner dan 15 ongemoeid gelaten en dus blijft beuk lang in het bosbeeld aanwezig. De snelheid waarmee beuk verdwijnt bij doeldiameterdunningen, wordt ook bepaald door de aanwezigheid van herbivoren. In het type *Beuk* ontstaat met begrazing door reeën een wintereiken-beukenbos. Met begrazing door edelherten heeft verjonging van beuk het moeilijker en ontstaat een wintereikenbos (figuur 4.15).

Bij doeldiameterdunning 30 kan beuk in het systeem blijven. In het type *Grove den* is dit niet het geval, maar in de beide andere bostypen wel. In opstanden waar beuk nog niet erg dominant is, zou dit een goede optie kunnen zijn indien gevreesd wordt dat beuk zonder ingrepen te snel dominant gaat worden, maar beuk toch als een waardevolle soort wordt gezien.

In het bostype *Beuk* is de opbrengst van de doeldiameterdunningen het grootst, maar dit is geen realistisch scenario, omdat in de praktijk meestal gekozen zal worden voor een minder schoksgewijze omvorming of het op de een of andere wijze handhaven van de beuk. De indicatiegetallen voor bedrijfsvoering voor de dunning 30 en 15 bedragen voor het type *Grove den* 14,78 resp. 4,50 (spontaan 7,65); voor het type *Gemengd bos* is dit 40,8 resp. 30,78 (spontaan 35,47); voor het type *Beuk* 915,17 resp. 887,11 (spontaan –60,33).

Begrazing kan kleine bedrijfeconomische consequenties bij doeldiameterdunningen hebben. In tabel 5.2 wordt een overzicht gegeven van de indicatiegetallen voor bedrijfsvoering voor de doeldiameterdunningen in relatie tot verschillende

herbivorendichtheden. De grootte van het effect van herbivoren is circa 10 %, in positieve of in negatieve zin.

Tabel 5.2 Annuïteit (fl. per ha per jaar) bij 3 % rente en waardeverandering bij doeldiameterdunning 30 en 15 in relatie tot de verschillende herbivorendichtheden. De waarden worden voor 3 bostypen gegeven.

	Grove den		Gemengd bos		Beuk	
	Doel 30	Doel 15	Doel 30	Doel15	Doel30	Doel 15
Zonder	14,78	4,50	40,80	30,78	915,17	887,11
3 ree per 100 ha	13,67	6,81	41,71	33,27	925,94	872,04
1 hert per 100 ha	13,96	6,88	43,36	31,19	908,95	884,99

Samenvattende conclusie:

T.a.v. de problematiek van verbeuking, zijn de scenario's gedaan voor de bostypen *Grove den* en *Gemengde bos* het meest belangrijk. Uit de simulatieresultaten blijkt dat het consequent verwijderen van beuken met een diameter van minimaal 15 cm, de soort uit het systeem doet verdwijnen. Indien bij oogst een doeldiameter van 30 cm wordt gehanteerd, kan de soort aanwezig blijven maar wordt wel sterk teruggedrongen. De successie naar een Wintereiken-Beukenbos wordt iets vertraagd. Economisch gezien zijn de doeldiameterdunning niet de meest interessante beheersopties, althans van de hier uitgeteste.

Ervan uitgaande dat de beuk niet helemaal uit het systeem hoeft te verdwijnen, lijkt de mozaïekmethode een meer geschikte methode om beuk onder controle te houden. Net als bij doeldiameterdunning 30, zal bij de mozaïekmethode de beuk niet uit het bos verdwijnen. De mozaïekmethode is bedrijfseconomisch het meest aantrekkelijk in de bostypen *Grove den* en *Gemengd bos*, omdat er bij de gebruikte doeldiameterdunningen van beuk niet veel geoogst wordt. De mozaïekmethode toepassen in een bos van het type *Beuk* teneinde de ontwikkeling van lichtminnende soorten te bevorderen, lijkt op basis van de resultaten niet erg zinvol, zeker als de herbivorendruk tamelijk groot is.

Dit onderzoek was een eerste aanzet om inzicht te verkrijgen in hoeverre beheersmaatregelen de potentiële dominante rol van beuk in het Nederlandse bos kunnen tegengaan. Omdat effecten in bossen pas op langere termijn zichtbaar worden, zijn simulatiemodellen handige instrumenten. Door andere en ook reëlere scenario's te analyseren kan het inzicht verder worden vergroot.

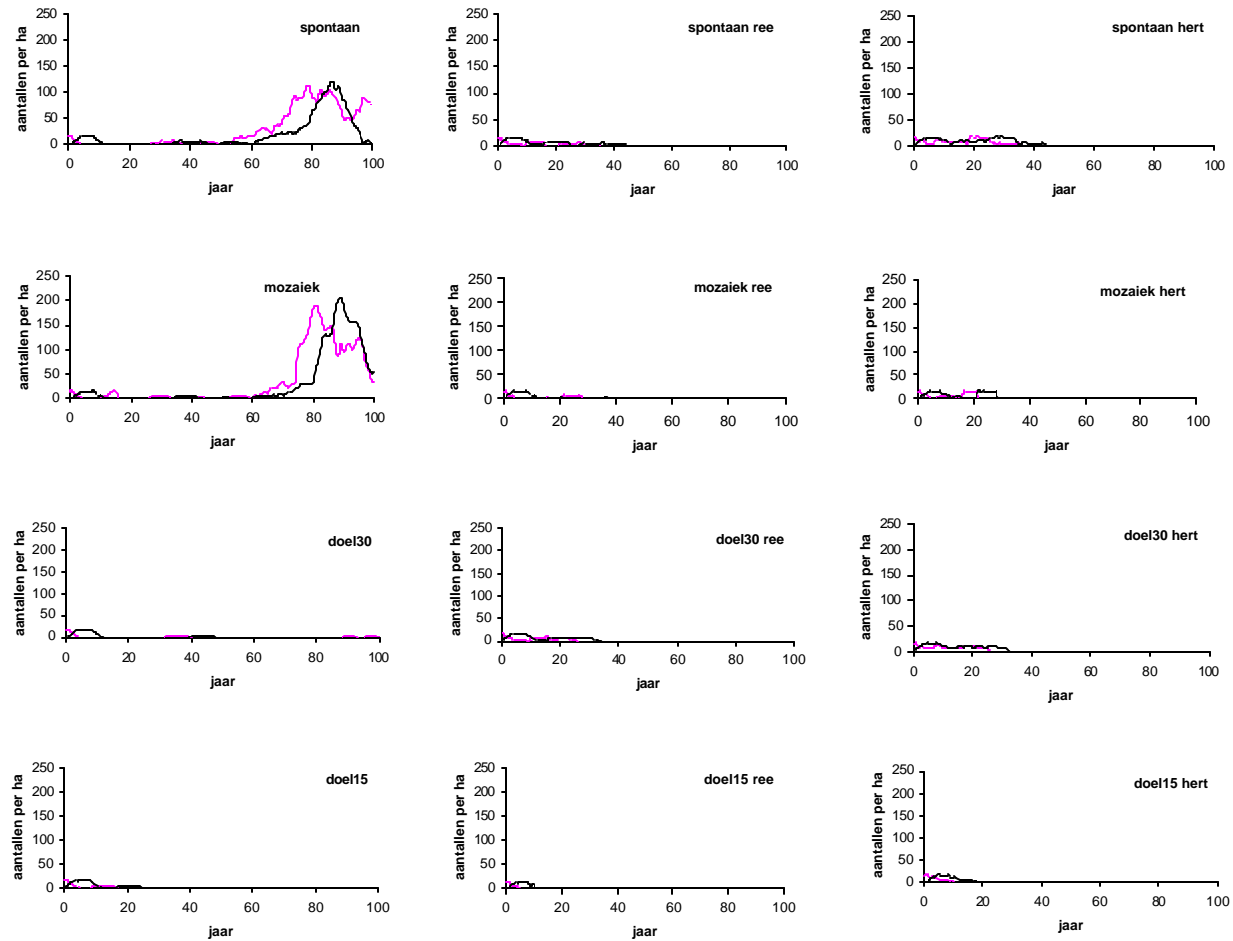
Literatuur

- Broekmeyer M.E.A., 1995. Bosreservaten in Nederland. Verslag van de werkgroep Coördinatie Onderzoek Bosreservaten 1990-1994. IBN-rapport 133. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen. 87 p.
- Berger, E.P., J. Luijt & R.A.M. Schrijver, 1999. Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 1997. LEI, Den Haag. Rapport 6.99.96.
- Berger, E.P., J. Luijt & R.A.M. Schrijver, 2000. Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 1998. LEI, Den Haag. Rapport 6.00.96.
- Clerkx A.P.P.M., Broekmeyer M.E.A., Szabo P.J., Van Hees A.F.M., Van Os L.J., Koop H.G.J.M., 1996. Bosdynamiek in bosreservaat Galgenberg. IBN-rapport 217. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen. 137p.
- Clerkx A.P.P.M., van Hees A.F.M., Sanders M.E., Slim P.A., Koop H.G.M.J., 2000. Bosdynamiek in het bosreservaat Pijpebrandje. Alterra-rapport 112, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen. 43p.
- Fanta J., 1982. Natuurlijke verjonging van het bos op droge zandgronden. Dorschkamp-rapport 301. Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer, Wageningen. 236 p.
- Filius A.M., 1986. Beslissingen bij aanleg en beheer van bos. Een analyse vanuit financieel gezichtspunt. Studentendictaat. Landbouwhogeschool, Wageningen
- Hees A.F.M. van, Clerkx A.P.P.M., 1999. Dood hout in bosreservaten. Levende natuur 100 (5): 168-172.
- Hekhuis H., de Molenaar J.G., Jonkers D.A., 1994. Het sturen van natuurwaarden door bosbedrijven. Een evaluatiemethode voor multifunctionele bossen. IBN-rapport 078, Wageningen.
- Jansen J.J., Sevenster J., Faber P.J., 1996. Opbrengsttabellen voor de belangrijkste boomsoorten in Nederland. IBN-rapport 221. Hinkeloord Report nr 17. Wageningen.
- Jorritsma I.T.M., Mohren G.M.J., van Wieren S.E., van Hees A.F.M., Bartelink H.H., Nabuurs G.J., Slim P.A., 1997a. Bosontwikkeling in aanwezigheid van hoefdieren: een model benadering. In: Van Wieren S.E., Groot Bruinderink G.W.T.A., Jorritsma I.T.M., Kuiters A.T., 1997. Hoefdieren in het boslandschap. Backhuys Publishers, Leiden.

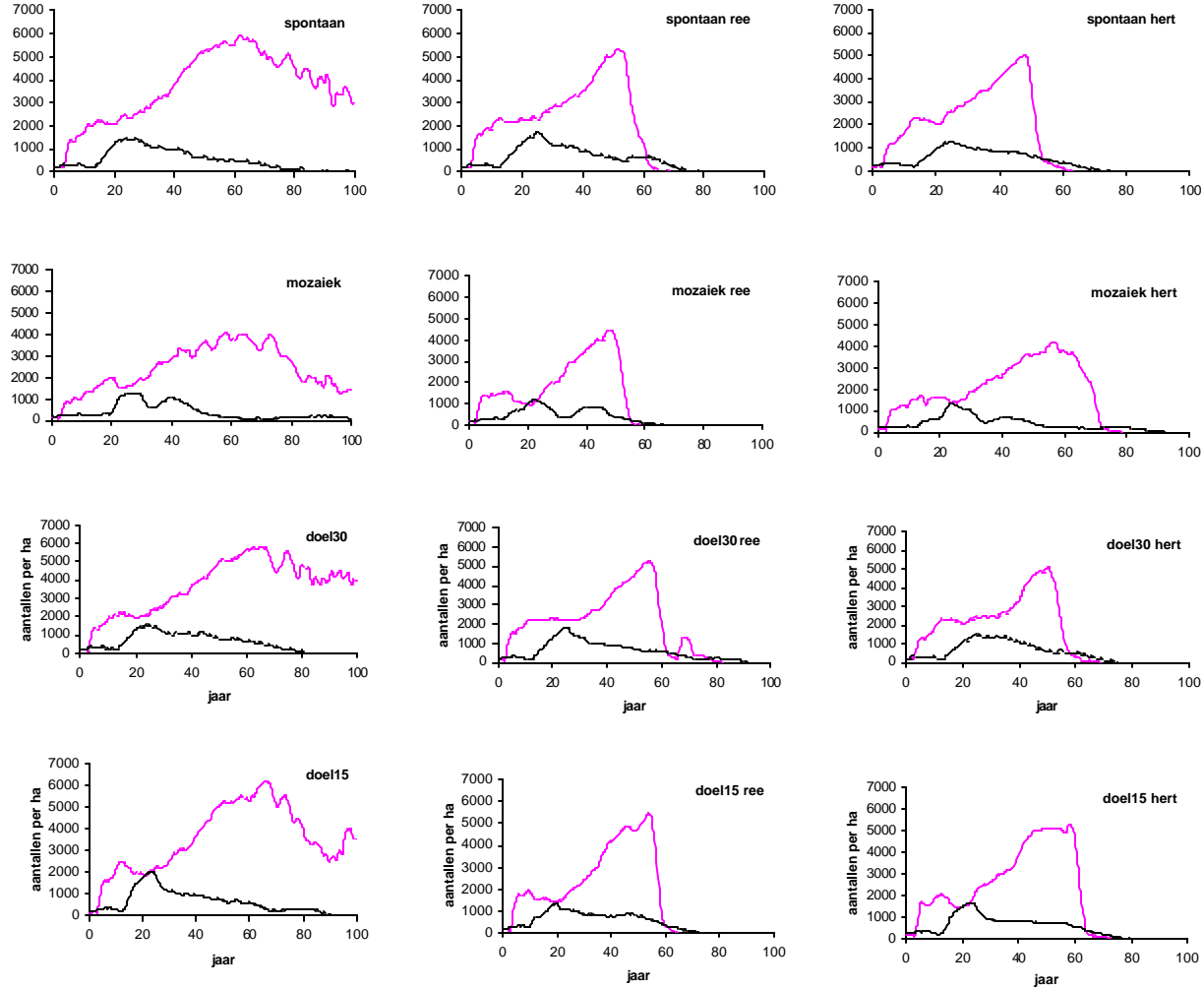
- Jorritsma I.T.M., Mohren G.M.J., van Hees A.F.M., Seigers G., 1997b. Bosontwikkeling onder invloed van hoefdieren: scenario-analyses. In: Van Wieren S.E., Groot Bruinderink G.W.T.A., Jorritsma I.T.M., Kuiters A.T., 1997. Hoefdieren in het boslandschap. Backhuys Publishers, Leiden.
- Jorritsma I.T.M., van Hees A.F.M., Mohren G.M.J., 1999. Forest development in relation to ungulate grazing: a modelling approach. *Forest Ecology and Management* 120: 23-34.
- Koop H.G.J.M., Boddez P., 1991. Bosreservaat 9: Pijpebrandje Speulderbos: bosstructuur kernvlakte. RIN-rapport 91/19. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 21 p.
- Knoppersen G., 1997. Algemene informatie van het bosreservaat 9. Speulderbos 'Pijpebrandje'. Werkdocument IKC Natuurbeheer nr W-115. Informatie en Kenniscentrum Natuurbeheer, Wageningen.
- Kuiters A.T., Slim P.A., 2000. Bosverjonging onder invloed van wilde hoefdieren in het Staatsdomein bij Het Loo. Resultaten van 10 jaar onderzoek aan exclusures. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 165. 58 p.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, 2000. Regeling Natuurbeheer. Den Haag.
- Raffe, J.K. van & E.A.P. Wieman, 1999. Informatiesysteem kosten-doelrealisatie bos- en natuurbeheer. Informatieplan. Wageningen. Instituut voor Bos- en natuurbeheer. Rapport 445.
- Raffe, J.K. van, E.A.P. Wieman & J.J. de Jong, 2000. Fire. Module van het informatiesysteem Kosten-Doelrealisatie. Een computerprogramma voor het bepalen van de financiële resultaten van bosbeheer. Wageningen. Alterra. Werkdocument.
- Staatsbosbeheer, 1998. Normenboek Staatsbosbeheer 1998 - 1999. Normen voor uitwerking van werkzaamheden in bosbouw, natuurbeheer en landschapsverzorging. Driebergen.
- Szabo P.J., Clerkx A.P.P.M., Broekmeyer M.E.A., 1996. De bosstructuur en bossamenstelling van bosreservaat 'Galgenberg' in 1988. IBN-rapport 236. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Van Hees A.F.M., xxxx, 1999. Dood hout verteringssnelheden.
- Van der Werf S., 1991. Bosgemeenschappen. Natuurbeheer in Nederland. Deel 3. Pudoc, Wageningen. 375 p.

- Van Wieren S.E., 1996. Do large herbivores select a diet that maximizes short-term energy intake? *Forest Ecology and Management* 88: 149-156.
- Van Wieren S.E., Groot Bruinderink G.W.T.A., Jorritsma I.T.M., Kuiters A.T., 1997. *Hoefdieren in het boslandschap*. Backhuys Publishers, Leiden. 224 p.
- Wieman, E.A.P., Hekhuis H., 1996. Bedrijfseconomische consequentis en functievervulling van kleinschalig bosbeheer. Modelberekeningen en praktijksituaties. IBN-rapport 205 (2 delen). DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Wieman, E.A.P., 1999. Kosten en doelrealisatie van omvorming naar kleinschalig gestructureerd bos. Bedrijfseconomische consequentis van omvorming van vlaktegewijze opstanden aan de hand van scenario's. IBN-rapport 430. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.

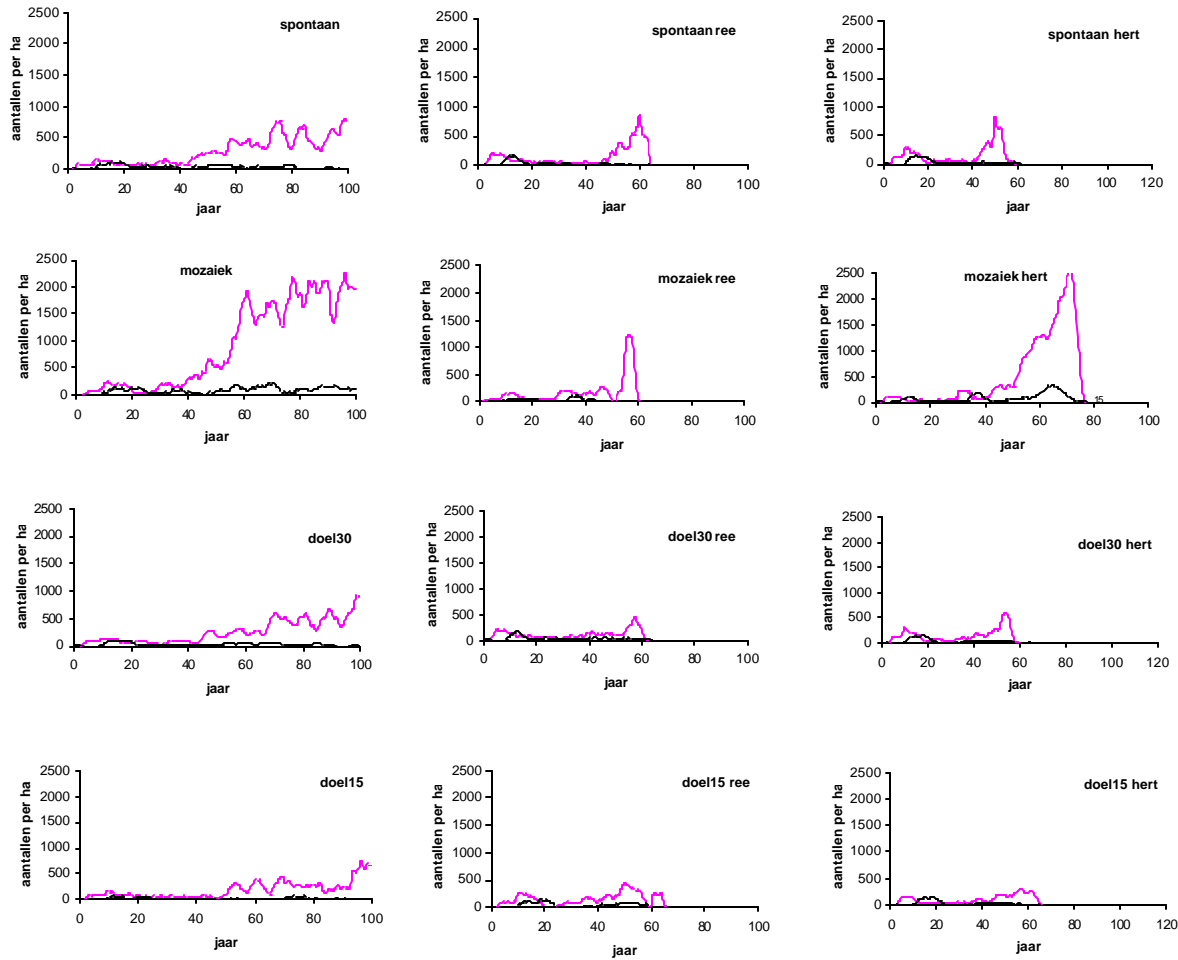
Bijlage 1 Aantalsverloop van de zaailingen



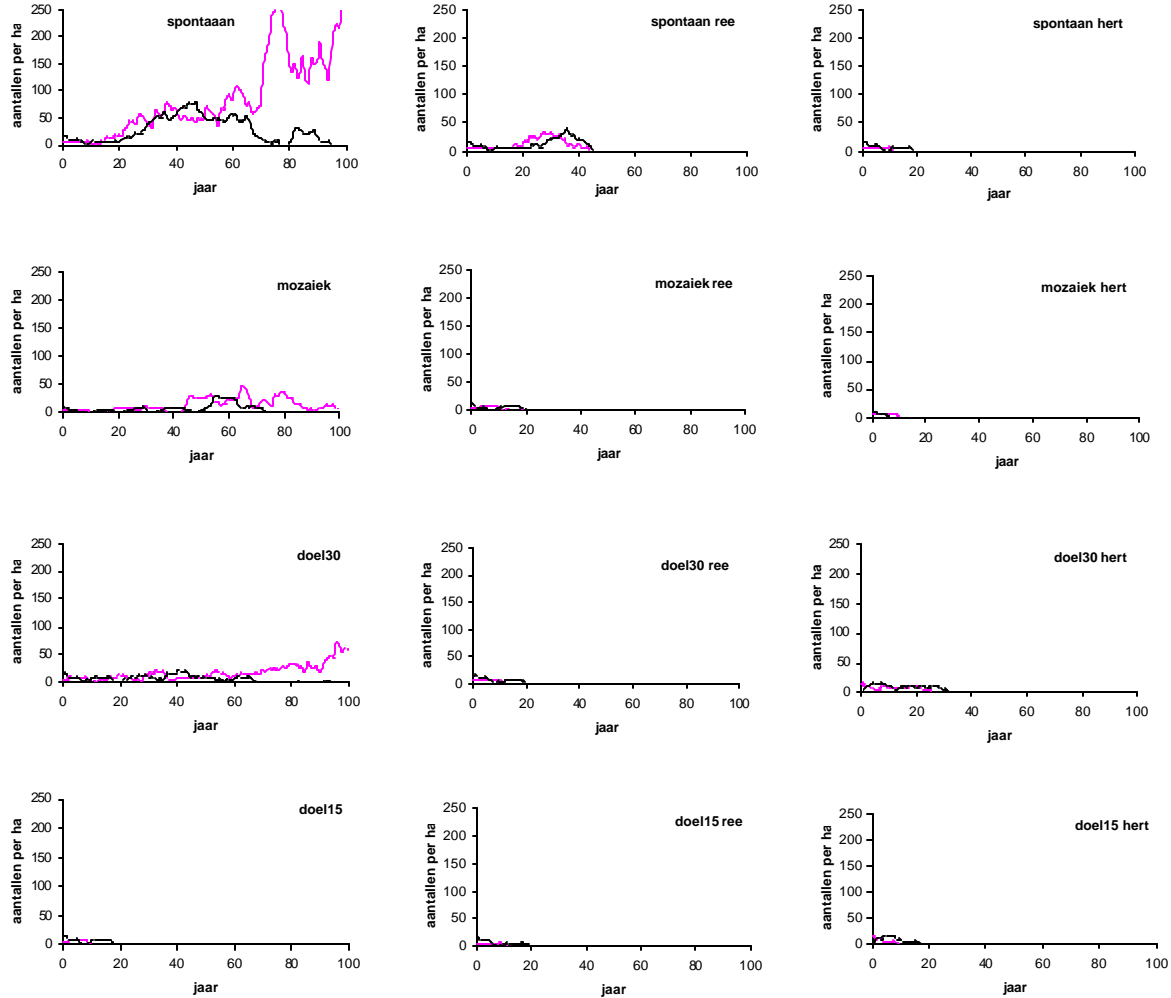
Bijlage 1.1 Aantalverloop van zaailingen van beuk (*Fagus sylvatica* L.) in het bostype Grove den op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$



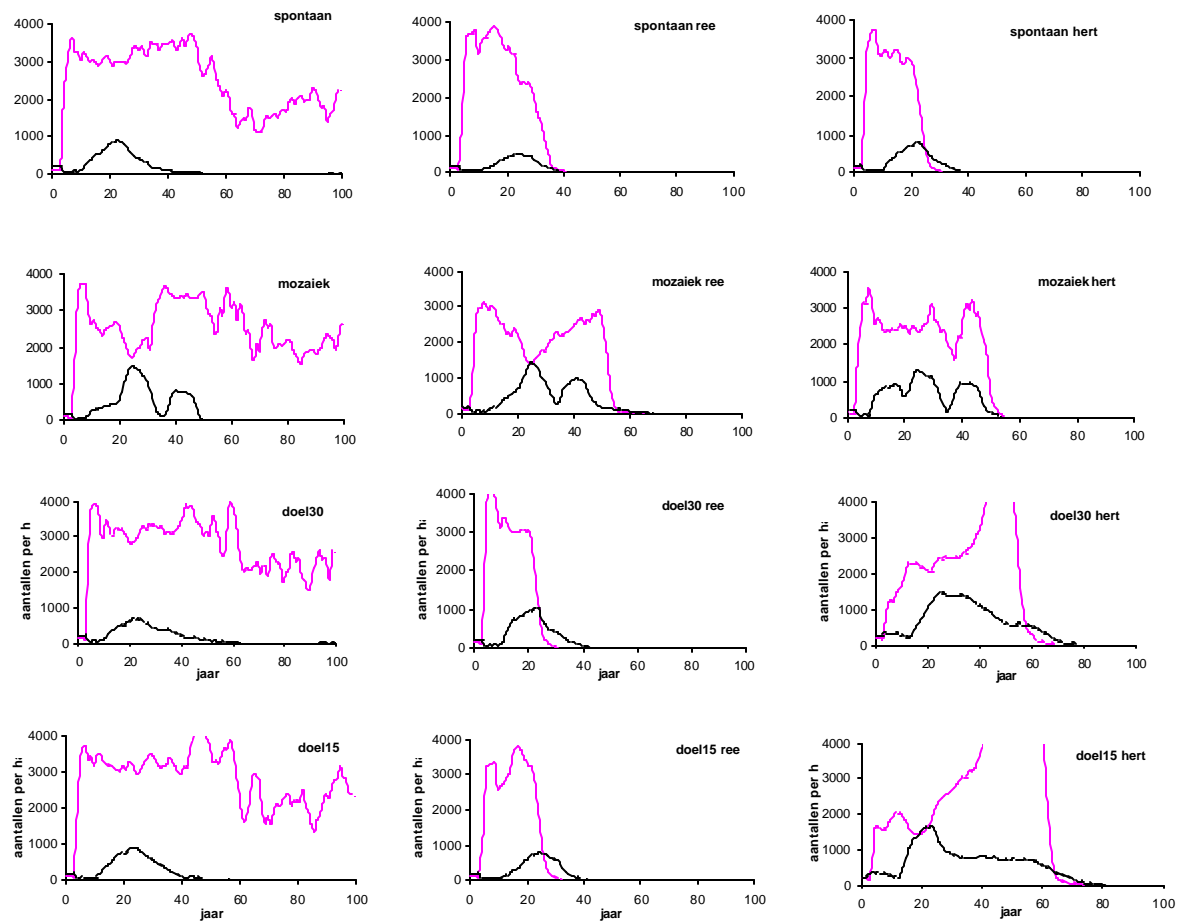
Bijlage 1.2 Aantalverloop van zaailingen van zomereik (*Quercus robur* L.) in het bostype Grove den op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: 0.5<hoogte<2.5m; klasse 2: 2.5<hoogte<5



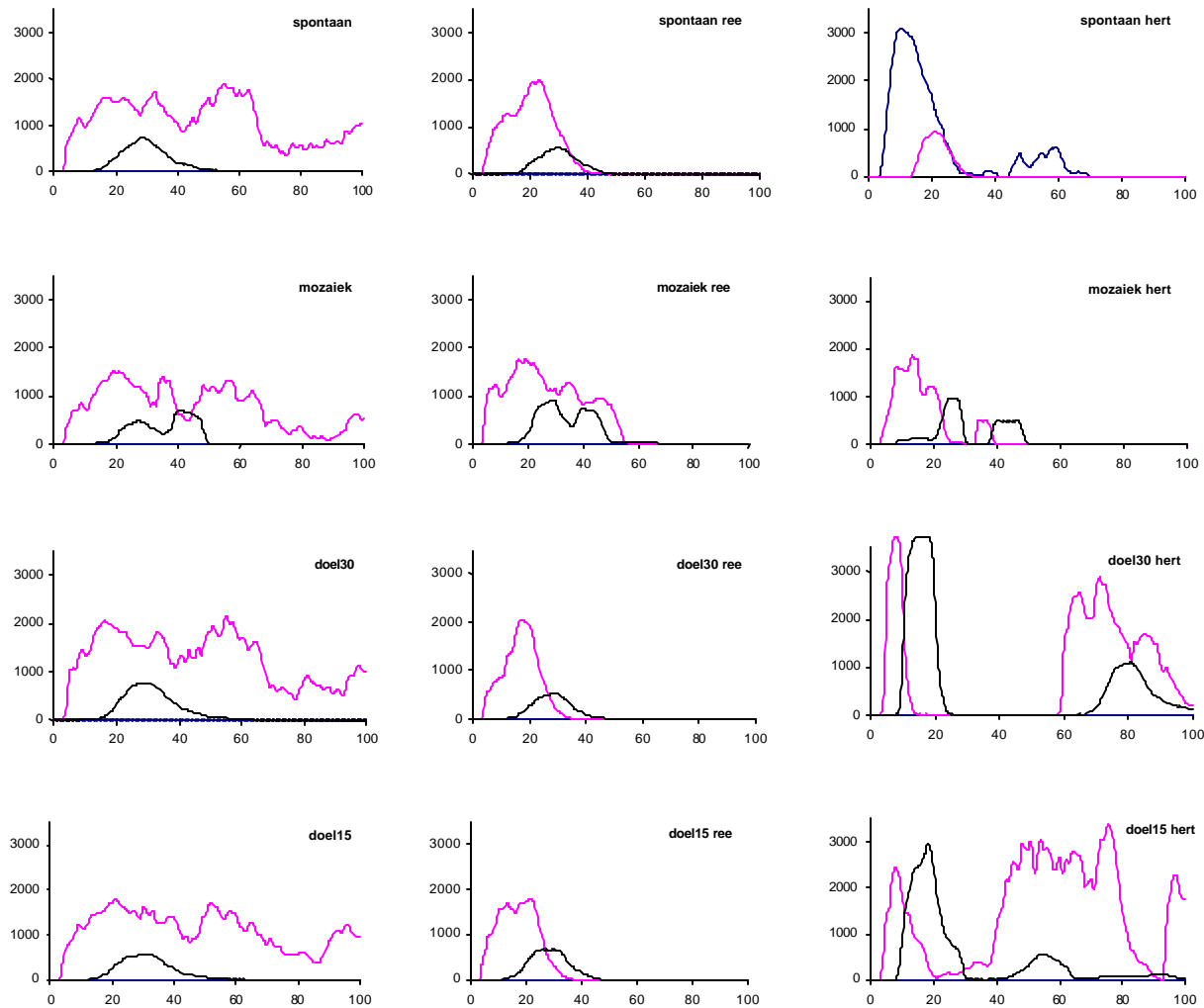
Bijlage 1.3 Aantalverloop van zaailingen van Amerikaanse eik (*Quercus rubra* L.) in het bostype Grove den op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$.



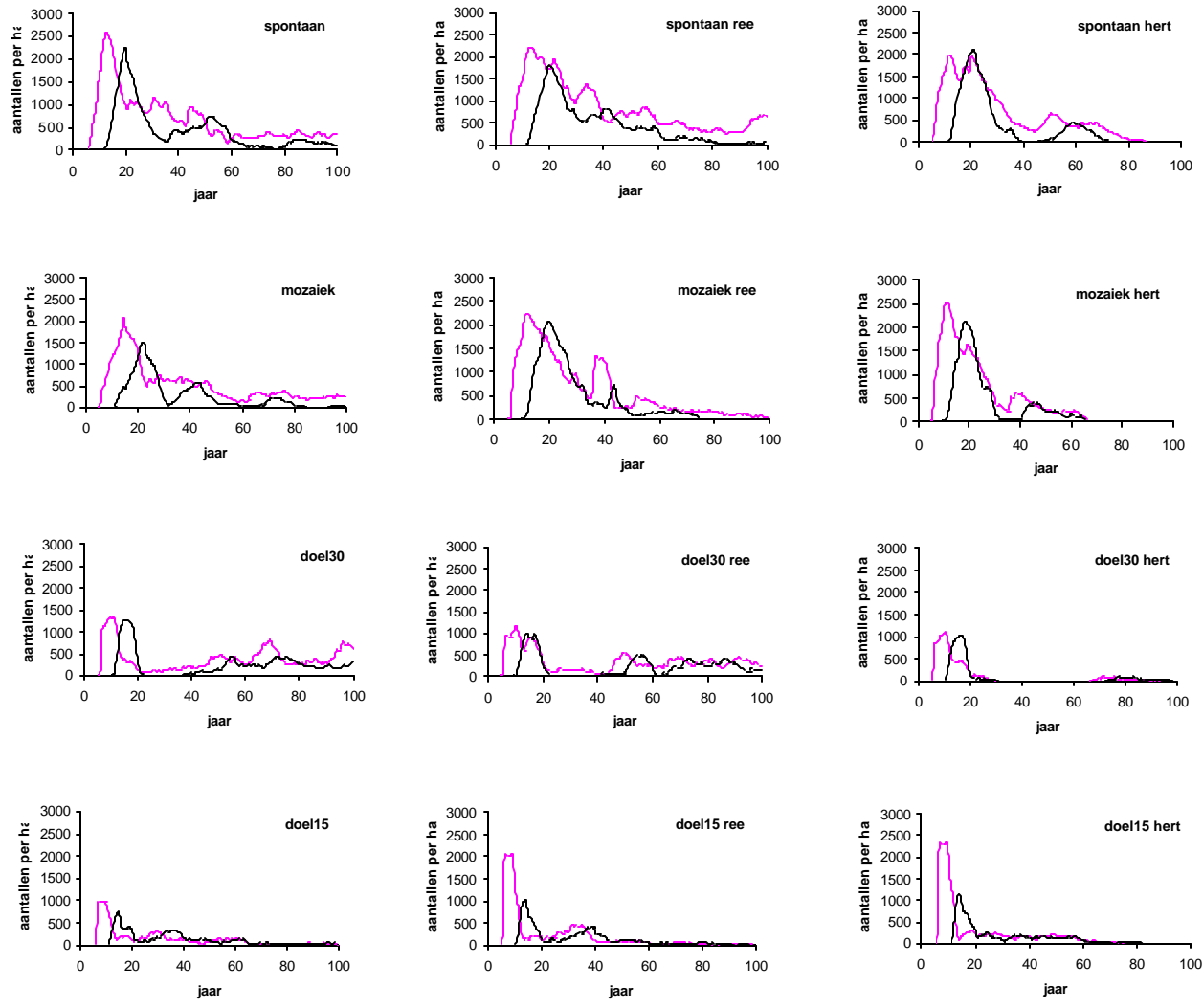
Bijlage 1.4 Aantalverloop van zaailingen van beuk (*Fagus sylvatica* L.) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$



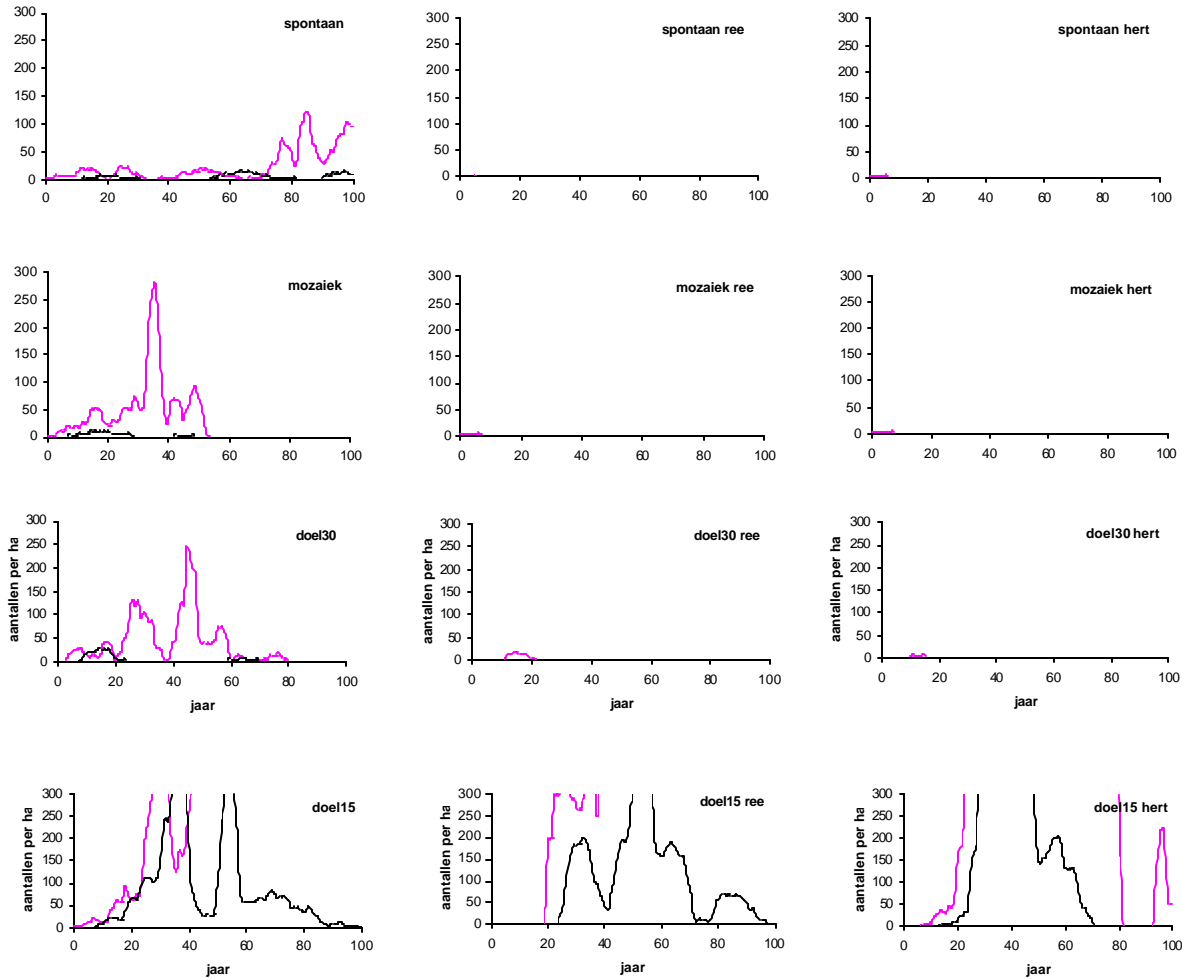
Bijlage 1.5 Aantalverloop van zaailingen van zomereik (*Quercus robur* L.) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$



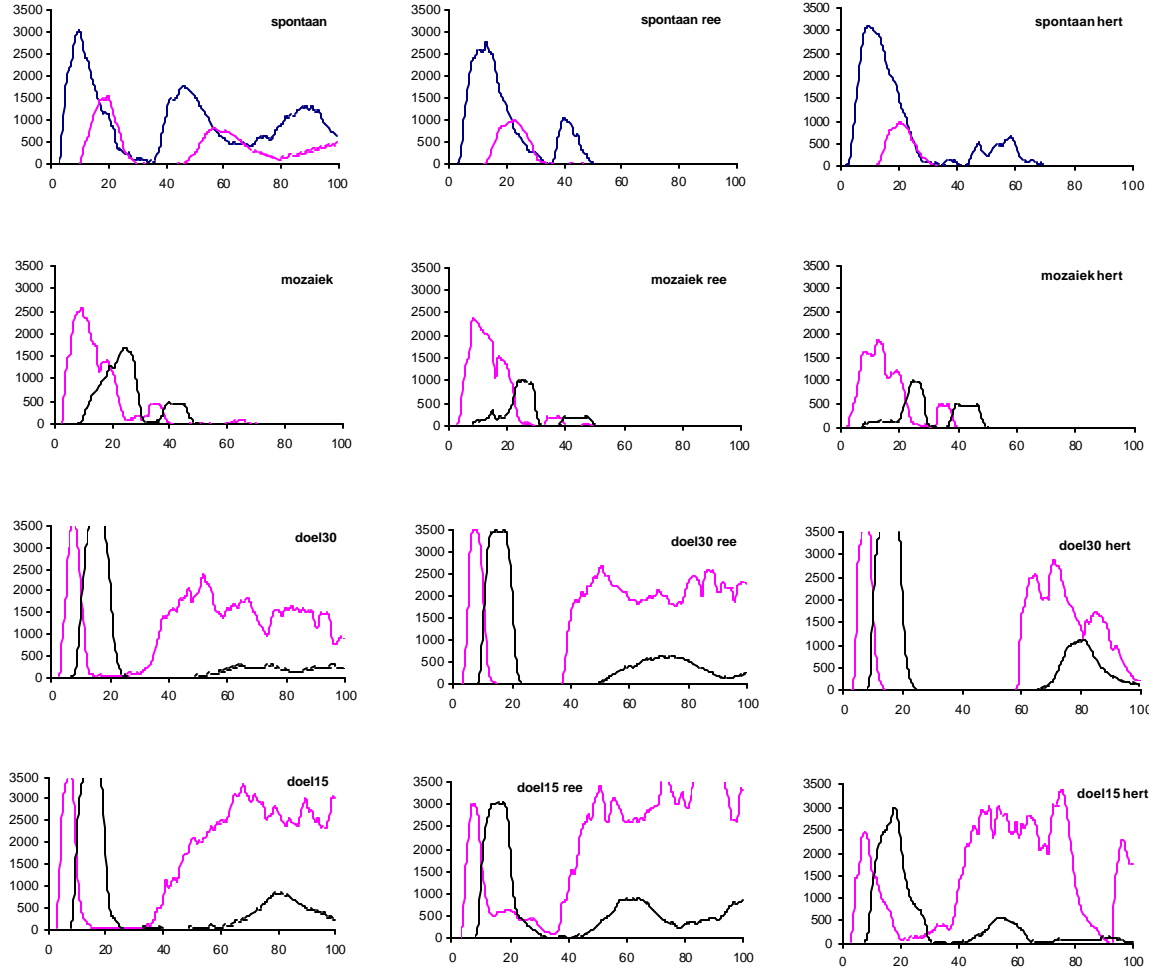
Bijlage 1.6 Aantalverloop van zaailingen van wintereik (*Quercus petraea* L.) in het bostype Gemengd bos op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$



Bijlage 1.7 Aantalverloop van zaailingen van beuk (*Fagus sylvatica* L.) in Beuk op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$



Bijlage 1.8 Aantalverloop van zaailingen van zomereik (*Quercus robur* L.) in het bostype Beuk op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$



Bijlage 1.9 Aantalverloop van zaailingen van wintereik (*Quercus petraea* L.) in het bostype Beuk op holtpodzol bij 4 beheersscenario's: beheer van nietsdoen, mozaïekmethode, doeldiameterdunning 30 en doeldiameterdunning 15. De dichtheden van de herbivoren in de verschillende scenario's zijn in de sub-figuren aangegeven. Hoogteklasse 1: $0.5 < \text{hoogte} < 2.5\text{m}$; klasse 2: $2.5 < \text{hoogte} < 5$

Bijlage 2 Houtprijzen van hout op stam

<u>Amerikaanse eik</u>			<u>Douglas</u>		
dbh 00-10 cm	f	0 / m ³	dbh 00-10 cm	f	0 / m ³
dbh 10-15 cm	f	11 / m ³	dbh 10-15 cm	f	6 / m ³
dbh 15-20 cm	f	23 / m ³	dbh 15-20 cm	f	18 / m ³
dbh 20-25 cm	f	28 / m ³	dbh 20-25 cm	f	39 / m ³
dbh 25-30 cm	f	32 / m ³	dbh 25-30 cm	f	40 / m ³
dbh 30-35 cm	f	62 / m ³	dbh 30-35 cm	f	49 / m ³
dbh 35-40 cm	f	85 / m ³	dbh 35-40 cm	f	52 / m ³
dbh 40-45 cm	f	108 / m ³	dbh 40-45 cm	f	64 / m ³
dbh 45-50 cm	f	108 / m ³	dbh 45-50 cm	f	64 / m ³
dbh 50-55 cm	f	156 / m ³	dbh 50-55 cm	f	101 / m ³
dbh 55 cm en meer	f	160 / m ³	dbh 55 cm en meer	f	101 / m ³
<u>Berk</u>			<u>Inlandse eik</u>		
dbh 00-10 cm	f	0 / m ³	dbh 00-10 cm	f	0 / m ³
dbh 10-15 cm	f	11 / m ³	dbh 10-15 cm	f	11 / m ³
dbh 15-20 cm	f	15 / m ³	dbh 15-20 cm	f	23 / m ³
dbh 20-25 cm	f	15 / m ³	dbh 20-25 cm	f	28 / m ³
dbh 25-30 cm	f	15 / m ³	dbh 25-30 cm	f	32 / m ³
dbh 30-35 cm	f	15 / m ³	dbh 30-35 cm	f	62 / m ³
dbh 35-40 cm	f	15 / m ³	dbh 35-40 cm	f	85 / m ³
dbh 40-45 cm	f	15 / m ³	dbh 40-45 cm	f	108 / m ³
dbh 45-50 cm	f	15 / m ³	dbh 45-50 cm	f	108 / m ³
dbh 50-55 cm	f	15 / m ³	dbh 50-55 cm	f	156 / m ³
dbh 55 cm en meer	f	15 / m ³	dbh 55 cm en meer	f	160 / m ³
<u>Beuk</u>			<u>Grove den</u>		
dbh 00-10 cm	f	0 / m ³	dbh 00-10 cm	f	0 / m ³
dbh 10-15 cm	f	11 / m ³	dbh 10-15 cm	f	12 / m ³
dbh 15-20 cm	f	23 / m ³	dbh 15-20 cm	f	23 / m ³
dbh 20-25 cm	f	28 / m ³	dbh 20-25 cm	f	33 / m ³
dbh 25-30 cm	f	32 / m ³	dbh 25-30 cm	f	37 / m ³
dbh 30-35 cm	f	48 / m ³	dbh 30-35 cm	f	54 / m ³
dbh 35-40 cm	f	69 / m ³	dbh 35-40 cm	f	56 / m ³
dbh 40-45 cm	f	87 / m ³	dbh 40-45 cm	f	67 / m ³
dbh 45-50 cm	f	87 / m ³	dbh 45-50 cm	f	67 / m ³
dbh 50-55 cm	f	110 / m ³	dbh 50-55 cm	f	104 / m ³
dbh 55 cm en meer	f	110 / m ³	dbh 55 cm en meer	f	104 / m ³

Bijlage 3 Alle resultaten beheersscenario's

Kolom	Omschrijving
1	bostype, beheersscenario
2	netto contante waarde van het resultaat incl. de waardeverandering bij 0% rente
3	annuïteit van het resultaat incl. de waardeverandering bij 0% rente
4	waardeverandering staande voorraad bij 0% rente
5	netto contante waarde van het resultaat excl. de waardeverandering bij 0% rente
6	netto contante waarde van het resultaat incl. de waardeverandering bij 3% rente
7	annuïteit van het resultaat incl. de waardeverandering bij 3% rente
8	interne rentevoet van het resultaat incl. de waardeverandering
9	netto contante waarde van het resultaat excl. de waardeverandering bij 3% rente
10	annuïteit van het resultaat excl. de waardeverandering bij 3% rente
11	interne rentevoet van het resultaat excl. de waardeverandering

	totaal		bijgroei		maatregelen		totaal		maatregelen	
	0,00		0,00	0,00	3,00	3,00	nvt	3,00		
	NCW	annuïteit	annuïteit	annuïteit	NCW	annuïteit	IR	NCW	ann	irr
Grove den op Holtpodzol - geen herbivoren - spontane bosontwikkeling	32517,35	325,17	379,17	-54,00	241,78	7,65	3,18	-1731,75	-54,80	-
Grove den op Holtpodzol - geen herbivoren - mozaïekmethode	30161,14	301,61	281,75	19,86	4436,34	140,40	+	2969,89	93,99	+
Grove den op Holtpodzol - geen herbivoren - doeldiameterdunning 30 cm	33548,58	335,49	383,86	-48,37	466,88	14,78	3,37	-1531,02	-48,45	-
Grove den op Holtpodzol - geen herbivoren - doeldiameterdunning 15 cm	31781,53	317,82	373,14	-55,32	142,35	4,50	3,10	-1799,75	-56,96	-
Grove den op Holtpodzol - met ree - spontane bosontwikkeling	32871,04	328,71	382,71	-54,00	260,19	8,23	3,19	-1731,75	-54,80	-
Grove den op Holtpodzol - met ree - mozaïekmethode	27615,24	276,15	281,43	-5,28	3191,65	101,01	+	1726,84	54,65	0,30
Grove den op Holtpodzol - met ree - doeldiameterdunning 30 cm	33046,70	330,47	377,31	-46,84	432,06	13,67	3,34	-1531,75	-48,47	-
Grove den op Holtpodzol - met ree - doeldiameterdunning 15 cm	33428,74	334,29	389,70	-55,41	215,20	6,81	3,15	-1813,08	-57,38	-
Grove den op Holtpodzol - met hert - spontane bosontwikkeling	30018,00	300,18	354,18	-54,00	111,70	3,53	3,08	-1731,75	-54,80	-
Grove den op Holtpodzol - met hert - mozaïekmethode	30949,84	309,50	310,90	-1,40	3660,85	115,85	+	2042,68	64,64	0,08
Grove den op Holtpodzol - met hert - doeldiameterdunning 30 cm	33318,27	333,18	379,77	-46,59	441,01	13,96	3,35	-1535,62	-48,60	-
Grove den op Holtpodzol - met hert - doeldiameterdunning 15 cm	33726,50	337,27	393,18	-55,91	217,51	6,88	3,15	-1828,89	-57,88	-
Gemengd bos op Holtpodzol - geen herbivoren - spontane bosontwikkeling	49407,59	494,08	548,08	-54,00	1120,89	35,47	3,70	-1731,75	-54,80	-
Gemengd bos op Holtpodzol - geen herbivoren - mozaïekmethode	37887,06	378,87	389,39	-10,52	2575,32	81,50	+	548,63	17,36	0,95
Gemengd bos op Holtpodzol - geen herbivoren - doeldiameterdunning 30 cm	49864,07	498,64	547,45	-48,81	1289,25	40,80	3,83	-1560,12	-49,37	-
Gemengd bos op Holtpodzol - geen herbivoren - doeldiameterdunning 15 cm	49136,23	491,36	548,72	-57,36	972,55	30,78	3,58	-1883,45	-59,61	-
Gemengd bos op Holtpodzol - met ree - spontane bosontwikkeling	48376,37	483,76	537,76	-54,00	1067,22	33,77	3,67	-1731,75	-54,80	-
Gemengd bos op Holtpodzol - met ree - mozaïekmethode	37954,33	379,54	391,14	-11,60	2530,79	80,09	+	494,98	15,66	1,08
Gemengd bos op Holtpodzol - met ree - doeldiameterdunning 30 cm	50318,32	503,18	551,73	-48,55	1317,88	41,71	3,85	-1553,82	-49,17	-
Gemengd bos op Holtpodzol - met ree - doeldiameterdunning 15 cm	50356,56	503,57	560,98	-57,41	1051,18	33,27	3,63	-1868,58	-59,13	-
Gemengd bos op Holtpodzol - met hert - spontane bosontwikkeling	47504,84	475,05	529,05	-54,00	1021,86	32,34	3,65	-1731,75	-54,80	-
Gemengd bos op Holtpodzol - met hert - mozaïekmethode	33340,53	333,41	351,18	-17,77	2048,67	64,83	+	220,89	6,99	1,97
Gemengd bos op Holtpodzol - met hert - doeldiameterdunning 30 cm	50791,98	507,92	555,62	-47,70	1370,05	43,36	3,88	-1521,86	-48,16	-
Gemengd bos op Holtpodzol - met hert - doeldiameterdunning 15 cm	49166,60	491,67	548,46	-56,79	985,64	31,19	3,59	-1868,98	-59,15	-

	totaal		bijgroei		maatregelen			maatregelen		
	0,00		0,00	0,00	3,00	3,00	nvt	3,00		
	NCW	annuiteit	annuiteit	annuiteit	NCW	annuiteit	IR	NCW	ann	irr
Beukenbos op Holtpodzol - geen herbivoren - spontane bosontwikkeling	-8754,45	-87,54	-33,54	-54,00	-1906,34	-60,33	-	-1731,75	-54,80	-
Beukenbos op Holtpodzol - geen herbivoren - mozaïekmethode	6347,93	63,48	7,93	55,55	6984,52	221,04	+	6943,23	219,73	+
Beukenbos op Holtpodzol - geen herbivoren - doeldiameterdunning 30 cm	32567,27	325,67	-11,62	337,29	28918,46	915,17	+	28978,90	917,09	+
Beukenbos op Holtpodzol - geen herbivoren - doeldiameterdunning 15 cm	43551,88	435,52	198,06	237,46	28031,58	887,11	+	27000,73	854,48	+
Beukenbos op Holtpodzol - met ree - spontane bosontwikkeling	-11920,23	-119,20	-65,20	-54,00	-2071,11	-65,54	-	-1731,75	-54,80	-
Beukenbos op Holtpodzol - met ree - mozaïekmethode	7300,21	73,00	-8,17	81,17	7717,15	244,22	+	7759,65	254,57	+
Beukenbos op Holtpodzol - met ree - doeldiameterdunning 30 cm	37306,12	373,06	36,49	336,57	29258,73	925,94	+	29068,78	919,93	+
Beukenbos op Holtpodzol - met ree - doeldiameterdunning 15 cm	34132,81	341,33	103,24	238,09	27555,49	872,04	+	27018,15	855,03	+
Beukenbos op Holtpodzol - met hert - spontane bosontwikkeling	-9280,27	-92,80	-38,80	-54,00	-1933,71	-61,20	-	-1731,75	-54,80	-
Beukenbos op Holtpodzol - met hert - mozaïekmethode	11016,09	110,16	-3,85	114,01	9100,91	288,01	+	9120,95	288,65	+
Beukenbos op Holtpodzol - met hert - doeldiameterdunning 30 cm	31953,27	319,53	11,43	308,10	28721,81	908,95	+	28662,30	907,07	+
Beukenbos op Holtpodzol - met hert - doeldiameterdunning 15 cm	41312,27	413,12	173,66	239,46	27964,64	884,99	+	27060,77	856,38	+

Legenda

—	Ruwe berk	<i>Betula pendula</i>
—	Zachte berk	<i>Betula pubescens</i>
—	Beuk	<i>Fagus sylvatica</i>
—	Vuilboom	<i>Frangula alnus</i>
—	Grove den	<i>Pinus sylvestris</i>
—	Amerikaanse vogelkers	<i>Prunus serotina</i>
—	Douglas	<i>Pseudotsuga menziesii</i>
—	Wintereik	<i>Quercus petrea</i>
—	Zomereik	<i>Quercus robur</i>
—	Amerikaanse eik	<i>Quercus rubra</i>