Evaluatie van effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen

Eindrapport





overlevingsplan

bos+natuur

Evaluatie van effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen

Eindrapport

A.F.M. Olsthoorn
R.J.A.M. Wolf

landbouw, natuur en voedselkwaliteit

Directie Kennis, april 2006

© 2006 Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Rapport DK nr. 2006/051-O
Ede, 2006

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij de directie Kennis onder vermelding van code 2006/dk051-O en het aantal exemplaren.

De deelrapporten zijn in te zien op http://www.alterra.wur.nl/

Oplage	150 exemplaren
Samenstelling	A.F.M. Olsthoorn, R.J.A.M. Wolf
Druk	Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij
Productie	Directie Kennis Bedrijfsvoering/Publicatiezaken Bezoekadres : Horapark, Bennekomseweg 41 Postadres : Postbus 482, 6710 BL Ede Telefoon : 0318 822500 Fax : 0318 822550 E-mail : DKinfobalie@minlnv.nl

Voorwoord

Het overgrote deel van de Nederlandse bossen bestaat uit multifunctioneel bos: bossen die functies vervullen voor zowel het behoud van biodiversiteit, de landschappelijke waarden, de recreatie als voor de houtproductie.
Deze functies, en met name de natuurfunctie van het bos staan onder druk door de sterk veranderde milieuomstandigheden in Nederland; vermesting, verzuring en verdroging.
Aanvullend op brongerichte maatregelen wordt in het kader van Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) onderzoek gedaan en maatregelen getroffen om de effecten van vermesting, verzuring en verdroging terug te dringen en de voor Nederland karakteristieke (natuur)waarden van o.a. multifunctionele bossen te herstellen en te behouden.

In OBN-verband zijn daarom enkele effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen met rijkssubsidie uitgevoerd en in 2004 en 2005 onderzocht op daadwerkelijke effecten ervan voor herstel en behoud van het bos. Deze evaluatie beslaat twee typen maatregelen.

a. Bekalking en het toevoegen van nutriënten.
   Doel: herstel van de mineralenbalans en zuurgraad in het bos.
b. Aanpassen van de bosvegetatie.
   Doel: behoud en ontwikkeling van vitale bomen, een gewenste boomsoorten-samenstelling en het bevorderen en ontwikkelen van natuurwaarden in het bos.

De resultaten en conclusies uit de acht deelrapporten van bovenstaande onderzoeken zijn in dit eindrapport samengevat en geïntegreerd.
De resultaten zijn vertaald naar aanbevelingen voor het beleid en nader onderzoek naar optimalisatie van beheersmaatregelen. Aan de hand van deze rapportage kan een grote stap worden gezet in de verdere ontwikkeling van Effectgerichte Maatregelen in multifunctionele bossen.

DE DIRECTEUR DIRECTIE KENNIS
Dr. J.A. Hoekstra

Inhoudsopgave

Samenvatting **7**

1 Inleiding **9**

1.1 Invloed van depositie op het bosecosysteem 9

1.2 Beschrijving van de maatregelen en hun doelstelling 10

1.3 Doel van de evaluatie 12

1.4 Opzet van de evaluatie 13

1.5 Opzet van dit eindrapport 15

2 Bemesting en bekalking **17**

2.1 Bemesting 17

2.2 Bekalking 23

3 Aanpassen van de bosvegetatie **29**

3.1 Noodverjonging 29

3.2 Structuurdunning 33

3.3 Toekomstbomendunning 36

4 Conclusies en aanbevelingen **39**

4.1 Bemesting en bekalking 39

4.2 Aanpassen van de bosvegetatie 40

4.3 Toekomst 43

Dankwoord **45**

Literatuur **47**

Bijlage 1	**Overzicht van de deelrapporten**	**49**
Bijlage 2	**Korte beschrijving van de methodiek per deelonderzoek**	**51**
Bijlage 3	**Samenvatting van de conclusies uit de deelonderzoeken**	**53**
Bijlage 4	**Uitwerking van aanbevelingen voor optimalisatie van de Maatregel 'aanpassen van de bosvegetatie'**	**55**
Bijlage 5	**Beschrijving bodemfaunagroepen**	**57**

Samenvatting

Depositie van luchtverontreiniging heeft negatieve invloeden op het bosecosysteem. Om deze invloeden tegen te gaan is er een aantal Effectgerichte Maatregelen (EGM) beschikbaar via het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN). Twee typen Effectgerichte Maatregelen voor multifunctioneel bos zijn geëvalueerd in dit onderzoek: A) Bekalking en toevoegen nutriënten (met de maatregelen Bekalking en Bemesting) en B) Aanpassen van de bosvegetatie (met de maatregelen Noodverjonging, Structuurdunning en Toekomstbomendunning). Voor elke onderzochte maatregel is bekeken of de OBN-doelen worden gehaald en wat de neveneffecten zijn.

Na bemesting vertoonde de vegetatie in de opstanden enige verruiging en het humusprofiel werd licht beïnvloed. Er zijn geen veranderingen in de bodemfauna aangetroffen. Ook zijn niet de verwachte veranderingen aangetroffen in de voedingsstoffensamenstelling van de bomen. De meetvariatie in de voedingsstoffengehalten was zeer groot, wat aangeeft dat de begin-diagnose niet voldoende betrouwbaar en herhaalbaar is. Na bemesting is er geen toename in de groei waargenomen. De groei bleek vóór de bemesting al bevredigend, dus het is de vraag of er wel sprake was van grote vitaliteitsproblemen. De Europese gebreksgrenzen van de meeste voedingsstoffen zijn scherper dan de Nederlandse en vormen wellicht een betere indicatie van wezenlijke vitaliteitsproblemen.

Ook na bekalking verruigde de vegetatie en werd het humusprofiel beïnvloed, sterker dan bij bemesting. Door bekalking veranderde de bodemfauna. Het aantal individuen nam af. Deze afname was het sterkst bij soorten die zich slecht kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden. De bodem-pH bleek niet te zijn toegenomen in de meetperiode en er is geen toename van de groei waargenomen. Ook hier was de groei vóór de bekalking al bevredigend, en leek er dus geen sprake van grote vitaliteitsproblemen. Een lage pH is niet automatisch een probleem; de calciumvoorziening is wel cruciaal. De beschikbaarheid van calcium kan in de meeste gevallen met andere meststoffen dan kalk verhoogd worden, bijvoorbeeld met gips.

Na noodverjonging (omvorming) bleek het bos meer divers in structuur geworden: het aantal boomsoorten en de structuurvariatie nam toe. In een deskundigenworkshop werd het te verwachten effect op het ecosysteem mede daarom als positief beoordeeld, omdat de biodiversiteit daardoor kan toenemen, zowel in de flora als in de fauna. De maatregel voldoet dus aan de doelstelling, maar zou wel kunnen worden verbeterd met een aantal aanpassingen.

Na structuurdunning (groepenkap) bleek de diversiteit van soorten en structuur nog meer verbeterd dan bij noodverjonging. In de workshop werden daarom vergelijkbare verwachtingen uitgesproken over de positieve effecten op flora en fauna. Ook deze maatregel voldoet dus goed. Ook hier kan het effect op het ecosysteem nog worden verbeterd door aanpassingen van de maatregel.

De maatregel toekomstbomendunning is niet in het veld beoordeeld. In de workshop is het effect op het ecosysteem ingeschat. De verwachting is dat er een beperkt positief effect zal optreden. Ook hier is verbetering van de maatregel mogelijk door lichte aanpassingen.

Hoofdconclusies
Zowel bij bemesting als bij bekalking werden de gewenste veranderingen niet aangetroffen, maar werd wel een aantal negatieve neveneffecten geconstateerd. Noodverjonging, structuurdunning en toekomstbomendunning leverden wel de gewenste effecten op.

Van de onderzochte OBN maatregelen is toekomstbomendunning de enige reguliere bosbeheersmaatregel. Structuurdunning is in toenemende mate een reguliere maatregel. OBN heeft voor deze beide maatregelen sterk stimulerend gewerkt richting bewust en actief bosbeheer.

Indien het bosecosysteem verbeterd dient te worden, biedt het optimaliseren van de geëvalueerde maatregelen goede mogelijkheden. Aanbevolen wordt om de doelstellingen per maatregel te heroverwegen en herdefiniëren. Daarbij moeten dan nieuwe criteria en grenswaarden worden vastgesteld. Ook wordt in een nieuwe opzet aangeraden om extensief te volgen of de gewenste effecten werkelijk optreden.

1 Inleiding

1.1 Invloed van depositie op het bosecosysteem

Door de depositie van verzurende en vermestende stoffen in de laatste decennia is onder andere de hoeveelheid stikstof in het ecosysteem toegenomen en is de pH van verzuringsgevoelige bodems gedaald. Zandgronden zijn verzuringsgevoelig en de meeste bossen in Nederland komen juist daarop voor. De beschikbaarheid van andere voedingsstoffen dan stikstof, zoals fosfor, kalium, magnesium en calcium, is afgenomen door gedeeltelijke uitloging van de bodem ten gevolge van deze verzurende depositie. Deze voedingsstoffen waren van nature meestal al beperkt aanwezig op de zandgronden. Biogeochemische processen hebben, o.a. via de calciumvoorziening, effecten op fysiologische processen in alle delen van de boom. Veranderingen in fysiologische processen leiden tot groei-effecten die uiteindelijk de bosstructuur beïnvloeden (zie figuur 1 voor details). Bij planten in de ondergroei spelen zich grotendeels dezelfde fysiologische processen af als bij bomen.

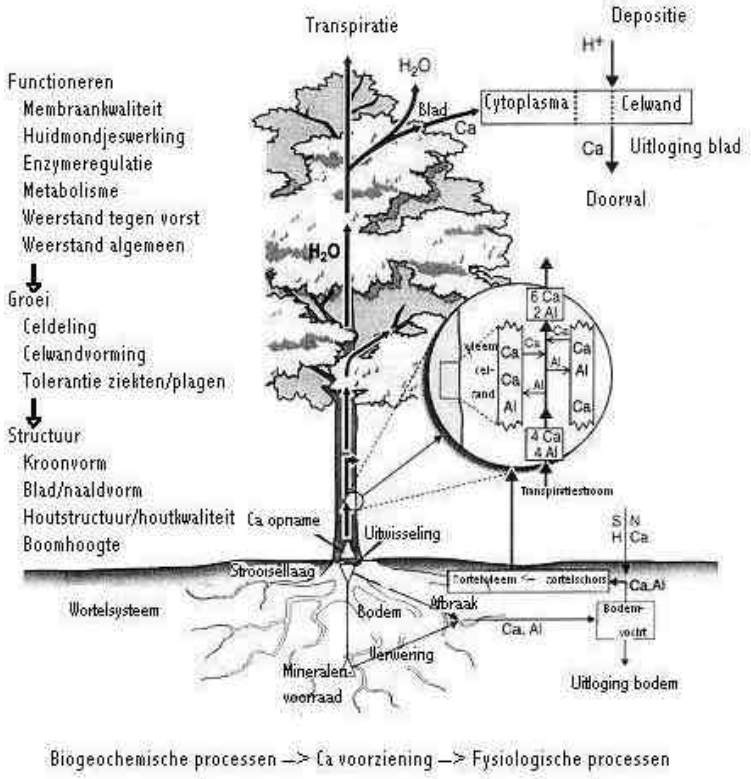
De opname van voedingsstoffen door bomen wordt ook beperkt doordat wortelsystemen met mycorrhizae als gevolg van de depositie vaak schade oplopen door de toegenomen aluminiumconcentraties in het bodemvocht.

Voor de voedingsstoffenvoorziening van de bomen is de depositie van verzurende en vermestende stoffen dus ongunstig. In Nederland is bij de depositie geen onderscheid te maken tussen verzuring en vermesting door de grote rol van stikstof die in de vorm van ammoniumsulfaat neerkomt. De stikstof werkt in de bodem zowel verzurend, via nitrificatie van ammonium naar nitraat waarbij H^+ vrijkomt, als vermestend, via de onnatuurlijk hoge beschikbaarheid van deze meststof.

Ook voor andere delen van het bosecosysteem is de depositie ongunstig. Door de overmaat aan stikstof is er risico op verruiging of sterke vergrassing van de ondergroei. Juist plantensoorten met een verstoringskarakter reageren positief op de extra stikstof, bijvoorbeeld bramen. Door de verzuring van de bodem gaat de kwaliteit van de bodemfauna achteruit en verandert de strooiselvertering. De organische horizont van de verzuurde bodems wordt dikker, met een ongunstiger humusvorm die een meer uitgesproken mor-karakter heeft.

Onder natuurlijke condities zorgt de langzame verwering van minerale bodemdelen voor regelmatige aanvulling van voedingsstoffen, zodat de voedingstoffenvoorziening meestal geen probleem vormt en de pH niet omlaag gaat. Zolang de depositie van verzurende en vermestende stoffen echter doorgaat verloopt de verwering niet snel genoeg om de verzuring bij te houden. Hierdoor blijft de pH op een laag niveau en kan het bosecosysteem zich niet herstellen. De periode met verhoogde depositie is nog niet voorbij, ondanks de vermindering van depositie van stikstof en zwavel.

Kortom, door de depositie van met name de stikstof gaat de kwaliteit van de bodem met de daarin aanwezige bodemfauna, bodemschimmels en mycorrhizae achteruit en verruigt de vegetatie. De biodiversiteit gaat achteruit.



Figuur 1: Beïnvloeding van fysiologische functies, groei en structuur van bomen die veroorzaakt wordt door biogeochemische processen bij verzuring en vermesting (vertaald uit: Mclaughlin & Wimmer 1999).

Biodiversiteit wordt in dit rapport opgevat als de diversiteit aan soorten en/of de diversiteit aan (bos)structuur. Bij de diversiteit aan soorten gaat het vooral om een uitgebalanceerde samenstelling, zoals in de vegetatiekunde een plantengemeenschap waarin kenmerkende soorten een rol kunnen vervullen. Bij een gevarieerde bosstructuur gaan we ervan uit dat meer diversiteit in bosstructuur (diversiteit in afmetingen, gelaagdheid en menging) meer niches biedt voor soorten uit verschillende typen bos en leeftijden van bomen. Biodiversiteit vertoont grote overlap met het begrip natuurwaarde.

De bomen krijgen door de depositie gebreken aan diverse voedingsstoffen en daardoor vaak vitaliteitsproblemen. Door de depositie ontstaat op verzuringsgevoelige bodems een slechtere blad- of naaldbezetting en ontstaan gebreksverschijnselen, zoals verkleuring van blad en naalden. Ook worden de bomen doordat ze verzwakt zijn kwetsbaarder voor ziekten en plagen (Van Dijk 1993). Bij ernstig verlies van bladeren of naalden neemt ook de groei af. De koppeling tussen conditie, blad- en naaldkenmerken en groei is overigens door de vele terugkoppelingsmechanismen niet erg direct en vaak is er slechts een zwakke correlatie tussen de effecten. Vitaliteit wordt bepaald op grond van de kenmerken ‘blad- of naaldbezetting’ en ‘blad- of naaldverkleuring’ en wordt in dit rapport ook zo bedoeld. Deze worden in de Nederlandse en Europese situatie beoordeeld volgens monitoringsprotokollen. Daarbij zijn er vier vitaliteitsklassen voor levende bomen, waarbij klasse 1 vitaal is en klasse 4 de slechtste vitaliteit heeft (klasse 5 is dood).

1.2 Beschrijving van de maatregelen en hun doelstelling

Via het overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) kunnen Effectgerichte Maatregelen (EGM) worden uitgevoerd met als doelstelling om onomkeerbare problemen gedurende de periode met een verhoogde depositie tegen te gaan.

De algemene doelstelling van het OBN luidt:

Herstel en behoud van ecosystemen en biodiversiteit door tijdelijke beheer- en/of inrichtingsmaatregelen, als aanvulling op regulier beheer, om onomkeerbare gevolgen van verzuring, verdroging en vermesting te voorkomen.

In het kader van het OBN worden o.a. de maatregelen 'Bekalking en toevoegen van nutriënten' en 'Aanpassing van de bosvegetatie' vanaf 1995 in multifunctionele bossen uitgevoerd. Bij uitvoering van beide maatregelen wordt altijd vooraf onderzoek gedaan naar de voedingsstoffenhuishouding.
De maatregel 'Bekalking en toevoegen van nutriënten' heeft voor multifunctionele bossen binnen het OBN de status van reguliere maatregel. Nutriënten worden in dit rapport meestal 'voedingsstoffen' genoemd, behalve waar naar de officiële OBN teksten wordt gerefereerd. In bossen met een andere (bijvoorbeeld natuur-) doelstelling is deze maatregel niet toegestaan. De maatregel 'Aanpassen van de bosvegetatie' heeft binnen het OBN voor multifunctionele bossen en natuurbos de status van proefmaatregel (Klein et al. 2001). Beide typen maatregelen worden geëvalueerd in dit onderzoek.

Bekalking en Toevoegen van nutriënten (A)

Toevoegen van voedingsstoffen via bosbemesting
Het doel van deze maatregel is:
- *Herstel van de mineralenbalans in bossen.*

Om dit doel te bereiken wordt een correctieve bemesting uitgevoerd om absolute tekorten van bepaalde voedingsstoffen (fosfor, magnesium, kalium, koper) en ook relatieve tekorten ten opzichte van stikstof op te heffen. Soms wordt ook calcium toegevoegd als voedingsstof. Deze maatregel kan worden uitgevoerd als er een tekort is aan één of meer mineralen dat zichtbaar is in de vorm van gebreksverschijnselen, zoals blad- en naaldverkleuring (Klein et al. 2001).

Toevoegen van basische stoffen via bekalking
Het doel van deze maatregel is:
- *Herstel van de zuurgraad in de bodem.*

Om dit doel te bereiken wordt een bekalking uitgevoerd om de pH van de bodem te verhogen.

Voorafgaand aan de uitvoering van deze beide maatregelen wordt in een vooronderzoek de chemische blad- of naaldsamenstelling m.b.t. de voedingsstoffenvoorziening bepaald en een chemisch grondonderzoek uitgevoerd. Op grond van dit vooronderzoek wordt via een standaardmethode per boomsoort en per voedingsstof bepaald of een bekalking of mestgift nodig is. Als hieruit volgt dat dit nodig is, dan wordt van elke voedingsstof en van kalk altijd een standaardhoeveelheid gegeven. De hoogte van deze standaardhoeveelheden is gebaseerd op de geschatte werkingsduur ervan en op de praktische mogelijkheid om de meststoffen goed verdeeld over een bosopstand te kunnen toedienen (Van den Burg & Schaap 1995).

Aanpassen van de bosvegetatie (B)
Onder 'Aanpassen van de bosvegetatie' vallen de maatregelen Toekomstbomen-dunning, Structuurdunning en Noodverjonging, elk met een eigen doelstelling en beschrijving (Klein et al. 2001).

Toekomstbomendunning
Het doel van deze maatregel luidt:
- Concentreren van de bijgroei op de kwalitatief beste en meest groeikrachtige bomen,
- sturen naar een gewenste boomsoortensamenstelling en opstandstabiliteit,
- verwijderen van bomen die kwalitatief niet voldoen,
- oogst van hout,
- soms ook het bevorderen en ontwikkelen van natuurwaarden in het bos.

De maatregel bestaat uit het aanwijzen van toekomstbomen (blessen) met het oog op een dunning in de stakenfase of boomfase in 20 tot 80 jaar oude multifunctionele bossen. Er worden 60 tot 120 toekomstbomen per hectare aangewezen; bij elke toekomstboom wordt tenminste de grootste concurrent weggenomen. Indien de opstand een monocultuur is of indien de toekomstbomen ongelijk over de opstand verspreid zijn, wordt de maatregel uitgevoerd en opgeleverd als structuurdunning (Klein et al. 2001).

Structuurdunning
Het doel van deze maatregel luidt:
- *Tot stand brengen van naar soorten en leeftijden gemengde bosopstanden.*
- *sturen naar een gewenste boomsoortensamenstelling en opstandstabiliteit.*
- *bevorderen en ontwikkelen van natuurwaarden in het bos.*

De maatregel bestaat uit groepsgewijze kap van 10 tot 25% van de opstand met diameters van 1 tot 3 maal de boomhoogte, in minimaal 20 jaar oude multifunctionele bossen (monoculturen en opstanden met ongelijke verdeling van geschikte toekomstbomen), al dan niet in combinatie met bodemverwonding en/of aanplant (Klein et al. 2001).

Noodverjonging
Het doel van deze maatregel luidt:
- *Sturen naar een andere boomsoort en/of herkomst die op de betreffende groeiplaats minder gevoelig is, dan wel beter aangepast.*
- *vergroten van de variatie aan boomsoorten, leeftijden en structuur, waardoor natuurwaarde, natuurlijkheid en biodiversiteit worden vergroot.*

De maatregel bestaat doorgaans uit het geheel of gedeeltelijk kappen en herinplanten van minimaal 20 jaar oude multifunctionele bossen, waarin de vitaliteit dermate is teruggelopen dat niet te verwachten is dat deze zich zal herstellen (vitaliteitsklasse 4 en/of bijgroei < 80% van de verwachting op grond van boniteit; Klein et al. 2001).



Figuur 2: Bosbeeld met gevarieerde verjonging enkele jaren na uitvoering van de maatregel noodverjonging. Een aantal grove dennen is als overstaanders gehandhaafd. (Foto: R. Wolf)

1.3 Doel van de evaluatie

De algemene doelstelling van deze evaluatie is:

Beoordelen in hoeverre de effectgerichte maatregelen 'Bekalking en het toevoegen van nutriënten' en 'Aanpassen van de bosvegetatie' in de vorm waarin ze gedurende

de afgelopen tien jaar zijn uitgevoerd effectief en efficiënt zijn gebleken voor het bereiken van de in OBN-kader gewenste resultaten en op welke wijze de effectiviteit en efficiëntie van deze maatregelen waar mogelijk verder zou kunnen worden vergroot.

Deze algemene doelstelling is hieronder per maatregel nader ingevuld en geconcretiseerd door de doelstellingen aan te geven van de verschillende deelonderzoeken die zijn uitgevoerd:

Bekalking en het toevoegen van nutriënten (A)
- *beoordelen of door de nutriënten- cq. de kalkgift de nutriëntenbalans cq. zuurgraad is verbeterd; beoordelen of er sprake is van een autonome ontwikkeling in nutriëntenbalans cq. zuurgraad van onbehandelde bossen (A1.1),*
- *beoordelen of door de nutriënten- cq. kalkgift de vitaliteit van de opstanden is verbeterd (A1.2),*
- *beoordelen van de noodzaak van bekalking als maatregel tegen verzuring als ook bemesting met calciumhoudende (pH-neutrale) fosfaatmeststof plaatsvindt (A2),*
- *beoordelen van de effecten van bekalking en het toevoegen van nutriënten op het bosecosysteem in het algemeen en op de flora, de bodemfauna en het humusprofiel in het bijzonder (A3.1 en A3.2).*

Aanpassen van de bosvegetatie (B)
- *beoordelen of uitvoering van de maatregelen structuurdunning en noodverjonging heeft geleid tot realisatie van de hiervoor geformuleerde doelen (B1),*
- *beoordelen van de invloed die uitvoering van de maatregelen structuurdunning en noodverjonging heeft op de effectieve depositie in de desbetreffende opstand (B2),*
- *beoordelen van de effecten van de maatregelen toekomstbomendunning, structuurdunning en noodverjonging op het bosecosysteem in het algemeen en op de flora en fauna in het bijzonder (B3).*

1.4 Opzet van de evaluatie

De Effectgerichte Maatregelen die de afgelopen periode in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur met subsidie zijn uitgevoerd in de Nederlandse multifunctionele bossen, zijn in 2004 en 2005 geëvalueerd. Deze evaluatie is uitgevoerd door Alterra en Eelerwoude in opdracht van het Ministerie van LNV.

Zoals hierboven al is aangegeven betreft de evaluatie twee typen maatregelen: A) Bekalking en het toevoegen van nutriënten, en B) Aanpassen van de bosvegetatie.

Voor beide maatregeltypen is conform het Bestek (mei 2002) een driesporenbenadering gevolgd. In principe zijn steeds de volgende drie onderdelen geëvalueerd:
1. de mate waarin het voor de maatregel geformuleerde doel is gerealiseerd,
2. de mate waarin negatieve effecten van de ver-thema's zijn opgeheven of verminderd,
3. de bijdrage die uitvoering van de maatregel heeft geleverd aan duurzame ontwikkeling van het bosecosysteem (gevolgen voor flora en fauna, meestal 'neveneffecten' genoemd in dit rapport).

Voor de evaluatie van de beide maatregeltypen, zijn in overleg met de opdrachtgever meerdere deelonderzoeken uitgevoerd. Het gaat hierbij om de volgende 8 deelonderzoeken:

Bekalking en het toevoegen van nutriënten

A1.1 Onderzoek naar het effect van de maatregelen op de nutriëntenbalans en de zuurgraad en naar de autonome ontwikkeling van nutriëntenbalans en zuurgraad, via analyse van blad- en bodemmonsters (herbemonstering),

A1.2 Onderzoek naar het effect van de maatregel op de vitaliteit van het bos, via veldonderzoek naar boomgroei (aanwasmeting),

A2 Onderzoek naar de noodzaak van bekalking bij een te lage pH bij toepassing van bemesting met calciumhoudende fosfaatmeststof (literatuuronderzoek),

A3.1 Onderzoek naar de effecten van de maatregel op de flora en de bodemfauna (literatuuronderzoek naar neveneffecten van de maatregel),

A3.2 Onderzoek naar de effecten van de maatregel op vegetatie, humus en bodemfauna (veldonderzoek naar neveneffecten van de maatregel).

Aanpassen van de bosvegetatie

B1 Onderzoek naar de mate waarin uitvoering van structuurdunning en noodverjonging leidt tot realisatie van de hiervoor geformuleerde doelen (veldonderzoek).

B2 Onderzoek naar de invloed van structuurdunning en noodverjonging op de effectieve depositie in bossen (literatuuronderzoek),

B3 Onderzoek naar de effecten van toekomstbomendunning, structuurdunning en noodverjonging op het bosecosysteem (workshop met deskundigen).



Figuur 3: Boorkernen, hier van eiken, zijn gebruikt om via meting van de jaarringbreedten het effect van bekalking of bemesting op boomgroei en - indirect - op de vitaliteit van het bos te onderzoeken. (Foto: R.Wolf)

Eerdere rapportages over EGM maatregelen voor bossen

Deze evaluatie van EGM maatregelen staat niet op zichzelf. Voor de maatregelen zijn afgekondigd, tien jaar geleden, zijn er voorbereidende studies en rapportages geweest. Deze worden hieronder kort besproken.

De evaluatie van Goos & Prins (1993) is voornamelijk gericht op het doen van aanbevelingen voor het Bosbeleidsplan. Het onderzoek is gebaseerd op interviews met sleutelpersonen en dossier- en archiefonderzoek. Het rapport signaleert dat onderzoeksresultaten voor veel voorziene maatregelen ontbreken, behalve voor de voedingsstoffenbalans. Veel maatregelen hadden daardoor toen nog een voorlopig karakter (plaggen, bosbegrazing). Het rapport bespreekt de hoogte van de toenmalige EGM-subsidiebedragen en de beperkte stimulerende waarde die daarvan uitging. Het rapport vormt één van de uitgangspunten van de opzet van de EGM maatregelen sinds 1995.

Klap & Schmidt (1995) bespreken de bossen met bijzondere natuurwaarde. Zij beschrijven de uitgangstoestand en enkele tussentijdse resultaten van een aantal proeven met maatregelen die niet overlappen met de hier onderzochte maatregelen. De maatregelen betreffen veelal afvoer van organische stof, zoals plaggen. In sommige proeven is ook de maatregel (sterke) dunning opgenomen. De resultaten van de proeven zijn nog niet vastgelegd en kunnen dus niet gebruikt worden in deze evaluatie in 2005. De dunning was vrij extreem van karakter. Het grondvlak werd teruggebracht tot 10 m^2/ha, vaak gecombineerd met verwijdering van het strooisel. De proeven zijn daarmee niet vergelijkbaar met de huidige uitvoering van de maatregel Aanpassing van de bosvegetatie (toekomstbomendunning, structuurdunning en noodverjonging).

Bal et al. (1999) bespreken een aantal vorderingen sinds OBN is gestart, in 1989. Bossen vormen maar een klein onderdeel van het beknopte rapport. Er was op dat moment nog onvoldoende informatie beschikbaar om de effecten van de maatregelen in bossen goed te kunnen beschrijven.

Omdat de bovenstaande rapportages vooral een voorbereidend karakter hebben en geen conclusies bevatten over de vraagstelling van ons onderzoek, worden ze verder niet besproken in dit rapport.

De resultaten van het bemestingsonderzoek van Van den Burg (Van den Burg 1994a t/m 1994e en Van den Burg & Olsthoorn 1994) waren bepalend voor de opzet van de maatregelen bekalking en bemesting. Zijn rapporten zijn het uitgangspunt bij de evaluatie van deze maatregelen en Van den Burg's conclusies worden vergeleken met onze resultaten in hoofdstuk 2.

Weersink (1999) geeft een duidelijke beschrijving van de praktische uitvoering van de maatregelen. Bij meer gedetailleerde vragen tijdens het onderzoek is contact opgenomen met de auteur voor verdere verduidelijking.

1.5 Opzet van dit eindrapport

Hierboven is in hoofdstuk 1 aandacht besteed aan de achtergrond (§1.1), de aard en de doelstelling van de geëvalueerde maatregelen (§1.2) en aan het doel en de opzet van het evaluatieproject (§1.3 en 1.4). De resultaten van de maatregelen die in het kader van dit project zijn geëvalueerd worden in hoofdstuk 2 en 3 besproken. Elke maatregel in hoofdstuk 2 en 3 is beschreven volgens dezelfde opzet, met achtereenvolgens de beoogde en verwachte effecten, de aangetroffen effecten, een discussie en een samenvatting. In hoofdstuk 2 komen de resultaten van Bemesting (§2.1) en Bekalking (§2.2) aan de orde. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de maatregel Aanpassen van de bosvegetatie beschreven en bediscussieerd, waarbij achtereenvolgens wordt ingegaan op Noodverjonging (§3.1), Structuurdunning (§3.2) en Toekomstbomendunning (§3.3). Hoofdstuk 4 bevat de conclusies en de belangrijkste aanbevelingen voor het beleid.

De resultaten van elk van de acht deelonderzoeken (zie §1.4) zijn beschreven in een apart deelrapport. Deze acht deelrapporten fungeren als bijlagen bij dit eindrapport. Achterin dit eindrapport is een overzicht van alle deelrapporten opgenomen (Bijlage 1). De gevolgde methodiek van elk deelonderzoek is samengevat in Bijlage 2. Bijlage 3 geeft een samenvatting van de conclusies uit de deelonderzoeken. De deelrapporten zijn als losse bijlagen bij dit eindrapport beschikbaar en afzonderlijk leesbaar. De resultaten en conclusies uit alle deelrapporten zijn in dit eindrapport samengevat, geïntegreerd en vertaald naar aanbevelingen voor het beleid. Voor gedetailleerde gegevens en een uitgebreidere discussie over een bepaald deelonderzoek wordt verwezen naar het desbetreffende deelrapport.

2 Bemesting en bekalking

2.1 Bemesting

Beoogde en verwachte effecten
Het doel van de OBN-maatregel bosbemesting (toevoegen van voedingsstoffen) is het herstel van de mineralenbalans in bossen via toediening van voedingsstoffen waaraan een tekort is ontstaan. De maatregel kan worden uitgevoerd wanneer uit een diagnose van de blad- of naaldsamenstelling is gebleken dat er een tekort is aan één of meer voedingsstoffen, absoluut of in verhouding tot het vaak hoge stikstofgehalte (Klein et al. 2001). De benodigde voedingsstoffen worden toegediend via een correctieve bemesting met als doel om de risico's voor vitaliteitsachteruitgang te minimaliseren.

Bij de bepaling of een opstand voor bemesting in aanmerking komt, wordt alleen naar de voedingstoestand van de bomen gekeken via een diagnose van de voedingstoffenvoorziening in bladeren of naalden en naar de pH-KCl en de fosfor- en kopervoorziening in de bodem. Er wordt bij deze diagnose dus niet naar de conditie van overige onderdelen van het ecosysteem gekeken (vegetatie, humusprofiel, bodemfauna, bodemschimmels en mycorrhizae) en ook niet naar de vitaliteit en groei van de bomen. De voedingstoestand van de bomen is bepalend voor het al dan niet gesubsidieerd uitvoeren van een bemesting in de opstand.



Figuur 4: Uitvoering van de maatregel bemesten in een besneeuwde Douglasopstand. (Foto: M. Boertjes)

Via het bemestingsonderzoek van Van den Burg in 50 proefvelden (zie Van den Burg 1994a t/m 1994e; en Van den Burg & Olsthoorn 1994) is bekend dat de bomen de toegediende mineralen ook in de verzuurde en verrijkte situatie nog kunnen opnemen en dat dit vaak de vitaliteit en de groei bevordert. Van den Burg & Schaap (1995) nemen

aan dat fosfor en koper gedurende een hele omloop effect kunnen hebben, kalk gedurende 20 jaar en kalium en magnesium gedurende zo'n 10 jaar. De vraag voor deze evaluatie is of de bovenstaande bevindingen ook gelden in de praktijk van de OBN toepassing en of de toegediende voedingsstoffen in de bladeren of naalden teruggevonden kunnen worden. Door een betere voedingsstoffenhuishouding zouden de vitaliteitskenmerken, de blad- en naaldbezetting en blad- en naaldkleur, moeten verbeteren. Omdat deze kenmerken niet zijn gemeten vóór de behandeling, is het onmogelijk om het effect van de bemesting op de vitaliteitskenmerken zèlf vast te stellen. Als na bemesting de vitaliteit beter wordt, nemen blad- of naaldmassa toe en verdwijnen gebreksverschijnselen. Dan zou de groei ook toe kunnen nemen. Dit groei-effect is ook regelmatig gevonden in de bemestingsproefvelden van Van den Burg en dit kon in deze evaluatie wèl worden onderzocht.

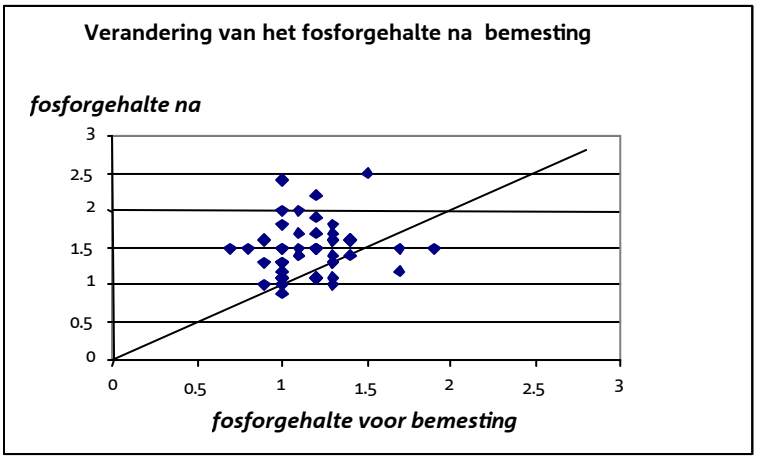
Bij de bemesting wordt geen stikstof toegediend in de opstand. Er worden juist andere voedingsstoffen gegeven: vooral fosfor, kalium en magnesium, en in incidentele gevallen ook calcium en koper. De balans tussen deze voedingsstoffen en stikstof zou daarmee gunstiger moeten worden voor de bomen.

Aangetroffen effecten

Vier à vijf jaar na de behandeling, konden geen significant positieve veranderingen in de blad- of naaldgehalten worden vastgesteld als gevolg van een bemesting met fosfor, kalium en/of magnesium (zie tabel 1). Alleen het fosforgehalte laat een verbetering zien na bemesting met fosfor, maar die is net niet significant (zie figuur 5). Fosfor is de voedingsstof waaraan in de uitgangssituatie het vaakst een gebrek bleek te zijn. In 61% van de bijna 5000 opstanden waarvan gegevens zijn gebruikt in dit onderzoek lag het fosforgehalte onder de gebreksgrens, zoals gedefinieerd in Van den Burg & Schaap (1995). Door de bemesting werd de bodem zuurder: de bodem-pH nam af met gemiddeld bijna 0,2 eenheid. Dit is een logisch gevolg van de uitwisseling van H^+ ionen in de bodem na toediening van meststoffen (zouten).

Tabel 1 Effect van de behandeling in de bemeste opstanden (in $g.kg^{-1}$), gecorrigeerd voor verandering in de niet-bemeste opstanden, met de significantie van het effect (95% betrouwbaarheid, grijs: bijna significant).

Voedingsstof	Aantal opstanden	Verandering bemest	Verandering onbemest	Effect behandeling	Significant / p-waarde
Fosfor	50	0.28	0.14	0.13	Nee / 0.06
Kalium	22	1.9	2.0	-0.1	Nee / 0.86
Magnesium	23	0.11	0.22	-0.11	Nee / 0.34

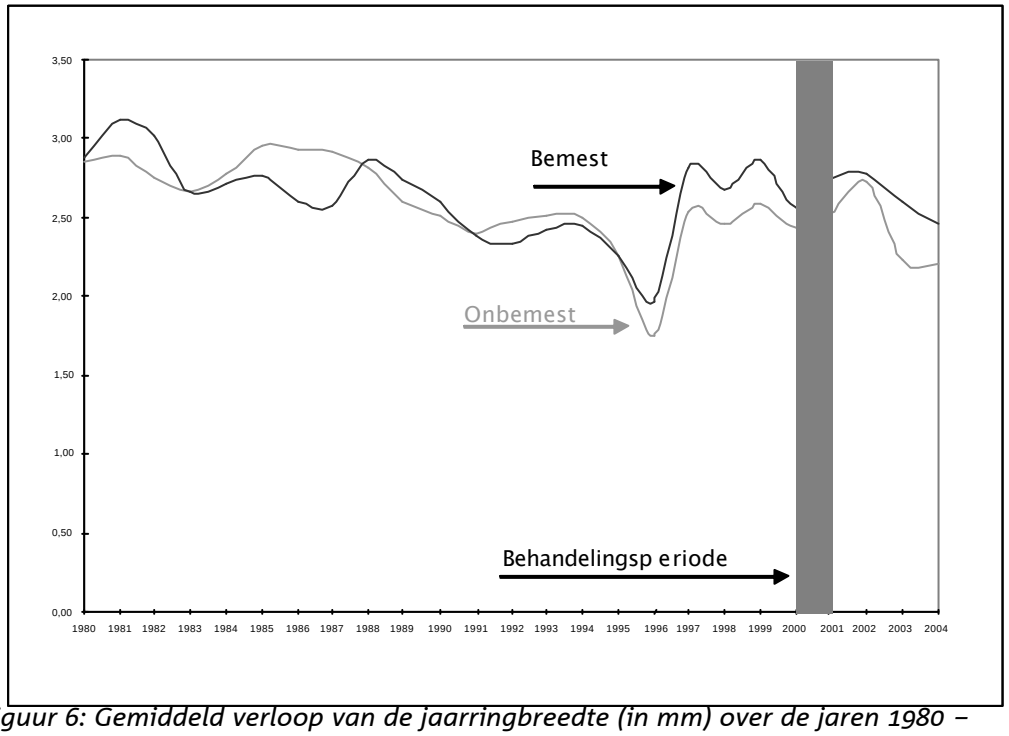


Figuur 5: Vergelijking van de fosforgehalten in blad of naalden voor en na bemesting. In de punten die boven de diagonale lijn liggen is het fosforgehalte na bemesting toegenomen. Er is sprake van een bijna significant positief effect en van veel meetvariatie (spreiding).

Bij gebrek aan bruikbare basisgegevens over vitaliteitskenmerken is gekeken naar groei als indicator voor vitaliteit van de bomen. De maatregel bemesting heeft enkele jaren na uitvoering niet geleid tot een verandering in de groeisnelheid van de bomen. De gemeten jaarringdikten van tussen 2 en 3 mm geven echter aan dat voorafgaand aan de uitvoering van de bemesting geen sprake was van problemen op het gebied van de groei (zie figuur 6). Ook bij een dergelijke acceptabele groeisnelheid is een toename van de jaarringdikte door de correctieve bemesting mogelijk, maar deze is niet aangetroffen. De fluctuaties in de groei voor en na de bemesting zijn het gevolg andere factoren, waaronder de weersomstandigheden in de verschillende jaren. Gezien de groei lijkt er voorafgaand aan uitvoering van maatregel bemesting geen sprake te zijn geweest van grote vitaliteitsproblemen en is er mogelijk mede hierdoor geen verbetering in de groei opgetreden na uitvoering van deze maatregel.

De (neven)effecten van bemesting op het bosecosysteem zijn onderzocht aan de hand van veranderingen in de vegetatie, het humusprofiel en de bodemfauna (zie tabel 2). Het aantal plantensoorten was in bemeste percelen aanzienlijk hoger dan in onbehandelde percelen. Deze toename betreft voornamelijk soorten die volgens Ellenberg (zie Schaffers & Sykora, 2000) indicatief zijn voor een verhoogd aanbod van voedingsstoffen. De bedekking van deze ruderale soorten is meestal beperkt. De bemesting heeft geleid tot een significante toename van de totale bedekking van de kruidlaag en een net niet significante toename van de hoogte van de kruid- en struiklaag. Dit betekent een verhoogde productiviteit van de ondergroei. Met name door de toename van de stikstofindicerende soorten is dit in principe een negatieve ontwikkeling voor de biodiversiteit.

Er zijn in bemeste percelen meer overjarige zaailingen van bomen en struiken gevonden dan in onbehandelde percelen. Dit kan duiden op een succesvollere verjonging van boom- en struiksoorten na bemesting. De toename van verjonging van de boom- en struiksoorten kan een langdurend positief effect hebben op het bosecosysteem door de ontwikkeling van een meer gevarieerde boom- en struiklaag. Als de voedingsstoffenniveaus weer zijn afgenomen (gemiddeld ongeveer een decennium na de bemesting) kan dit op termijn positief uitpakken voor de biodiversiteit.



Figuur 6: Gemiddeld verloop van de jaarringbreedte (in mm) over de jaren 1980 – 2004 van alle in de bemeste en onbemeste proefvlakken gemeten bomen.

Tabel 2 Belangrijkste verschillen in vegetatie, humusprofiel en bodemfauna tussen bemeste en onbemeste proefvlakken (afgerond; significantie bij toepassing gepaarde T-toets; grijstint: significant).

Kenmerk	Behandeling		Effect
	Niet bemest	Wel bemest	Waarde in bemeste proefvlakken
	Gemiddelde waarde		
Vegetatie			
Bedekking kruidlaag (%)	38	54	Significant hoger
Hoogte struiklaag (m)	1	2	Net niet significant hoger (trend)
Hoogte kruidlaag (cm)	28	44	Net niet significant hoger (trend)
Soortenaantal	12	21	Significant hoger
Indicatie voor zuur*	3.0	3.5	Significant hoger (minder zuur)
Indicatie voor stikstof*	3	4	Significant hoger (meer stikstof)
Humusprofiel			
Dikte L-horizont (mm)	8	6	Significant dunner
Dikte Hr-horizont (mm)	13	17	Significant dikker
Bodemfauna			
Geen significante of net niet significante veranderingen			

* Ellenberg indicatiewaarden, gemiddelde van de Ellenberg-waarden van alle voorkomende soorten in de opnamen

Door bemesting is het humusprofiel enigszins veranderd. De bovenste laag met onverteerd strooisel (L-horizont) is in bemeste percelen dunner dan in onbemeste percelen. De dieper gelegen laag die uit grotendeels omgezette humus bestaat (Hr-horizont) is in bemeste percelen aan de bovenkant aangegroeid. Bemesting lijkt te leiden tot snellere omzetting van strooisel. Deze veranderingen hebben een beperkt effect gehad en het type omzettingen van de organische stof is niet veranderd. Daarom zijn de opbouw van het humusprofiel en de aanwezige humusvorm door de bemesting niet veranderd.

Bemesting heeft de bodemfauna niet beïnvloed. Het totale aantal bodemdieren is niet significant of bijna significant veranderd, en ook de aantallen van de verschillende groepen bodemdieren en de aantalsverhoudingen daartussen zijn ongeveer gelijk gebleven. Er zijn ook geen wezenlijke veranderingen in soortensamenstelling opgetreden.

In de literatuur (na Van Tol 1995) werden regelmatig tegenstrijdige effecten gevonden met betrekking tot de effecten van bemesting op de vegetatie en de bodemfauna. Deze tegenstrijdigheid hangt mede samen met de grote diversiteit aan ecologische omstandigheden en aan vormen van bemesting in de diverse onderzoeken. In ons veldonderzoek werden soms iets andere effecten aangetroffen dan in de literatuur, maar de resultaten van het veldonderzoek zijn consistent en toegesneden op de praktijksituatie die geldt voor de uitvoering van de OBN-maatregel bemesting.

De effecten op voedingsstoffengehalte en groei die zijn gevonden zijn niet conform de verwachting. De gewenste verbetering van de voedingsstoffenvoorziening is slechts in heel beperkte mate opgetreden en de vitaliteit is niet verbeterd. Ook onverwacht is dat er nauwelijks sprake lijkt te zijn geweest van vitaliteitsproblemen in de periode voorafgaand aan de bemesting. De (neven)effecten op het ecosysteem zijn minder onverwacht. Er is een negatief effect op de vegetatie (verruiging), maar dit is beperkt en mogelijk tijdelijk. Een onverwacht positief neveneffect is de toename van verjonging van bomen en struiken.

Discussie

Grote meetvariatie
De meetvariatie, een belangrijke grootheid bij het uitvoeren van onderzoek, van de in het veld bepaalde voedingsstoffengehalten bleek veel groter dan verwacht. Het gaat hierbij in de statistische terminologie om de 'meetfout'. Zowel bij de beginmeting als bij de herbemonstering is de meetvariatie groot, waardoor veranderingen in het gehalte aan voedingsstoffen niet goed vast te stellen zijn. De grote meetvariatie is

binnen het onderzoek geen principieel probleem omdat de steekproefomvang kan worden vergroot. Voor de betrouwbaarheid van de (eenmalige) diagnose op basis waarvan wordt besloten of er in een perceel al dan niet met OBN-subsidie bemest mag worden is de meetvariatie echter een ernstige handicap. De metingen zijn hierdoor slecht herhaalbaar en de kans dat ten onrechte een tekort aan een bepaalde voedingsstof wordt geconstateerd is groot. Ook andersom zal het voorkomen dat aanwezige gebreken niet worden waargenomen. De grote meetvariatie heeft zowel met de jaar tot jaar variatie te maken als met variatie binnen een opstand, en wellicht ook met de manier van monstername, ook al wordt de monstername volgens de richtlijnen uitgevoerd.

Het toeval speelt een te grote rol bij de bepaling of een opstand juist onder of juist boven de gebreksgrens uitkomt, en dus al dan niet in aanmerking komt voor een subsidie voor bemesting. Bij de diagnose is een groot aantal stappen omschreven om vast te stellen of een mestgift aanbevelenswaardig is (Van den Burg & Schaap 1995). Door de moeilijk herhaalbare meting lijken deze gedetailleerde stappen een schijnnauwkeurigheid op te leveren. De reden van de grote meetvariatie die is aangetroffen zou nader bekeken moeten worden, om te zien of de diagnose aangescherpt kan worden. Deelrapport A1.1 bespreekt een aantal factoren die de meetvariatie beïnvloeden.

Aanscherping diagnose
Een extra aanleiding om op een andere manier naar de diagnose te kijken is dat de groei vóór de bemesting heel acceptabel was en het vitaliteitsprobleem dus niet erg knellend leek. Wellicht is het mogelijk om de gebreksgrenzen voor voedingsstoffen scherper te stellen, zodat ze beter aansluiten bij werkelijke vitaliteitsproblemen. Een eerste overweging is dan om de grenzen over te nemen die in EU verband worden aangehouden in de Europese Richtlijnen (zie onder andere Stefan et al. 1997 en De Vries et al. 2000). Deze grenzen zijn meestal scherper gesteld dan de Nederlandse gebreksgrenzen (zie tabel 3). De gebreksgrens in de Nederlandse Richtlijnen ligt soms 40 tot 60% hoger dan de EU gebreksgrens, bijvoorbeeld voor fosfor en kalium bij bepaalde boomsoorten. Voor andere voedingsstoffen is het verschil meestal minder dan 15%. Soms ontbreekt een boomsoort in de EU richtlijnen, maar kan een parallel worden gezocht met een andere boomsoort met dezelfde grenzen in de Nederlandse richtlijnen. Dit geldt bijvoorbeeld voor Douglas, die in de Nederlandse richtlijnen met fijnspar overeenkomt. In 320 Douglasopstanden waarvan uit 1998 een beginanalyse beschikbaar was bij de start van dit onderzoek, zou volgens de EU richtlijnen (voor fijnspar) slechts 35% van de opstanden bemest mogen worden met fosfor. Met de Nederlandse richtlijnen mochten in principe 85% van de opstanden bemest worden. Een verschil van 50%, dus de helft van de gemeten Douglasopstanden. Het voorbeeld geeft aan dat dit een wezenlijk verschil zou maken voor de uitvoering.

Tabel 3 Vergelijking van de Europese en de Nederlandse waardering aan de hand van grenswaarden (in $g.kg^{-1}$) voor een (te) laag en een (te) hoog gehalte aan stikstof, fosfor, kalium en magnesium, en de verhouding stikstof/ fosfor (gebaseerd op Stefan et al. 1997 en Schaap & Van den Burg 1995). In de EU richtlijn wordt Sitkaspar gelijkgesteld met Fijnspar en Wintereik aan Zomereik en diverse dennensoorten aan Grove den. Voor de verhouding N/P is een hoog getal ongunstig.

Vergelijking van grenswaarden en hun waardering in de EU en in Nederland ($g.kg^{-1}$)

Boomsoort	waarde-ring	stikstof		fosfor		kalium		magnesium		N/P ratio	
		EU	NL	EU	NL	EU	NL	EU	NL	EU	NL
Fijnspar	Laag	<12	<13	<1.0	<1.4	<3.5	<6.0	<0.6	<0.7	<6.0	<6.6
	Hoog	>17	>17	>2.0	>2.0	>9.0	>8.0	>1.5	>1.0	>17.0	>20
Douglas	Laag	-	<14	-	<1.4	-	<6.0	-	<0.7	-	<6.6
	Hoog	-	>18	-	>2.2	-	>8.0	-	>1.0	-	>20
Grove den	Laag	<12	<14	<1.0	<1.4	<3.5	<5.0	<0.6	<0.7	<6	<6.6
	Hoog	>17	>18	>2.0	>1.7	>10	>7.0	>1.5	>1.0	>17.0	>20
Zomereik	Laag	<15	<23	<1.0	<1.4	<5	<6.0	<1.0	<1.6	<8.3	<6.6
	Hoog	>25	>28	>1.8	>1.7	>10	>8.0	>2.5	>2.8	>25	>20

Als het criterium om subsidie voor een bemesting te geven scherper is, is de kans groter dat alleen werkelijk weinig vitale opstanden aan de criteria voldoen. Er zijn anekdotische, dus niet representatieve, voorbeelden van een meer kritische benadering die tot goede resultaten leidt. In een bepaald bosgebied werd alleen bemest bij grote vitaliteitsproblemen (klasse 4). Na fosforbemesting bleek daar een duidelijk positief groei-effect op te treden na een periode van vrijwel stilstaande groei.

Naast de voedingsstoffenhuishouding zou de groei van de bomen, te meten aan de jaarringdikte, ook als criterium kunnen dienen voor de noodzaak van een bemesting.

Verbreding van de diagnose systematiek
In de huidige diagnose speelt alleen de voedingsstoffenvoorziening van bomen een rol. De gevolgen voor het ecosysteem zouden ook een rol moeten spelen bij de beoordeling of bemesting als maatregel noodzakelijk of aanbevelenswaardig is. Een mogelijke benadering is om juist naar de 'vitaliteit van de bodem' te kijken, als indicator van de kwaliteit van het ecosysteem. Als de bodem 'in orde' is, zou een bos het daar moeten redden. In dat geval gaan heel andere criteria bepalen of een OBN-maatregel nodig is om het functioneren van het bos te verbeteren. Deze criteria moeten dan zo worden vastgesteld dat ze de kwaliteit van het ecosysteem goed aangeven (duidelijke indicatiewaarde en herhaalbaar). Ze moeten ook leiden tot een praktisch uitvoerbare diagnosemethode (dus niet te arbeidsintensief).

Bijstelling van de maatregel
De maatregel bemesten past in principe goed in de OBN-doelstelling. Het is een niet-reguliere beheermaatregel die gericht is op het opheffen van structurele problemen die worden veroorzaakt door de depositie. Omdat de uitwerking van de maatregel niet bevredigend is, zou echter minimaal een bijstelling moeten plaatsvinden, bijvoorbeeld via aanscherpen van de criteria en meenemen van ecosysteem-criteria. Ook de meting van de voedingsstoffensamenstelling zou beter herhaalbaar moeten zijn en zo een betrouwbare diagnose moeten opleveren. Ook in Europees verband is er veel discussie over de monitoring van vitaliteit aan de hand van voedingsstoffen-bepalingen (Luyssaert et al 2003). Daarbij stelt men vast dat verhoudingen tussen elementen, inclusief sporen-elementen, beter bruikbaar zijn dan gehalten en verhoudingen van alleen macro-elementen.

Volgen van effecten
In een nieuwe systematiek zou meer aandacht moeten worden gegeven aan het volgen van de effecten die de maatregel beoogt. Er was nu alleen een nulmeting beschikbaar van de voedingsstoffenhuishouding. Via de oudere jaarringen kan de groei worden gereconstrueerd. Maar van andere belangrijke eigenschappen van het ecosysteem ontbrak een nulmeting. Als aanvullende kenmerken worden opgenomen in de criteria voor subsidiering van een maatregel, dienen diezelfde eigenschappen ook in de tijd te worden gevolgd. Ook hierbij kan worden aangesloten bij discussies op Europees niveau.

Samenvatting
Het effect van bemesting op de bomen is in het kader van het evaluatieproject onderzocht via een herbemonstering en een groeianalyse in bemeste en onbemeste opstanden. De effecten op het bosecosysteem, de neveneffecten, zijn onderzocht via een literatuurstudie en een veldonderzoek naar de belangrijkste componenten van het ecosysteem, zoals vegetatie, bodemfauna en humusprofiel. Er werden geen significante veranderingen gevonden in de voedingsstoffensamenstelling. Alleen voor fosfor werd een bijna significant positief effect van de bemesting vastgesteld. Er werd geen verandering in de groei vastgesteld na bemesting. Opvallend is dat de groei in de bemeste percelen vóór de bemesting al goed was.

De bemesting heeft geleid tot toename van de productiviteit van de ondergroei, tot een stijging van het aantal ruderale plantensoorten (negatief voor de biodiversiteit) en tot een toename van verjonging van boom- en struiksoorten (positief voor de biodiversiteit). Dit gaat samen met kleine veranderingen in het humusprofiel die

duiden op een versnelde omzetting van plantaardig materiaal. Er is geen effect van bemesting op de bodemfauna gevonden. Het blijkt dat uitvoering van de maatregel bemesting nauwelijks heeft bijgedragen aan de realisatie van de doelstelling die voor deze maatregel is geformuleerd. Hierdoor is de bijdrage van de maatregel aan realisatie van de algemene OBN-doelstelling ook gering. Daarnaast traden enkele ongewenste neveneffecten op. Bij aanpassing van de maatregel moet zowel aandacht worden besteedt aan verbreding van de doelstelling als verbetering van de criteria voor toekenning van een subsidie. Zie voor detailgegevens, meer discussie en vervolgvragen de deelrapporten A1.1, A1.2, A3.1 en A3.2.

2.2 Bekalking

Beoogde en verwachte effecten
Het doel van bekalking van bossen is het herstel van de zuurgraad in de bodem, door middel van het toevoegen van basische stoffen. Bekalken kan met subsidie worden uitgevoerd als de pH-KCl lager is dan 3,2 of bij calciumgebrek. De kalk wordt toegediend aan de bodem om de te lage pH te verhogen (zie Klein et al. 2001 en Van den Burg & Schaap 1995).



Figuur 7: Uitvoering van een maatregel in een begreppeld bos. (Foto: M. Boertjes)

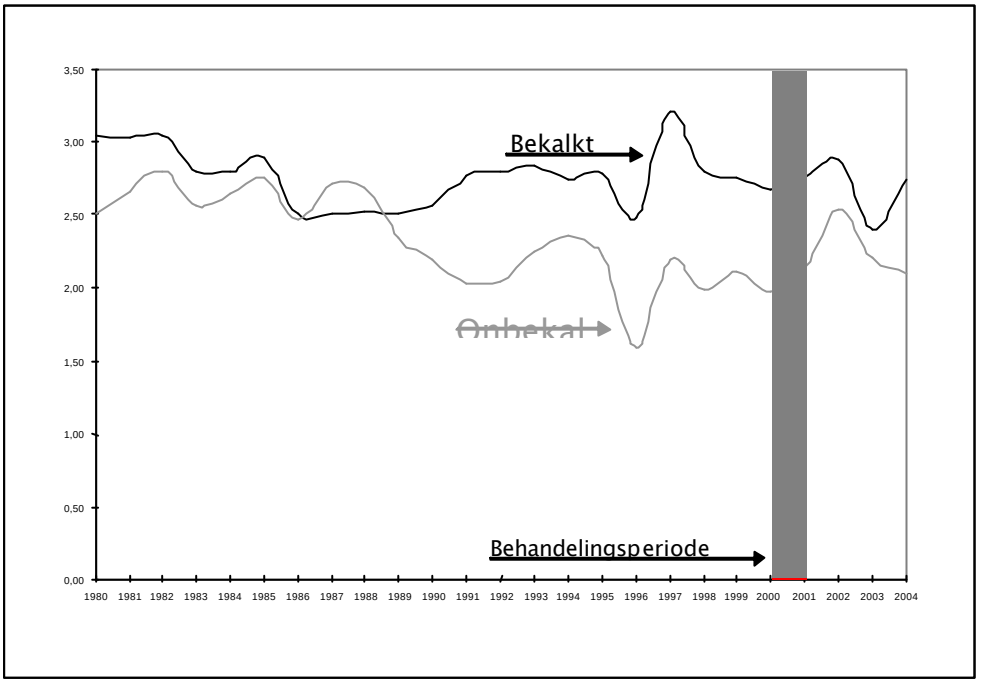
Van oudsher heeft kalk de naam een groot effect op het ecosysteem te hebben. Dit gold zeker vroeger toen vaak ongebluste kalk werd toegepast, waardoor de strooisellaag min of meer verbrande. Dit wordt gelukkig al lange tijd niet meer toegepast. Echter, doordat kalk de pH beïnvloedt, zijn de effecten op de bodemfauna naar verwachting groter dan bij bemesting. Voor veel organismen in de bodem heeft een sprong in de pH een groot effect. De populaties in de bodem zijn aangepast aan een bepaalde pH. Zeker in dit zure traject zijn er veel specialisten die alleen bij een bepaalde pH optimaal voorkomen, soms omdat andere soorten juist níet tegen die omstandigheden kunnen. Dit betekent dat een pH verandering de concurrentieverhoudingen in de bodem sterk beïnvloedt.

De vraag in dit onderzoek was of bekalking leidt tot de gewenste toename van de pH van de bodem, tot verbetering van de vitaliteit van de bomen en of de neveneffecten op het ecosysteem, met name op vegetatie, humusprofiel en bodemfauna, niet negatief waren.

Aangetroffen effecten
Op deze korte termijn van vier of vijf jaar, zijn ondanks de toegediende 3 ton kalk per hectare geen positieve effecten aangetroffen van bekalking op de pH van de bodem (zie tabel 4). De pH-verbetering door de behandeling was minder sterk dan de verandering in de onbehandelde opstanden, zonder dat daarvoor een reden aangewezen kan worden. De voedingsstoffensamenstelling van de bomen is slechts licht beïnvloed, meestal niet significant. Alleen het fosforgehalte in blad of naalden daalde (significant). Dit kan samenhangen met problemen in de opname van fosfor via de wortels.

Tabel 4 Effect van de bekalking in de bekalkte opstanden (fosforgehalte in $g.kg^{-1}$), gecorrigeerd voor de verandering in de niet-bekalkte opstanden, met de significantie van het effect (95% betrouwbaarheid; grijs: significant).

pH / voedingsstof	aantal opstanden	Verandering bekalkt	Verandering onbekalkt	Effect behandeling	Significant / p-waarde
pH	25	0.17	0.32	-0.16	Nee / 0.07
Fosfor	25	-0.6	-0.18	-0.43	Ja / <0.001



Figuur 8: Gemiddeld verloop van de jaarringbreedte (in mm) over de jaren 1980 – 2004 van alle in de bekalkte en onbekalkte proefvlakken gemeten bomen.

In de gemeten bekalkte en onbekalkte opstanden, bleek evenals bij de bemestingsproef dat de groei heel bevredigend was in de periode vóór de behandeling (zie figuur 8), dus bij een te lage pH. De relatief geringe groei van de onbekalkte opstanden vóór de behandeling, vanaf 1988, berust geheel op toeval, omdat de opstanden geloot zijn uit een grote groep opstanden. De jaarringdikte is dan nog steeds circa 2 mm. De lage pH lijkt geen groot probleem voor de groei en de maatregel bekalking heeft enkele jaren na uitvoering niet geleid tot een verandering in de groeisnelheid van de bomen. Gezien de eerder beschreven verwachte relatie tussen vitaliteit, vitaliteitskenmerken en groei nemen we aan dat ook de vitaliteits-kenmerken na de bekalking weinig zijn veranderd.

Het effect op het ecosysteem bleek bij bekalking duidelijker zichtbaar en negatiever dan dat bij bemesting. Zie tabel 5 voor een overzicht van de resultaten. Hoewel er (nog) geen pH effecten in de bodem werden aangetroffen, bleek wel dat de voorkomende plantensoorten, bodemdieren en humuslagen in bekalkte opstanden

afweken van die in onbekalkte opstanden. De vegetatie, de bodemfauna en het humusprofiel reageerden dus anders dan de bomen. De Ellenberg indicatiewaarde van de vegetatie voor stikstof werd hoger. De kruidlaag is beter ontwikkeld, maar bevat meer stikstofminnende plantensoorten. De Ellenberg indicatiewaarde voor zuur ging vooruit. Volgens Schaffers & Sykora (2000) geeft dat eerder een verbetering aan van de calciumvoorziening dan van de pH (zie ook Diekmann 2003). De mossenflora ging in kwaliteit achteruit: soorten van zure milieus namen af. Uit de literatuur blijkt dat in de bodemmycoflora (bodemschimmels) de minder bijzondere soorten toenemen na een bekalking bij hoge stikstofdepositie.

Bekalking kan in principe tot een betere humusvorm leiden, maar dit effect is in dit onderzoek niet aangetroffen. Het humusprofiel veranderde wel, net als in de bemeste opstanden, maar alleen gradueel, dus in dikte van de verschillende lagen. De laag met beperkt omgezet strooisel (Fa1-horizont) is in bekalkte percelen dunner dan in onbekalkte percelen, terwijl voor de dieper gelegen laag met grotendeels omgezette humus (Hr-horizont) het omgekeerde geldt. Bekalking lijkt evenals bemesting te leiden tot een snellere omzetting van plantaardig materiaal.

Er zijn ook veranderingen in de bodemfauna opgetreden. Er zijn geen diergroepen en soorten verdwenen, maar het totaal aantal individuen nam af en er zijn veranderingen in aantallen van de verschillende levenscyclusgroepen (bodemfauna ingedeeld volgens manier van voortplanting en leefwijze, bijvoorbeeld overwinteringsstrategie al dan niet als ei of pop) en voedselstrategiegroepen (bodemfauna ingedeeld volgens voedselbronnen). Zie bijlage 5 voor een overzicht van de indeling van de bodemfauna. Zie voor een uitgebreidere toelichting Siepel (1994 en 1996).

Binnen de levenscyclusgroepen zijn soorten met een a-sexuele voortplanting afgenomen (tabel 5). Zij zijn genetisch minder divers en kunnen in principe slechter tegen veranderingen. Deze soorten zijn, meer dan soorten die zich sexueel voortplanten, gebaat bij een constante leefomgeving. In de voedselstrategiegroepen is een achteruitgang gevonden bij fungivore grazers en herbofungivore grazers, soorten die schimmels en planten(resten) eten. ‘Grazers’ kunnen ook celwanden verteren, in tegenstelling tot ‘browsers’. Omdat de grazers afnemen breken de celwanden in de organische stof in de bodem waarschijnlijk minder snel af terwijl de strooiselvertering aan de oppervlakte juist sneller lijkt te verlopen. Deze veranderingen in de bodemfauna hebben niet geleid tot vervaging van de grenzen tussen de humushorizonten: er is geen sprake van vermenging van de humus uit verschillende lagen.

Er is een specifiek literatuuronderzoek uitgevoerd om te controleren of een aanname in de Richtlijnen (Van den Burg & Schaap 1995) over de relatie tussen bekalking en fosforbemesting juist was. Volgens de Richtlijnen is namelijk een bekalking ondanks een lage pH niet nodig als ook een fosforgift gegeven wordt wegens fosforgebrek. Een fosformeststof bevat namelijk ook calcium en bij een lage pH is calciumgebrek vaak het grootste probleem. Daarom is er in de Richtlijnen (Van den Burg & Schaap 1995) een voorbehoud gemaakt voor bekalking in een dergelijk geval. Er bleek niet veel literatuur over dit specifieke onderwerp beschikbaar te zijn, ondanks een veelheid aan literatuur over effecten van bekalking. In de vele Europese bekalkingsproeven waarin kalkmeststoffen vergeleken werden, is niet één keer met gips gewerkt, een calciummeststof zonder pH-effect. Uit landbouwliteratuur vanuit Brazilië bleek echter dat de conclusie uit de Richtlijnen correct was en dat gips in een aantal opzichten zelfs beter werkte: het dringt eerder door tot grotere diepte in het bodemprofiel, gaat aluminiumtoxiciteit op die manier tegen en is beter opneembaar voor de bomen en vegetatie. Zie verder deelrapport A2.

Evenals bij bemesting zijn de resultaten van bekalking niet conform de verwachting: de positieve effecten op pH van de bodem en op vitaliteit treden niet op en enkele negatieve neveneffecten wel.

Tabel 5 Belangrijkste verschillen in vegetatie, humusprofiel en bodemfauna tussen bekalkte en onbekalkte proefvlakken (afgerond; significantie bij toepassing gepaarde T-toets; grijstint: significant).

Kenmerk	Behandeling		Effect
	Niet bekalkt	Wel bekalkt	Waarde in bekalkte proefvlakken
	Gemiddelde waarde		
Vegetatie			
Bedekking struiklaag (%)	15	27	Net niet significant hoger (trend)
Hoogte kruidlaag (cm)	29	50	Net niet significant hoger (trend)
Soortenaantal	15	20	Significant hoger
Indicatie voor zuur*	3	4	Significant hoger (minder zuur)
Indicatie voor stikstof*	3	5	Significant hoger (meer stikstof)
Humusprofiel			
Dikte Fa1-horizont (mm)	30	23	Significant dunner
Dikte Hr-horizont (mm)	16	24	Net niet significant dikker (trend)
Bodemfauna (Gemiddeld aantal individuen per m² bosbodem)			
Totaal	89000	60000	Significant lager
Groepen op basis van Levens cyclus strategie			
Asexueel en meerjarig (aantal)	13500	4600	Significant lager
Asexueel en eenjarig (aantal)	37000	21000	Significant lager
Groepen op basis van Voedselstrategie			
Fungivore grazer	32000	19000	Net niet significant lager (trend)
Herbofungivore grazer	11000	1700	Significant lager

* Ellenberg indicatiewaarden, als in tabel 2

Discussie

Diagnose: op basis van bodem-pH of calciumvoorziening?
De rol van de diagnose verdient ook bij bekalking aandacht. Wanneer is bekalking de beste manier om de knelpunten voor het bos te verminderen? De meetvariatie in de bodem is minder groot dan bij de voedingsstoffenanalyse voor een bemestingsadvies, dus minder een probleem dan bij bemesting. Over de grenswaarde van de pH zelf is meer te discussiëren. De groei blijkt heel bevredigend bij een pH die lager is dan de grenswaarde (pH-KCl 3,2). Waarschijnlijk zijn er opstanden bekalkt die dit vanuit het oogpunt van vitaliteit niet nodig hadden. Bovendien blijkt de pH van minder groot belang dan de calciumvoorziening. Zodra de calciumvoorziening in de bodem goed is, kan de plant van calcium worden voorzien en zijn er minder problemen met aluminiumtoxiciteit in de bodem. Afstemming met discussies in Europese Expert Panels is een goede mogelijkheid om de methodiek weloverwogen bij te stellen.

Het is te overwegen om de pH als criterium af te schaffen en een calciumbemesting op te nemen als onderdeel van de maatregel bemesting. Alleen in extreem zure omstandigheden is de zuurgraad zelf mogelijk wel een acuut probleem. Voor dergelijke extreme gevallen zou een nieuwe, lagere pH-grens afgesproken kunnen worden. Ook in die situatie blijft aandacht voor de calciumvoorziening van de bomen van belang.

Verbreding van de diagnose systematiek
Bekalking past in principe goed in de OBN maatregelen. Het is een niet-reguliere bosbeheersmaatregel die is gericht op het opheffen van onomkeerbare gevolgen in de ver-thema's. Maar de formulering van het doel van de maatregel kan aangescherpt worden: niet streven naar pH verbetering van de bodem, maar expliciet aangeven dat het gaat om het oplossen van vitaliteitsproblemen en ongewenste effecten op het ecosysteem, die vaak door relatieve voedingsstoffentekorten (waaronder in dit geval specifiek calcium) worden veroorzaakt in situaties met veel stikstof. Daarmee wordt de maatregel bekalking feitelijk een integraal onderdeel van de maatregel bemesting.

Samenvatting
Het onderzoek naar effect van bekalking is vergelijkbaar en parallel uitgevoerd met het onderzoek naar het effect van bemesting. Ook dit is met een herbemonstering uitgevoerd en is er naar diametergroei gekeken als indicator voor mogelijke veranderingen in de vitaliteitskenmerken. De effecten op het ecosysteem zijn ook in dit geval via literatuur en via veldonderzoek bestudeerd. De verhoging van de pH in de bodem, het doel voor OBN, kon in de praktijk niet vastgesteld worden. Ook hier was de groei voorafgaand aan de bekalking al heel bevredigend en werd er geen effect van bekalking op de groei gevonden. Daarentegen was er een veel duidelijker negatief effect van bekalking op het ecosysteem. De vegetatie verruigde sterker, er was een iets groter effect op het humusprofiel en er werden veranderingen gemeten in de samenstelling van de bodemfauna. De gewenste effecten van bekalking werden dus niet aangetroffen en een aantal ongewenste (neven)effecten traden wel op. Zie voor detailgegevens, meer discussie en vervolgvragen de deelrapporten A1.1, A1.2, A2, A3.1 en A3.2.

3 Aanpassen van de bosvegetatie

3.1 Noodverjonging

Beoogde en verwachte effecten
Het doel van Noodverjonging binnen OBN is het sturen naar een bos dat op die groeiplaats minder gevoelig is voor, dan wel beter aangepast is aan, de gevolgen van verzuring, vermesting en/of verdroging. Dit kan gedaan worden door te kiezen voor een andere boomsoort en/of een andere herkomst van de oorspronkelijke boomsoort. Daarnaast wil OBN dat de variatie aan boomsoorten, aan leeftijden en aan structuur vergroot wordt. Daarmee wil OBN de natuurwaarde, de natuurlijkheid en de biodiversiteit vergroten. Dit moet worden bereikt door het geheel of gedeeltelijk kappen en herinplanten van minimaal 20 jaar oude bossen, waarin de vitaliteit zodanig is teruggelopen dat niet te verwachten is dat deze zich zal herstellen. De maatregel wordt (voor OBN) uitgevoerd in opstanden met een vitaliteitsklasse 4 en/of een bijgroei die minder dan 80% is van de bij de aanwezige bodemkwaliteit verwachte groei (boniteit). Bossen die aan deze voorwaarden voldoen functioneren slecht en worden door deze maatregel in feite geheel of grotendeels verjongd met andere boomsoorten en herkomsten.

De maatregel is niet direct gericht op het omvormen van de ondergroei, maar beïnvloedt uiteraard de ondergroei en bodem omdat bomen worden omgezaagd en verwijderd. Ook door een andere lichtval veranderen omstandigheden in het bos gedurende een lange tijd. Deze verandering in groeicondities heeft effect op ontwikkeling van de vegetatie en van andere delen van het ecosysteem (bodem, bodemfauna, etc.). Door de bodemverwonding die optreedt bij het weghalen en aanplanten van bomen, wordt de vegetatie ook beïnvloed. Deze kan verruigen en de natuurlijke verjonging van bomen of struiken kan gestimuleerd worden.

Aangetroffen effecten
Uit het verrichte veldonderzoek blijken vooral de primaire (directe) effecten van noodverjonging op de korte termijn. Deze hebben betrekking op de bomen: de bosstructuur, de boomsoortensamenstelling en de vitaliteit. Deze kenmerken zijn in positieve zin veranderd als direct gevolg van uitvoering van de noodverjonging. Niet-vitale bomen zijn verwijderd en nieuwe aangeplant, waardoor het bos van samenstelling en structuur is veranderd. De bosstructuur is verbeterd doordat het monotone, gelijkjarige, ongemengde karakter van de opstanden is verbroken; na uitvoering van noodverjonging is het oppervlakteaandeel van de hoofdboomsoort meestal afgenomen met 30 tot 70%. Het aandeel inheemse boomsoorten in de opstanden die gedomineerd werden door een uitheemse boomsoort is sterk toegenomen, naar 40% of meer. De opstandsgedeelten met een slechte vitaliteit zijn grotendeels of geheel geveld en vervangen door een jonge generatie vitaal bos. Hierdoor is het aandeel van het bos met een slechte vitaliteit afgenomen van 40 tot 100% naar minder dan 5%. Meestal neemt met toenemende leeftijd de vitaliteit van het bos wel weer iets af (Hendriks et al. 2000). Er zijn in het onderzoek weinig problemen aangetroffen die zijn veroorzaakt door het planten van slechte herkomsten of van boomsoorten die voor de groeiplaats ongeschikt zijn.



Figuur 9: Nadat in het kader van noodverjonging fijnspar met vitaliteitsproblemen is geveld, ontwikkelt zich jong gemengd bos. Grove den en eik zijn aangeplant, berk heeft zich natuurlijk verjongd. (Foto: R.Wolf)

De kroonlaag van het bos verandert sterk door noodverjonging. Meestal ontstaat een (kleine) kapvlakte. De ruwheid van het bos voor de wind die erover strijkt verandert dus ook sterk. Dit heeft effect op de verdeling van de depositie van verzurende en vermestende stoffen in het bos. De depositie in bossen is altijd groter in bosranden en minder groot in open plekken. Deze effecten middelen elkaar ongeveer uit, als gekeken wordt naar de opstand als geheel. Op basis van ons literatuuronderzoek zijn geen grote effecten te verwachten op de depositie in de opstand. Pleksgewijs, met name in de randen van het overblijvende bos, kan de depositie wel verhoogd zijn gedurende de jaren dat de kroonlaag een ruwere structuur heeft. In de open plekken is er juist minder depositie gedurende deze periode. Deze conclusies voegen niet veel toe aan de eerdere conclusies van Bleeker en Draaiers (2001). Op de lange termijn verandert door noodverjonging (meestal) de samenstelling van het bos. Daardoor zou de depositie iets kunnen afnemen, bijvoorbeeld als het aandeel loofbomen flink toeneemt ten koste van donkere naaldboomsoorten.

De (indirecte) lange-termijneffecten van de ingreep noodverjonging op de biodiversiteit van het bosecosysteem konden aan de hand van het veldonderzoek niet goed worden vastgesteld. Dit hangt samen met de korte periode (enkele jaren) waarover de effecten konden worden onderzocht en met beperkingen aan de onderzoeksmethode. Enkele jaren na uitvoering van de noodverjonging is het effect op de samenstelling van de bodemvegetatie licht negatief: de aanwezigheid van dominante soorten, zoals braam en/of grassen, en storingsindicatoren, zoals rankende helmbloem, is iets toegenomen terwijl de aanwezigheid van echte bosplanten nauwelijks is gewijzigd. Bij uitvoering van de noodverjonging is geen dood hout in het bos achtergelaten, terwijl wel vaak kwijnende of dode bomen zijn geveld en afgevoerd. De hoeveelheid dood hout is door de maatregel noodverjonging daardoor gemiddeld zelfs afgenomen.

De in de workshop geraadpleegde deskundigen verwachten op langere termijn wel degelijk een duidelijk positief effect van de maatregel noodverjonging op de biodiversiteit (zie tabel 6). Er wordt echter ook een duidelijke toename van vergrassing en van ruigtesoorten verwacht. De verwachte meerwaarde voor de biodiversiteit is voor de fauna hoger dan voor de flora. Het meest positieve effect van noodverjonging wordt verwacht voor mieren, vlinders, reptielen/amfibieën,

bodemfauna en paddestoelen/schimmels en hangt samen met toename van de hoeveelheid licht/bezonning en van de dynamiek in de strooisellaag. Deze positieve effecten verdwijnen weer als het bos opgroeit. Met name voor de bodemfauna is in de workshop aangegeven dat onvoldoende kennis beschikbaar is om het effect van de maatregel noodverjonging goed te kunnen inschatten.

Tabel 6 Samenvatting van de scores van deskundigen voor de verwachte effecten van noodverjonging. De scores van alle deskundigen zijn bij elkaar opgeteld voor alle onderscheiden bostypen; te interpreteren op een relatieve schaal van verwachting. Grijs: hoogste aantal scores.

	Aantal scores				
Verwachte effect	**++**	**+**	**0**	**-**	**--**
Effecten op vitaliteit bomen en bosstructuur	1	25	3		3
Effect op de flora	4	17	15		
Effect op de fauna	4	26	6	1	
Effect op het totale bosecosysteem	2	24	3	3	

In de meeste opstanden is na de noodverjonging een bodembewerking uitgevoerd en zijn twee of meer boomsoorten aangeplant. Hoge uitvalpercentages en groeiproblemen leidden ertoe dat een groot deel van de aanplant in ongeveer de helft van de opstanden binnen enkele jaren weer verloren is gegaan. Door aanvulling met natuurlijke verjonging ontwikkelt zich na noodverjonging in 77% van de opstanden een jong gesloten bos. In de meeste andere opstanden staat verspreide verjonging in lage dichtheden en ontwikkelt zich ook een nieuwe generatie vitaal bos, maar zonder perspectief voor houtproductie omdat een slechte stamvorm en lage takaanzet wordt verwacht. In sommige opstanden (7% van de onderzochte locaties) ontwikkelen zich na enkele jaren (nog vrijwel) geen jonge bomen in de gevelde opstandsgedeelten door uitval van aanplant en/of het uitblijven van natuurlijke verjonging.

De effecten die gevonden zijn, zijn conform de verwachting en voldoen aan de OBN doelstelling. De maatregel noodverjonging heeft positieve effecten op het bomenbestand en op de biodiversiteit, ook op de langere termijn vanwege de blijvend meer diverse structuur van het bosecosysteem. Het belangrijkste (tijdelijke) negatieve neveneffect is toename van vergrassing en verruiging.

Discussie

Toekomstige vitaliteitsontwikkeling
In de doelstelling die voor de maatregel noodverjonging is geformuleerd nemen zowel de biodiversiteit van het bosecosysteem als vitaliteit van het bomenbestand een belangrijke plaats in. De doelstelling sluit daarmee goed aan bij de algemene doelstelling van het OBN. De boomsoort die bij de noodverjonging geveld is stond in de meeste gevallen op een voor hem geschikte groeiplaats, zo bleek uit het veldonderzoek. Dit betekent dat de vitaliteitsproblemen niet samenhingen met een verkeerde boomsoortenkeuze. Verzwakking van de bomen door de negatieve effecten van verdroging, verzuring en/of vermesting kan heel goed de oorzaak zijn van de vitaliteitsproblemen. Vaak treedt dit effect indirect op (bijvoorbeeld via voedingsstoffentekorten of optreden van ziekten en plagen).

De vitaliteit van de opstand zou op termijn weer kunnen afnemen als blijkt dat het huidige vitale jonge bos later te kampen krijgt met vergelijkbare vitaliteitsproblemen als de verwijderde bomen. Vaak gaat het om arme groeiplaatsen, waarop de boomsoorten kwetsbaar zijn. Leeftijd speelt een voorname rol in de toestand van de vitaliteitskenmerken (Hendriks et al. 2000). Als de depositie dan inmiddels verder afgenomen is, neemt het risico op vitaliteitsachteruitgang ook af. Als de menging in stand blijft, zorgt dit bovendien voor risicospreiding.

Aanvulling op regulier beheer?
Zoals de naam al aangeeft is de maatregel noodverjonging een noodmaatregel die uitgevoerd wordt als er geen andere oplossingen zijn om vitaliteitsproblemen in een opstand op te lossen. Dit betekent dat de maatregel niet onder regulier bosbeheer valt: het is een noodingreep die dient om een onomkeerbaar probleem op te lossen.

Ontbrekende gegevens uitgangssituatie
De maatregel noodverjonging is geëvalueerd aan de hand van veldonderzoek, literatuurstudie en een workshop met experts. Het veldonderzoek is uitgevoerd via een betrekkelijk grove beschrijvende aanpak, enkele jaren na uitvoering van de maatregel. Dit levert een goed inzicht in de mate en aard van de veranderingen in bosstructuur, maar slechts een beperkt beeld van de veranderingen van andere boskenmerken. Er zijn weinig gegevens over de uitgangssituatie vóór de ingreep. Voor de effecten op een aantal flora- en faunagroepen is dit probleem wel redelijk ondervangen via het expert-judgement uit de workshop. De literatuurstudie was uitsluitend gericht op de invloed van de maatregel noodverjonging op de invang van de hoeveelheid verzurende en vermestende stoffen, en levert daardoor geen aanvullende gegevens over veranderingen in vitaliteit en biodiversiteit van het bosecosysteem. Een goed opgezet monitoringsysteem zou een completer en exacter beeld opleveren van de effecten van de maatregel noodverjonging. Daarbij moeten nader te bepalen relevante kenmerken van het ecosysteem in de uitgangssituatie goed worden vastgelegd en vervolgens over een langere periode worden gevolgd in een aantal goedgekozen voorbeeldopstanden.

Optimalisering maatregel
Kijkend naar de algemene doelstelling van het OBN en de doelstelling van de maatregel noodverjonging, worden vooral de mogelijkheden op het gebied van verbeteren van de biodiversiteit niet optimaal benut. Aandachtspunten hierbij zijn:
- verhoging van de hoeveelheid dood hout,
- terughoudendheid bij grootschalige aanplant en bodembewerking,
- een bewuste keuze maken voor te verjongen boomsoorten (Hommel et al 2003),
- concentreren van takhout voor het maken van broed- en schuilplekken,
- bevorderen van strooiselafbraak in gevelde opstandsgedeelten,
- verlenen van nazorg aan ingebrachte of bewust verjongde boomsoorten (bijvoorbeeld om een menging in stand te houden),
- behouden van een deel van de oude opstand.

(zie ook bijlage 4 met een aantal aanbevelingen om hieraan aandacht te besteden).

Samenvatting
De bijdrage die de maatregel noodverjonging heeft geleverd aan realisatie van de OBN-doelstellingen is in het kader van het evaluatieproject onderzocht aan de hand van een veldonderzoek, een literatuurstudie en een workshop met deskundigen. Hieruit blijkt dat noodverjonging een positieve bijdrage heeft geleverd aan de realisatie van de doelen die voor deze maatregel zijn geformuleerd. Ook de bijdrage aan realisatie van de algemene doelstelling van OBN is positief. In een kwart van de opstanden staat verjonging in lage dichtheden en ontwikkelt zich een vitaal bos, echter zonder perspectief voor houtproductie. De ingevangen hoeveelheid aan verzurende en vermestende stoffen verandert niet of weinig door uitvoering van de maatregel noodverjonging. Niet-vitale bomen worden verwijderd, waardoor het bos gemiddeld vitaler wordt. De toekomstige vitaliteit van de aangeplante bomen is natuurlijk niet bekend, maar met de leeftijd neemt meestal de vitaliteit af. Potentieel zouden weer dezelfde vitaliteitsproblemen kunnen ontstaan bij blijvend hoge depositieniveaus. Met name op het gebied van biodiversiteit van het bosecosysteem kan het effect door aanpassingen van de maatregel nog aanmerkelijk worden vergroot. Zie voor detailgegevens, meer discussie en vervolgvragen de deelrapporten B1, B2 en B3.

3.2 Structuurdunning

Beoogde en verwachte effecten
Het doel van Structuurdunning binnen OBN is het tot stand brengen van opstanden die gemengd zijn naar soorten en leeftijden, het sturen naar een gewenste boomsoortensamenstelling en opstandsstabiliteit en het bevorderen en ontwikkelen van de natuurwaarden in het bos. Om dit doel te bereiken wordt groepsgewijze kap uitgevoerd van 10 tot 25% van de opstand met diameters van 1 tot 3 maal de boomhoogte in minimaal 20 jaar oude multifunctionele bossen (monoculturen en opstanden met ongelijke verdeling van geschikte toekomstbomen), al dan niet in combinatie met bodemverwonding en/of aanplant (zie Klein et al. 2001).

Structuurdunning volgens de OBN definitie is dus een groepenkap: er worden gaten gemaakt in een bos dat meestal een gesloten kroonlaag heeft. De grootste gaten zijn zo groot dat zich ook lichtboomsoorten kunnen vestigen na de ingreep. Ook de vegetatie zal reageren op de ingreep. De lichtintensiteit en de bodemtemperatuur in een gat zijn hoger dan in het gesloten bos. Dit heeft naar verwachting een positief effect op de strooiselvertering via verandering van de bodemfauna en de bodemschimmels. Een gat van één maal de boomhoogte geeft minder grote verschillen met het oorspronkelijke bos, en lichtboomsoorten hebben daar minder kans om door te groeien.



Figuur 10: In een gevelde groep in een monotone Corsicaanse dennenopstand ontwikkelt zich een gemengd jong bos. Er is beuk aangeplant, daarnaast is er volop natuurlijke verjonging opgekomen, vooral van berk en lijsterbes en heeft zich een braamdeken ontwikkeld. (Foto: R.Wolf)

Aangetroffen effecten
De resultaten van het veldonderzoek laten vooral de primaire (directe) effecten van de structuurdunning op de korte termijn zien. Deze hebben betrekking op de bomen: de bosstructuur, de boomsoortensamenstelling en de stabiliteit. Deze kenmerken veranderen als direct gevolg van de uitvoering van de structuurdunning. De bosstructuur is verbeterd doordat het monotone, gelijkjarige, ongemengde karakter van de opstanden is verbroken; na uitvoering van de structuurdunning is het oppervlakteaandeel van de hoofdboomsoort meestal afgenomen met 10 tot 40%. Het aandeel inheemse boomsoorten is in de bossen die gedomineerd werden door een uitheemse boomsoort toegenomen naar 10 tot 40%. Door de maatregel

structuurdunning is de stabiliteit licht verbeterd omdat vooral minder stabiele opstandsdelen zijn geveld. Voor het jonge bos in de gevelde groepen is het begrip stabiliteit nog niet relevant.

Evenals bij noodverjonging konden de (indirecte) effecten van de ingreep structuurdunning op de biodiversiteit aan de hand van het veldonderzoek niet goed worden vastgesteld. Enkele jaren na uitvoering van de structuurdunning is er weinig veranderd in de aanwezigheid van dominante soorten, storingindicatoren en bosplanten in de bodemvegetatie. Alleen het aantal opstanden waarin een dominante soort in de bodemvegetatie voorkomt is iets toegenomen. Bij uitvoering van de structuurdunning is geen dood hout in het bos achtergelaten, waardoor de hoeveelheid dood hout onveranderd laag is gebleven. De in de workshop geraadpleegde deskundigen verwachten op langere termijn een duidelijk positief effect van de maatregel structuurdunning op de biodiversiteit (zie tabel 7). Dit verwachte effect is aanzienlijk hoger dan dat van de maatregelen noodverjonging en toekomstbomendunning. Dit komt doordat structuurdunning lange tijd leidt tot openheid en licht in het bos, terwijl het bosklimaat in stand blijft door de groepsgewijze kap. Er ontstaan meer niches voor flora en fauna. Het meest positieve effect van structuurdunning wordt verwacht voor mieren. Dit hangt samen met de toegenomen (bodem)temperatuur in de gaten. Er wordt wel een (tijdelijke) toename van vergrassing en van ruigtesoorten verwacht. Voor de bodemfauna en rode-lijstsoorten is in de workshop aangegeven dat onvoldoende kennis beschikbaar is om het effect van de maatregel structuurdunning goed te kunnen inschatten.

Tabel 7 Samenvatting van de scores van deskundigen voor de verwachte effecten van structuurdunning. Scores worden in tabel 6 toegelicht.

	Aantal scores				
Verwachte effect	**++**	**+**	**0**	**-**	**--**
Effecten op vitaliteit bomen en bosstructuur	13	18	1		
Effect op de flora	7	24	5		
Effect op de fauna	9	20	6	1	
Effect op het totale bosecosysteem	12	20			

In de meeste opstanden is na de structuurdunning in de gevelde groepen bodembewerking uitgevoerd en zijn één of meer boomsoorten aangeplant. Hoge uitvalpercentages en groeiproblemen leiden ertoe dat een groot deel van de aanplant in ongeveer de helft van de opstanden binnen enkele jaren weer verloren is gegaan. Door aanvulling met natuurlijke verjonging ontwikkelt zich na structuurdunning in 60% van de opstanden een jong gesloten bos. In de meeste andere opstanden staat verspreide verjonging in lage dichtheden en ontwikkelt zich ook een nieuwe generatie vitaal bos, maar zonder perspectief voor houtproductie omdat een slechte stamvorm en lage takaanzet wordt verwacht. In sommige opstanden (12%) ontwikkelen zich door uitval van aanplant en/of uitblijven van natuurlijke verjonging na enkele jaren nog (vrijwel) geen jonge bomen in de gevelde groepen.

Ook door structuurdunning verandert de ruwheid van de kroonlaag van het bos sterk, net als bij noodverjonging. Bij structuurdunning is de schaal veel kleiner. De ingreep heeft echter vrijwel hetzelfde netto-effect op de depositie van verzurende en vermestende stoffen in het bos, met hogere depositie in bosranden en minder hoge depositie in open plekken (conform Bleeker en Draaiers 2001). Op de lange termijn verandert door structuurdunning meestal de samenstelling van het bos. Daardoor zou de depositie iets kunnen afnemen, bijvoorbeeld als het aandeel loofbomen flink toeneemt.

De effecten die zijn gevonden zijn conform de doelstelling. Op kortere termijn heeft de maatregel structuurdunning vooral positieve effecten op het bomenbestand en op mieren. Op de langere termijn werkt de toegenomen diversiteit in bosstructuur naar verwachting ook door naar een aanzienlijk positief effect op de biodiversiteit van het ecosysteem. Het belangrijkste (tijdelijke) negatieve neveneffect is toename van vergrassing en verruiging.

Discussie

Verwachte toename van variatie in bosstructuur en biodiversiteit
In de doelstelling die voor de maatregel structuurdunning is geformuleerd ligt de nadruk op de biodiversiteit van het bosecosysteem. De vitaliteit van het bomenbestand speelt een ondergeschikte rol. De doelstelling sluit daarmee vooral aan bij de biodiversiteitsdoelstelling van het OBN. Het verwachte positieve effect van de structuurdunning op de vitaliteit is beperkt. Dit is minder groot dan bij de maatregelen noodverjonging en toekomstbomendunning.

De maatregel structuurdunning is een ingreep die erop gericht is de structuur, samenstelling en natuurwaarden te vergroten in monotone bossen. Deze groepenkap leidt tot een geleidelijke omvorming van monotoon bos naar meer gevarieerd bos. De subsidie voor structuurdunning stimuleert deze geleidelijke omvorming sterk, en levert daarmee een substantiële bijdrage aan vergroting van de variatie in het Nederlandse bos. De biodiversiteit van soortenarme bossen wordt met de maatregel vergroot door een meer diverse bosstructuur, zowel op korte als op lange termijn. In het veldonderzoek voor structuurdunning zijn positieve effecten vastgesteld, zoals een betere menging en een grotere diversiteit aan boomsoorten. Het moet nog worden afgewacht in welke mate deze effecten op de langere termijn gehandhaafd blijven. Het mengingsaandeel van het bos en de diversiteit aan boomsoorten kunnen op termijn bijvoorbeeld weer afnemen. Zie ook de discussie hierover in § 3.1.

Aanvulling op regulier bosbeheer?
Het is moeilijk te bepalen of de maatregel onder regulier bosbeheer valt: het is een omvormingsingreep, maar wel een die de afgelopen jaren in het kader van geïntegreerd bosbeheer steeds gangbaarder is geworden bij het beheer van multifunctionele bossen.

Ontbrekende gegevens uitgangssituatie
Voor structuurdunning geldt, evenals voor noodverjonging, dat een goed opgezet monitoringsysteem een completer en exacter beeld zou opleveren van de effecten van de maatregel. Dit is bij noodverjonging al toegelicht in de discussie (zie § 3.1).

Optimalisering maatregel
Door de wijze waarop de maatregel structuurdunning wordt uitgevoerd worden de mogelijkheden op het gebied van biodiversiteit niet optimaal benut. De bijdrage van de maatregel structuurdunning aan de algemene doelstelling van het OBN en de doelstelling van de maatregel zelf kan nog aanmerkelijk worden verbeterd.
Aandachtspunten hierbij zijn:
- verhoging van de hoeveelheid dood hout,
- variëren van de omvang van de te vellen groepen
- combineren van structuurdunning en toekomstbomendunning in één opstand (variabel ingrijpen),
- terughoudendheid bij grootschalige aanplant en bodembewerking,
- een bewuste keuze maken van te verjongen boomsoorten (Hommel et al 2003),
- concentreren van takhout,
- regelmatige herhaling van groepenkap binnen een bosgebied,
- bevorderen van strooiselafbraak in gevelde groepen,
- verlenen van nazorg aan ingebrachte of bewust verjongde boomsoorten (bijvoorbeeld instandhouden van een menging),
- rekening houden met relictpopulaties van bijzondere soorten bij de keuze van locaties voor groepenkap.

(zie ook bijlage 4 met een aantal aanbevelingen om hieraan aandacht te schenken).

Samenvatting
Evenals bij noodverjonging is de bijdrage die de maatregel structuurdunning heeft geleverd aan realisatie van de OBN-doelstelling onderzocht aan de hand van veldonderzoek, literatuurstudie en een workshop met deskundigen. Hieruit blijkt dat structuurdunning een positieve bijdrage heeft geleverd aan de doelen die hiervoor zijn geformuleerd en ook aan de algemene OBN-doelstelling. De groepenkap leidt tot

een geleidelijke omvorming van monotoon bos naar meer gevarieerd bos. In ruim eenderde van de opstanden staat de verjonging in lage dichtheden en ontwikkelt zich een vitaal bos, echter zonder perspectief voor houtproductie. De ingevangen hoeveelheid aan verzurende en vermestende stoffen is door de maatregel structuurdunning niet substantieel veranderd. Niet vitale bomen worden verwijderd, waardoor het bos gemiddeld vitaler wordt. Potentieel zouden in de toekomst dezelfde vitaliteitsproblemen kunnen ontstaan bij blijvend hoge depositieniveaus. Het positieve effect van structuurdunning op de biodiversiteit van het bosecosysteem kan door aanpassingen van de maatregel nog aanzienlijk toenemen. Zie voor detailgegevens, meer discussie en vervolgvragen de deelrapporten B1, B2 en B3.

3.3 Toekomstbomendunning

Beoogde en verwachte effecten
Het doel van Toekomstbomendunning binnen OBN is het concentreren van de bijgroei op de kwalitatief beste en meest groeikrachtige bomen, het sturen naar een gewenste boomsoortensamenstelling, het verbeteren van de opstandstabiliteit, het verwijderen van bomen die kwalitatief niet voldoen, de oogst van hout, en soms ook het bevorderen en ontwikkelen van natuurwaarden in het bos. Om dit te bereiken worden tijdens het blessen toekomstbomen aangewezen in 20 tot 80 jaar oude multifunctionele bossen ter voorbereiding van oogstingrepen in de stakenfase of boomfase. Er worden 60 tot 120 toekomstbomen per hectare aangewezen. Bij elke toekomstboom wordt tenminste de grootste concurrent weggenomen. Als de opstand een monocultuur is of indien de toekomstbomen ongelijk over de opstand verspreid zijn, mag de maatregel overgezet worden in Structuurdunning (zie Klein et al. 2001).



Figuur 11: Uitvoering van een toekomstbomendunning in een grove dennenbos met behulp van een harvester. (Foto: R. Wolf)

Aangetroffen effecten
De bijdrage die de maatregel toekomstbomendunning heeft geleverd aan realisatie van de OBN-doelstelling is, conform de opdracht, binnen het evaluatieproject maar beperkt onderzocht. Er is geen veldonderzoek of literatuurstudie naar deze maatregel uitgevoerd. Er is uitsluitend aandacht aan toekomstbomendunning besteed in een workshop met deskundigen waarin de effecten van de maatregel op het bosecosysteem centraal stonden (de 'neveneffecten'). Door de opdrachtgever is er van

uitgegaan dat de maatregel toekomstbomendunning bijdraagt aan de hiervoor opgestelde doelstellingen en dat deze (voor een korte periode) leidt tot enige toename van de invang van depositie (Bestek 2002).

De in de workshop geraadpleegde deskundigen verwachten dat het positieve effect van de maatregel toekomstbomendunning op de biodiversiteit van het bos kortdurend en beperkt is. Het bos is na enige jaren weer gesloten en de hoeveelheid dood hout blijft minimaal. Ook ontstaan er niet of nauwelijks nieuwe niches voor flora en fauna (zie tabel 8). Er is naar verwachting geen positief effect van de maatregel op paddestoelen/schimmels en rode lijstsoorten. Er wordt geen toename van vergrassing verwacht en een beperkte toename van ruigtesoorten.

De maatregel wordt vooral uitgevoerd op grond van bosteeltkundige overwegingen. Toekomstbomendunning heeft volgens de experts een duidelijk positief effect op de vitaliteit van de bomen en ook een positieve invloed op de gelaagdheid van het bos (toename tweede boomlaag/ struiklaag). Het is vooral een bosteeltkundige maatregel die zijn effect heeft op de (vitaliteit van) de bomen, maar weinig meerwaarde heeft voor flora en fauna.

Tabel 8 Samenvatting van de scores van deskundigen voor de verwachte effecten van toekomstbomendunning. Scores worden in tabel 6 toegelicht.

	Aantal scores				
Verwachte effect	**++**	**+**	**0**	**-**	**--**
Effecten op vitaliteit bomen en bosstructuur		31		1	
Effect op de flora		14	20	2	
Effect op de fauna		11	14	3	
Effect op het totale bosecosysteem		15	13	4	

Discussie

Doelstelling van de maatregel
Tijdens de workshop bleek dat de deskundigen verwachten dat de doelen van de maatregel gehaald worden. De maatregel toekomstbomendunning heeft vooral een positieve uitwerking op de vitaliteit van het bomenbestand, waarop in de doelstelling van de maatregel ook sterk de nadruk ligt. Er is weinig positieve invloed op de biodiversiteit van het ecosysteem. Er zijn nauwelijks negatieve neveneffecten, al neemt de invang van verzurende en vermestende stoffen tijdelijk iets toe.

Zoals gezegd ligt in de doelstelling die voor de maatregel toekomstbomendunning is geformuleerd de nadruk op de vitaliteit van het bomenbestand. De biodiversiteit speelt een ondergeschikte rol. De doelstelling sluit daarmee vooral aan bij de doelstelling 'behoud van ecosystemen' van het OBN. Opvallend is dat een aantal onderdelen van de doelstelling van de maatregel niet samenhangt met vitaliteit, maar met andere bosteeltkundige doelen: concentreren van de bijgroei op de kwalitatief beste bomen, verwijderen van bomen die kwalitatief niet voldoen, oogst van hout. Deze onderdelen sluiten niet of weinig aan bij de algemene OBN-doelstelling.

De blesser bepaalt in het bos of een ingreep als toekomstbomendunning of als structuurdunning wordt uitgevoerd. Bij ongelijke verdeling van de toekomstbomen over het terrein of in een monocultuur krijgt structuurdunning de voorkeur (zie ook Klein et al. 2001). De maatregelen hebben elk duidelijk een andere doelstelling, namelijk vnl. oogstgericht dan wel vnl. ecosysteemgericht. Dit verschil in doelstelling voor OBN binnen deze twee verwante maatregelen is opmerkelijk.

Realisatie van beleidsdoelen buiten OBN
De maatregel toekomstbomendunning is een ingreep die erop gericht is de vitaliteit en kwaliteit van het bomenbestand te verbeteren. De OBN-subsidie voor het aanwijzen van toekomstbomen heeft een sterk stimulerende werking op het uitvoeren van actief bosbeheer in veel particuliere bossen. Er wordt meer en bewuster gedund. Er wordt beter nagedacht over doelen en keuzen bij het bosbeheer.

Aannemelijk is dat deze breed toegepaste maatregelsubsidie een betere functievervulling van de Nederlandse multifunctionele bossen stimuleert. De maatregel draagt daarmee bij aan realisatie van huidige landelijke beleidsdoelen, zoals verwoord in Bosbeleidsplan, Mensen voor Natuur en stukken over geïntegreerd bosbeheer. Maar het is de vraag in hoeverre deze maatregel binnen het (huidige) OBN-kader past.

Optimalisering maatregel
Door de wijze waarop de maatregel toekomstbomendunning wordt uitgevoerd worden de mogelijkheden op het gebied van biodiversiteit niet optimaal benut. De bijdrage van de maatregel toekomstbomendunning aan de algemene doelstelling van het OBN kan nog aanmerkelijk worden verbeterd. Aandachtspunten hierbij zijn verhoging van de hoeveelheid dood hout, variabel dunnen en/of combineren van structuurdunning en toekomstbomendunning in één opstand (variabel ingrijpen; zie ook bijlage 4 voor praktische aanbevelingen).

Aanvulling op regulier bosbeheer?
De vitaliteitsproblemen lijken af te nemen door afname van de depositieniveaus en de maatregel is op dit moment meer een reguliere beheersingreep dan een omvormingsingreep in het kader van OBN.

Volgen van effecten
Net als voor noodverjonging en structuurdunning geldt dat een goed opgezet monitoringsysteem een completer en exacter beeld zou opleveren van de effecten van de maatregel.

Samenvatting
De positieve bijdrage die toekomstbomendunning, als meest reguliere maatregel, heeft geleverd aan de algemene OBN-doelstelling beperkt zich voornamelijk tot een gemiddeld betere vitaliteit van de vrijgestelde toekomstbomen. De maatregel is niet in het veld beoordeeld, conform het bestek. Het effect op de ingevangen hoeveelheid aan verzurende en vermestende stoffen is door de geraadpleegde deskundigen ingeschat als licht negatief, het effect op de biodiversiteit van het bos als licht positief. Toekomstbomendunning draagt positief bij aan realisatie van landelijke beleidsdoelen. Het positieve effect van de maatregel toekomstbomendunning op de biodiversiteit van het bosecosysteem kan door aanpassingen van de maatregel aanzienlijk toenemen. Zie voor detailgegevens, meer discussie en vervolgvragen deelrapport B3.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Bemesting en bekalking

Bemesting
Het doel van bemesting maakt dat de maatregel bij uitstek binnen de OBN-doelstelling past. De maatregel heeft in de vorm waarin deze de laatste jaren is uitgevoerd echter niet het gewenste resultaat opgeleverd. Het positieve effect op de voedingsstoffenvoorziening van de bomen is beperkt (alleen een positieve trend voor fosfor) en de bijdrage aan vitaliteitsverbetering van het bos is niet waarneembaar over een termijn van vier à vijf jaar. Daarmee is de doelstelling zoals die voor deze maatregel is geformuleerd slechts in beperkte mate gerealiseerd. De maatregel heeft hierdoor ook geen noemenswaardige bijdrage geleverd aan realisatie van de bredere algemene OBN-doelstelling. Opvallend is dat de groei al vóór de behandeling heel bevredigend was, waardoor het lijkt dat er geen wezenlijke vitaliteitsproblemen waren. Er zijn lichte negatieve neveneffecten op de vegetatie gesignaleerd.

Het uitblijven van het gewenste positieve effect van bemesting is onverwacht. Immers: de maatregel is vooraf in proefvelden uitgebreid op haar effect getoetst. De meetvariatie onder praktijkomstandigheden blijkt echter groot te zijn, waardoor een bemestingseffect moeilijker is vast te stellen. In Nederland zijn bovendien de grenswaarden die zijn gebruikt om te bepalen of er sprake is van een voedingsstoffentekort beduidend minder scherp dan de grenswaarden die in Europees verband worden gehanteerd.

Alle opstanden in een bosgebied waarvoor de maatregel toevoegen van nutriënten óf aanpassen van de bosvegetatie is aangevraagd zijn bemonsterd en bij een geconstateerd voedingsstoffentekort bemest als de eigenaar dat wil. Daarbij is niet nader gekeken naar de vitaliteit van het bos. De enige voorwaarde is dat het bos geen vitaliteitsklasse 1 mag hebben. Dit is niet echt beperkend, want deze klasse komt weinig voor op verzuringsgevoelige bodems. Door deze werkwijze is de maatregel waarschijnlijk in veel percelen uitgevoerd waar geen wezenlijke vitaliteitsproblemen aanwezig waren en waar de bomen ook geen (ernstige) tekorten aan voedingsstoffen hadden. De groeigegevens tonen dit aan.

Het is, gezien enkele praktijkervaringen en de onderzoeksresultaten uit proefvelden, waarschijnlijk dat de maatregel bemesting wel effectief is voor het oplossen van vitaliteitsproblemen wanneer deze alleen wordt toegepast in de werkelijke probleemgevallen. Het gaat dan om bossen met forse vitaliteitsproblemen en een duidelijk tekort aan voedingsstoffen. Bij het bepalen van nieuwe, scherpere criteria voor opstanden die in aanmerking komen voor bemesting zou minder gekeken kunnen worden naar de vitaliteit van de bomen en meer rekening gehouden kunnen worden met eigenschappen van het bosecosysteem, zoals vegetatie, bodemfauna en humuskwaliteit. In Europees verband wordt er al op deze bredere manier naar het bos gekeken. Wanneer de maatregel bemesting de komende jaren alleen in werkelijke probleemgevallen wordt uitgevoerd en op basis van een bredere set criteria, kan over een aantal jaar worden bepaald of het gewenste positieve effect van deze OBN-maatregel in de praktijk optreedt. Daarvoor is wel een extensieve vorm van monitoring nodig.

Bekalking
Bekalking is net als bemesting een maatregel die goed binnen de OBN-doelstelling past. De voor bekalking geformuleerde doelstelling, het herstel van de zuurgraad in de bodem, lijkt echter achterhaald. Het blijkt beter te zijn om te kijken naar de voorziening van afzonderlijke voedingsstoffen, waarbij het in dit geval met name om calcium gaat. Ook geldt dat, net als bij bemesting, in de doelstelling expliciet aangegeven zou moeten worden dat het gaat om herstel van vitaliteitsproblemen van het bosecosysteem, niet alleen van de bomen.

Voor bekalking geldt, net als voor bemesting, dat deze maatregel in de vorm waarin deze de laatste jaren is uitgevoerd niet het gewenste resultaat heeft opgeleverd. Ook hier is sprake van meetvariatie, maar minder dan bij meting van de voedingsstoffengehalten. Er is geen positief effect op de zuurgraad van de bodem en op de vitaliteit van het bos gevonden ondanks de hoeveelheid kalk die is toegediend (3 ton.ha^{-1}). Daarmee is de doelstelling zoals die voor deze maatregel is geformuleerd niet gerealiseerd en is geen bijdrage geleverd aan realisatie van de algemene OBN-doelstelling. Er zijn sterkere negatieve neveneffecten gesignaleerd dan bij bemesting, zowel op de vegetatie als op de bodemfauna.

De maatregel bekalking kan beter vervangen worden door de maatregel 'toevoegen van de voedingsstof calcium'. Aangezien pH-neutrale Ca-meststoffen minder negatieve neveneffecten lijken te hebben op het bosecosysteem en sneller werken dan kalk, ligt vervanging van kalk door andere Ca-meststoffen voor de hand. De maatregel wordt op deze manier een integraal onderdeel van de maatregel 'bemesting'. De bovenstaande suggesties voor een zinvolle wijze van voortzetting van de maatregel bemesting gelden daarmee ook voor bekalking. Alleen in extreem zure omstandigheden blijft bekalking wel aan te raden. Een nieuwe grenswaarde zou hiervoor moeten worden vastgesteld. Ook hier kan worden aangesloten bij discussies op Europees niveau om snel een weloverwogen beslissing te kunnen nemen.

4.2 Aanpassen van de bosvegetatie

Noodverjonging
De maatregel noodverjonging past goed binnen de OBN-doelstelling. De maatregel heeft in de vorm waarin deze de laatste jaren is uitgevoerd tot de verwachte resultaten geleid. Er is zowel een positief effect op de biodiversiteit van het bos als op de gemiddelde vitaliteit van de bomen, meestal door de concrete gevolgen van de ingreep waarbij een groot aantal bomen wordt verwijderd en het bos dus geheel van karakter verandert. Het effect op de biodiversiteit is door de grootschaligheid van noodverjonging wat minder groot dan bij structuurdunning. Bij een aantal boskenmerken moet worden afgewacht hoe veranderingen op de langere termijn uitpakken. In een kwart van de opstanden staat verspreide verjonging in lage dichtheden en ontwikkelt zich een nieuwe generatie vitaal bos, maar zonder perspectief voor houtproductie. Ook is het effect van noodverjonging op de vitaliteit van het bos op den duur alleen positief als het jonge bos dat het gevelde niet-vitale bos vervangt vitaal blijft.

De bijdrage aan de OBN-doelstelling kan worden vergroot door de maatregel zo aan te passen dat deze nog aanzienlijk meer bijdraagt aan verhoging van de variatie en biodiversiteit van het bosecosysteem. Aandachtspunten hierbij zijn verhoging van de hoeveelheid dood hout, terughoudendheid bij grootschalige aanplant en bodembewerking, bewuste keuze van te verjongen boomsoorten, concentreren van takhout voor het creëren van schuil- en broedplaatsen, bevorderen van strooiselafbraak in gevelde opstandsgedeelten, verlenen van nazorg aan ingebrachte of bewust verjongde boomsoorten en behouden van een deel van de oude opstand. Veldonderzoek in een aantal goedgekozen voorbeelden vanuit een goed gedocumenteerde nulsituatie is nodig om een nauwkeurigere inschatting te kunnen geven van de effecten van de maatregel noodverjonging.



Figuur 12: Aangeplante eiken en dichte natuurlijke verjonging van grove den in de plantvoren na uitvoering van noodverjonging. (Foto: R. Wolf)

Structuurdunning
Ook de maatregel structuurdunning past goed binnen de OBN-doelstelling. Het enige vraagpunt is in hoeverre het tegenwoordig nog gaat om 'aanvulling op regulier beheer'. Structuurdunning is een omvormingsingreep, maar wel een die de afgelopen jaren in het kader van geïntegreerd bosbeheer steeds gangbaarder is geworden bij het beheer van multifunctionele bossen. De maatregel heeft in de vorm waarin deze in de afgelopen periode is uitgevoerd tot de verwachte resultaten geleid. Er is een duidelijk positief effect op de biodiversiteit van het bos. Wel moet bij een aantal boskenmerken worden afgewacht hoe veranderingen op de langere termijn uitpakken. In ruim een derde van de opstanden staat de verjonging in lage dichtheden en ontwikkelt zich een nieuwe generatie vitaal bos, maar zonder perspectief voor houtproductie. Het positieve effect op de vitaliteit van de bomen in de opstand is beperkt. Gezien de doelstelling zoals die voor de maatregel is geformuleerd (zwaartepunt op biodiversiteit) voldoet de maatregel goed.

De bijdrage aan de OBN-doelstelling kan echter ook hier worden vergroot door de maatregel zo aan te passen dat deze nog aanzienlijk meer bijdraagt aan verhoging van de variatie en biodiversiteit van het bosecosysteem. Aandachtspunten hierbij zijn verhoging van de hoeveelheid dood hout, terughoudendheid bij grootschalige aanplant en bodembewerking, bewuste keuze van te verjongen boomsoorten, concentreren van takhout, regelmatige herhaling van groepenkap binnen een bosgebied, bevorderen van strooiselafbraak in gevelde groepen, verlenen van nazorg aan ingebrachte of bewust verjongde boomsoorten, rekening houden met relictpopulaties van bijzondere soorten bij de keuze van locaties voor groepenkap en gecombineerd uitvoeren met toekomstbomendunning. Veldonderzoek vanuit een goed gedocumenteerde nulsituatie is nodig om een nauwkeurigere inschatting te kunnen geven van de effecten van de maatregel structuurdunning.



Figuur 13: Door uitvoering van structuurdunning is het monocultuurkarakter van dit Corsicaanse dennenbos doorbroken. (Foto: R.Wolf)

Toekomstbomendunning
De maatregel toekomstbomendunning past niet goed binnen de algemene OBN-doelstelling. Conform de huidige doelformulering is de ingreep erop gericht de vitaliteit en de kwaliteit van het bomenbestand te verbeteren, en is dus grotendeels gericht op houtoogst. Het houtkwaliteitsaspect valt buiten het algemene doel van OBN. Ook heeft de maatregel veel weg van een reguliere beheeringreep, terwijl de OBN-doelstelling aangeeft dat het een 'aanvulling op regulier beheer' moet zijn. De subsidie voor het aanwijzen van toekomstbomen heeft echter een sterk stimulerende werking op het uitvoeren van bewust en actief bosbeheer in particuliere bossen. Het is daarom aannemelijk dat deze maatregel een positieve uitwerking heeft gehad op de functievervulling van de Nederlandse multifunctionele bossen en op deze manier substantieel heeft bijgedragen aan de realisatie van de huidige landelijke beleidsdoelen.

De maatregel toekomstbomendunning heeft in de vorm waarin deze in de afgelopen periode is uitgevoerd tot de verwachte resultaten geleid. De maatregel heeft een duidelijk positief effect op de vitaliteit van de bomen. Dit effect wordt blijvend wanneer de aangewezen toekomstbomen regelmatig opnieuw worden vrijgesteld. De meerwaarde voor biodiversiteit is gering. Gezien de doelstelling zoals die voor de maatregel is geformuleerd (zwaartepunt op vitaliteit) voldoet de maatregel goed. Hier is weinig discussie over. Mede daarom is er in het kader van deze evaluatie geen veldonderzoek verricht naar de effecten van toekomstbomendunning.

De bijdrage aan de algemene OBN-doelstelling kan worden vergroot door de maatregel toekomstbomendunning zo aan te passen dat deze door de manier van blessen meer bijdraagt aan de biodiversiteit van het bos. Aandachtspunten hierbij zijn verhoging van de hoeveelheid dood hout, variabel dunnen en gecombineerd uitvoeren met structuurdunning. Veldonderzoek vanuit een goed gedocumenteerde nulsituatie is nodig om een nauwkeurigere inschatting te kunnen geven van de effecten van de maatregel toekomstbomendunning.

4.3 Toekomst

Optimalisering Effectgerichte Maatregelen
Op een aantal punten blijkt dat de maatregelen niet optimaal functioneren. Met name bemesting en bekalking blijken niet de verwachte effecten op te leveren bij de huidige wijze van diagnose en uitvoering. Ook bij de maatregelen Noodverjonging, Structuurdunning en Toekomstbomendunning zijn verbeteringen mogelijk. De maatregelen kunnen worden aangepast of aangescherpt om de effectiviteit te verhogen. Hierboven zijn daarvoor al een aantal suggesties gegeven, evenals in de deelrapporten van dit onderzoek.

Op hoofdlijnen doen we de volgende aanbevelingen:
- Herformuleren van de OBN doelen voor de maatregelen in multifunctionele bossen. Daarbij zou het accent meer op de vitaliteit van het bosecosysteem moeten liggen en minder op de vitaliteit van de bomen.
- Vaststellen van nieuwe criteria en voorwaarden per gekozen maatregel, bijvoorbeeld via aanscherpen van grenswaarden of condities voor gesubsidieerd ingrijpen. Daarbij aandacht besteden aan de continuïteit van maatregelen, zodat de effecten langdurig in stand blijven.
- Volgen van de effectiviteit van de ingrepen vanaf de nulsituatie vóór de ingreep in een klein aantal goedgekozen voorbeeldopstanden.

We bevelen aan om een multidisciplinaire werkgroep samen te stellen om een uitgebalanceerde nieuwe systematiek voor subsidiëring van effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen op te zetten, waarbij vanuit de vitaliteit van het ecosysteem gedacht wordt. Het Deskundigenteam Bossen van OBN kan hierin een goede rol vervullen, en er kan worden aangesloten bij actuele internationale discussies in EU Expert Panels. De soms onverwachte resultaten van deze evaluatie van Effectgerichte Maatregelen in multifunctionele bossen zijn een goede aanleiding om de systematiek van subsidiëring van deze maatregelen fundamenteel beter op te zetten.

Rol van voorlichting
Een aantal details in de wijze van uitvoering van maatregelen is moeilijk via regelgeving af te dwingen. Een goede, doelgerichte uitvoering kan echter wel heel belangrijk zijn voor het optimaliseren van de effecten die OBN met de maatregel beoogt. Technieken of aandachtpunten die van belang zijn bij de uitvoering van maatregelen kunnen via voorlichting onder de aandacht gebracht worden. Een eigenaar leert hierdoor het nut van een betere uitvoering voor zijn bosecosysteem kennen. Een aantal suggesties voor onderwerpen waarover voorlichting kan worden gegeven wordt gedaan in bijlage 4.

Dankwoord

Wij danken iedereen die heeft bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport. In het bijzonder gaat onze dank uit naar:

- G. Grimberg, R. Hendriks en P. Joop (Directie Kennis van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit) voor de opdrachtverlening en prettige samenwerking,
- D. Boxman, A. van Hees, H. Hekhuis, A. Jansen, R. Kemmers, T. Kuyper, J. den Ouden, H. Siebel, H. Siepel, A. Stortelder en H. Weersink (Deskundigenteam Bossen) voor de inhoudelijke projectbegeleiding,
- H. Weersink, P. Westerhof (Unie van Bosgroepen), T. Keizers (Bosgroep Noord-Oost Nederland), L. Verkerk (Bosgroep Midden Nederland), E. van der Staak (Bosgroep Brabant) en R. van der Burg (Bosgroep Zuid Nederland) voor het uitzoeken en verstrekken van de benodigde basisgegevens en het informeren van hun leden over uit te voeren veldwerkzaamheden.
- C. van den Berg, W. Dimmers, J. de Gruijter, P. Hommel, G. Jagers op Akkerhuis, M. Knotters, G. Tolkamp, J. Vrielink, R, de Waal, M. van Wijk (Alterra), M. Boertjes, M. Engels, T. Mulder en R. Schraven (Eelerwoude) voor hun aandeel in de uitvoering van dit project en M. van Wijk ook voor kommentaar op concepten van dit rapport.
- M. Berg, J. van den Burg, R. van der Burg, H. van Dobben, K. van Dort, M. Duizendstraal, J. Fanta, L. Goudswaard, U. Klaassen, H. Koop, R. Poels, M. Veerkamp, E. Wilderink voor hun adviezen en ondersteuning.
- De eigenaren en beheerders van de bossen waarin het evaluatieonderzoek is uitgevoerd voor hun medewerking en toestemming voor het verrichten van het veldwerk in hun bos.

Ad Olsthoorn en Robbert Wolf

Literatuur

Bal, D., Beije, H., Klein, M., Van Tol, G., Van Ommering, Holtland, J. & Van Duinhoven, G. 1999 Zicht op overleven. Tien jaar Overlevingsplan bos+natuur. OBN publicatie, IKC Natuurbeheer, Wageningen, 24p.

Bestek 2002 Evaluatie Effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen. Deskundigenteam Bossen, OBN. *(Dit is het bestek waarop dit onderzoek is gebaseerd)*

Bleeker, A. & Draaiers, G.P.J. 2001 Literatuurstudie naar de invloed van kroonstructuur en bosranden op de atmosferische depositie in bossen. TNO-rapport nr. R 2001/580.

Burg, J. van den 1994a Verslag van het landelijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Deelrapport 1. De effecten van kalium- en magnesiumbemesting op vitaliteitskenmerken en groei van negen grovedennenopstanden en van een Corsicaanse-dennenopstand. Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, No 101, 138p.

Burg, J. van den 1994b Verslag van het landelijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Deelrapport 2. De effecten van fosfor-, kalium- en magnesiumbemesting op vitaliteitskenmerken en groei van acht douglas- en acht zomereikencultures en opstanden Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, No 102, 81p.

Burg, J. van den 1994c Verslag van het landelijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Deelrapport 3. De effecten van kalium- en magnesiumbemesting en van bekalking op vitaliteitskenmerken en groei van twaalf herbebossingscultures. Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, No 103, 137p.

Burg, J. van den 1994d Verslag van het landelijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Deelrapport 4. De effecten van bekalking op vitaliteitskenmerken en groei van zes opstanden in de boswachterij St. Anthonis (1998 t/m 1991). Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, No 104, 89p.

Burg, J. van den 1994e Verslag van het landelijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Deelrapport 5. De effecten van fosfor-, kalium- en magnesiumbemesting op vitaliteitskenmerken en groei van zes lariksopstanden. Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, No 105, 44p.

Burg, J. van den & Olsthoorn, A.F.M. 1994 Verslag van het landelijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Deelrapport 6. Overzicht en bespreking van de resultaten. Rapport Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, No 106, 126p.

Burg, J. van den & Schaap, W. 1995. Richtlijnen voor mineralen toediening en bekalking als effect gerichte maatregel in bossen. Rapport nr. 16, IKC Natuurbeheer, Wageningen.

Diekmann, M. 2003 Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review. Basic Applied Ecology 4: 493-506.

Dijk, H.F.G. van 1993 Excess nitrogen deposition: a stress factor in Dutch plantation forests. Ph.D thesis, Catholic University Nijmegen, Nijmegen, Netherlands, 125p.

Goos, J. & Prins, G.A.H. 1993 Eindrapportage Evaluatie Effectgerichte maatregelen Bossen. Ingenieuersbureau Oranjewoud, 106p.

Hendriks, C.M.A., Olsthoorn, A.F.M., Klap, J.M., Goedhart, P.W., Oude Voshaar, J.H., Bleeker, A., De Vries, F., Van der Salm, C., Voogd, J.C.H., De Vries, W., Wijdeven, S.M.J. 2000 Relationships between crown condition and its determining factors in the Netherlands for the period 1984 to 1994. Alterra rapport 161, Wageningen, Netherlands, 69p.

Hommel, P.W.F.M., Spek, M. & de Waal, R.W. 2003 De winterlinde terug in het Nederlandse bos? `Rijk' strooisel geeft meer gevarieerde ondergroei. In: Fennema, A. et al. Vraag het de bomen. Matrijs, Utrecht.

Klap, J.M. & Schmidt, P. 1995 Maatregelen om effecten van eutrofiering en verzuring in bossen met bijzondere natuurwaarden tegen te gaan. Hinkeloord Reports No 13, Vakgroep Bosbouw, Landbouwuniversiteit, Wageningen, 183p.

Klein, M., Horlings, I. & Ommering, G. van 2001. Handleiding Subsidie Effectgerichte Maatregelen 2001. Overlevingsplan Bos en Natuur, Regeling effectgerichte maatregelen in bossen en natuurterreinen. Expertisecentrum LNV/ Directie Natuurbeheer, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Wageningen/Den Haag.

Luyssaert, S., Sulkava, N., Raitio, H. & Hollmen, J. 2003 Evaluation of forest nutrition based on large-scale foliar surveys: are nutrition profiles the way to the future? Journal of Environmental monitoring 6 (2): 160-167.

McLaughlin, S.B. and Wimmer, R. 1999. Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. Tansley Review No. 104. New Phytol., 142: 373-417.

Schaffers, A.P. & Sykora, K.V. 2000 Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. Journal of Vegetation Science 11: 225-244.

Siepel, H. 1994 Life history tactics of soil microarthropods. Biology and Fertility of Soils 18 (4): 263-278, also in Ph.D. Thesis, Wageningen University.

Siepel, H. 1996 Biodiversity of soil microarthropods: The filtering of species. Biodiversity and Conservation 5 (2): 251-260.

Stefan, K., Fürst, A., Hacker, R. & Bartels, U. 1997 Forest foliar condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE, Brussels, Geneva, 207p.

Tol, G. van 1995 Neveneffecten van bekalking en mineralengiften in bossen. Rapport IKC Natuurbeheer, Wageningen, Netherlands, Nr 13, 28p.

Vries, W. de, Reinds, G.J., Van Kerkvoorde, M.S., Hendriks, C.M.A., Leeters, E.E.J.M., Gross, C.P., Voogd, J.C.H. & Vel, E.M. 2000 Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical report 2000. Forest Intensive Monitoring Coordinating Insitute FIMCI, EC-UN/ECE, Brussels, Geneva, 191p.

Weersink, H. 1999 Overlevingsplan Bos en Natuur: Maatregelen in multifunctionele bossen. Vakblad Natuurbeheer 38 (8): 123-125.

Bijlage 1 Overzicht van de deelrapporten

Onderstaande deelrapporten fungeren als losse bijlagen bij dit Eindrapport.

Bekalking en toevoegen van nutriënten, onderdeel A

Deelrapport A1.1. A.F.M. Olsthoorn, C.A. van den Berg & J.J. de Gruijter 2005. *Evaluatie van bemesting en bekalking in bossen en de ontwikkeling in onbehandelde bossen.* Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport A1.1. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.1.

Deelrapport A1.2. R.J.A.M. Wolf, M. Engels, M. Knotters, R. Schraven & M. Boertjes 2005. *Bekalking en toevoegen van nutriënten. Evaluatie van de effecten op de vitaliteit van het bos. Een veldonderzoek naar boomgroei.* Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport A1.2. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.2.

Deelrapport A2. G.W. Tolkamp & A.F.M. Olsthoorn 2005. *Waarom volstaat een fosfaatbemesting met Ca bij lage pH? Het effect van Ca zonder het pH effect van bekalking. Literatuuronderzoek*. Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport A2. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.3.

Deelrapport A3.1. R.J.A.M. Wolf & A.F.M. Olsthoorn 2005. *Bekalking en toevoegen van nutriënten. Evaluatie van de effecten op flora en bodemfauna. Een literatuurstudie.* Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport A3.1. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.4.

Deelrapport A3.2. R.J.A.M. Wolf, W.J. Dimmers, P.W.F.M. Hommel, G.A.J. Jagers op Akkerhuis, J.G. Vrielink & R.W. de Waal 2005. *Bekalking en toevoegen van nutriënten. Evaluatie van de effecten op het bosecosysteem. Een veldonderzoek naar vegetatie, humus en bodemfauna.* Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport A3.2. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.5.

Aanpassen van de bosvegetatie, onderdeel B

Deelrapport B1. R.J.A.M. Wolf & R. Schraven 2005. *Structuurdunning en Noodverjonging. Evaluatie van de mate van doelrealisatie. Een veldonderzoek*. Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport B1. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.6.

Deelrapport B2. G.W. Tolkamp & A.F.M. Olsthoorn 2005. *De invloed van structuurdunning en noodverjonging op de effectieve depositie in bossen*. Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport B2. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.7.

Deelrapport B3. R.J.A.M. Wolf & M.N. van Wijk 2005. *Toekomstbomendunning, Structuurdunning en Noodverjonging. Evaluatie van de effecten op het bosecosysteem. Een workshop.* Evaluatie Effectgerichte maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen. Deelrapport B3. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.8.

Eindrapport over het gehele project EGM Evaluatie (onderdelen A en B):
Eindrapport A.F.M. Olsthoorn & R.J.A.M. *Wolf Evaluatie van Effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen.* Eindrapport. Alterra/Eelerwoude, Wageningen/Goor. Alterra rapport 1337.9.
Ook verschenen als OBN rapport dk051-O

Bijlage 2 Korte beschrijving van de methodiek per deelonderzoek

A. Bemesting en bekalking

A1.1. Effect op nutriëntenbalans cq. zuurgraad (herbemonstering):
Op basis van de oorspronkelijke bemonstering in 1998, 1999 of 2000, is binnen dit project in een vooronderzoek de minimale steekproefomvang berekend en zijn in 2004 in totaal 200 opstanden herbemonsterd op blad- en naaldgehalten aan voedingsstoffen en op bodem pH. Met een correctie voor de veranderingen in de onbehandelde opstanden is met de BACI methode (Before – After – Control – Impact) vastgesteld of er een significante reactie optrad in de voedingsstoffengehalten na bemesting en bekalking.

A1.2. Effect op vitaliteit (aanwasboring):
Via een veldonderzoek is begin 2005 in 44 opstanden gekeken naar de reactie van de bomen op bemesting of bekalking via de jaarringdikte. Dit is een steekproef uit de 200 herbemonsteringsopstanden uit deelonderzoek A1.1. Aangenomen is dat dit een beeld geeft van de effecten op de vitaliteit. Omdat gegevens ontbreken over de vitaliteit voorafgaand aan de behandeling, kunnen op deze manier gegevens worden verkregen van de groei in de periode vóór de behandelingen, en kon ook hier de BACI methode worden toegepast om te zien of er door de behandeling een significante reactie optrad in de groei.

A2 Literatuuronderzoek bekalking:
Via literatuuronderzoek is uitgezocht of een fosfaatmeststof met een aandeel calcium volstaat bij een lage pH van de bodem. De vraag was of een aanvullende bekalking nog nodig zou zijn als de calciumvoorziening via de fosfaatmeststof al verbeterd wordt. In het bestek is niet gevraagd om een algemene beoordeling van de international bekalkings- en bemestingsliteratuur als beoordeling van effecten op de ver-thema's en daarom wijkt dit onderdeel iets af van de algemene systematiek (zie paragraaf 1.1).

A3.1. Literatuuronderzoek neveneffecten:
Via literatuuronderzoek is uitgezocht welke effecten er na een bemesting of bekalking optreden op vegetatie/flora en op de bodemfauna in bossen. Een literatuurstudie uit 1995 met dit onderwerp diende als referentiekader voor de studie (Van Tol 1995). Er is dus vooral naar aanvullingen gezocht in de internationale literatuur van ná die tijd.

A3.2. Veldonderzoek neveneffecten (vegetatie, bodemfauna, humusprofiel):
Via een veldonderzoek in mei-juni 2005 zijn in 60 opstanden gecombineerde opnamen uitgevoerd van de vegetatie (hogere planten, mossen, bosstructuur) en het humusprofiel. In 20 van deze opstanden zijn ook bodemfaunamonsters genomen. Diverse kenmerken van vegetatie, humusprofiel en bodemfauna zijn geanalyseerd op effecten van bekalking of bemesting. Omdat de uitgangssituatie niet bekend was, is gewerkt met paarsgewijze vergelijkingen van vrijwel identieke sets van behandelde en onbehandelde opstanden.

B. Aanpassen van de bosvegetatie

B1. Veldonderzoek structuurdunning en noodverjonging:
Via veldonderzoek in 150 opstanden in juni-augustus 2004 is beoordeeld wat de veranderingen zijn in de bossamenstelling als gevolg van uitvoering van de maatregelen structuurdunning of noodverjonging. Bekeken is wat de veranderingen zijn in bosstructuur (direct beïnvloed) en vegetatie (indirect beïnvloed) en hoe het jonge bos in de gevelde groepen zich ontwikkelt. De resultaten van de maatregelen structuurdunning en noodverjonging zijn elk apart besproken.

B2. Literatuuronderzoek structuurdunning en noodverjonging:
Via literatuuronderzoek is uitgezocht welke effecten op de depositie van verzurende stoffen er optreden als de bosstructuur wordt veranderd door een structuurdunning (groepenkap) of door noodverjonging (meestal vrijwel geheel vernieuwen van de boomlaag). Een noodverjonging is daarbij als een groter schaalniveau voor depositie-effecten gezien als structuurdunning. Het deelrapport is niet gesplitst in aparte bespreking van deze twee maatregelen. Het onderzoek beschrijft ook bodemkundige en hydrologische veranderingen.

B3 Workshop effect op ecosysteem:
Via een workshop is op een rij gezet hoe onderzoekers en ervaringsdeskundigen denken over kansen voor ontwikkeling van de natuurkwaliteit na toekomstbomen-dunning (individuele kap), structuurdunning (groepenkap) en noodverjonging (meestal vrijwel geheel vernieuwen van de boomlaag). De workshop bestond uit een aantal presentaties over effecten op flora (inclusief mossen) en fauna, met aansluitend discussies. Het tweede deel bestond uit het invullen van verwachtingslijsten per persoon die gezamenlijk besproken zijn voor het trekken van conclusies.

In het kader van dit evaluatieonderzoek is conform de opdracht betrekkelijk weinig aandacht besteed aan de effecten van de maatregel toekomstbomendunning. Door de opdrachtgever is er van uitgegaan dat de maatregel toekomstbomendunning bijdraagt aan de hiervoor opgestelde doelstelling en dat toekomstbomendunning (voor een korte periode) leidt tot enige toename van de invang van depositie (Zie: Bestek voor deze EGM Evaluatie uit 2002). Bij de workshop (B3) is de invloed van toekomstbomendunning op het bosecosysteem wel aan de orde gesteld.

Bijlage 3 Samenvatting van de conclusies uit de deelonderzoeken

Bekalking en toevoegen van nutriënten (onderdeel A)

Beoordelen of door nutriënten- cq. kalkgift de nutriëntenbalans in de bomen cq. de zuurgraad van de bodem is verbeterd (A1.1):

- Er zijn vijf jaar na de behandeling geen effecten aangetroffen van bemesting en bekalking in de voedingsstoffengehalten van bladeren of naalden na bemesting en geen veranderingen in de bodem-pH na bekalking. Het fosforgehalte lijkt als enige licht positief beïnvloed te zijn door bemesting.

Beoordelen of er sprake is van een autonome ontwikkeling in nutriëntenbalans van de bomen cq. de zuurgraad van de bodem in onbehandelde bossen (A1.1):

- Er zijn in de vijf jaar na de eerste opname geen veranderingen opgetreden in de voedingsstoffenhuishouding of in de bodem-pH.

Beoordelen of door de nutriënten- cq. kalkgift de vitaliteit van de opstanden is verbeterd (A1.2):

- Er zijn vijf jaar na de behandeling geen effecten aangetroffen van bemesting en bekalking op de groei van bomen, gemeten via de jaarringdikte. Daarom nemen we aan dat er ook geen waarneembaar effect op de vitaliteit aanwezig is als gevolg van de behandelingen.

Beoordelen van de noodzaak van bekalking als maatregel tegen verzuring als ook bemesting met calciumhoudende (pH-neutrale) fosfaatmeststof plaatsvindt (A2:,

- Een bemesting met Ca (via de fosformeststof) is voldoende om de calciumvoorziening te verhogen bij een lage bodem-pH. Een bekalking naast een fosforbemesting is niet nodig.

Beoordelen van de effecten van bekalking en het toevoegen van nutriënten op het bosecosysteem in het algemeen en op de flora en microfauna in het bijzonder (A3.1 en A3.2):

- Uit de literatuur komt er een gevarieerd, maar licht negatief beeld naar voren van de effecten van bemesting en bekalking op natuurwaarde van het bos. In het veldonderzoek blijken de effecten vijf jaar na de behandeling ook licht negatief, met name via meer stikstofminnende plantensoorten in de vegetatie. De effecten zijn echter naar alle waarschijnlijkheid tijdelijk, omdat er tot op heden geen dier of plantengroepen verdwenen zijn.

Additionele resultaten onderdeel A:

- De groei van opstanden vóór de bemesting of bekalking bleek al heel acceptabel te zijn, namelijk tussen de 2 en 3 mm jaarringdikte. Dit roept de vraag op of de criteria voor ongunstige voedingsstoffensamenstelling scherp genoeg zijn.

- Bij de analyse van de voedingsstoffensamenstelling van blad- of naaldmonsters blijkt de meetvariatie in een veldsituatie zeer groot te zijn. Daardoor moet de diagnose methodiek heroverwogen worden, omdat nu teveel van het toeval afhangt of een opstand wel of niet (met subsidie) bemest en/of bekalkt mag worden.

Aanpassen van de bosvegetatie (onderdeel B)

Beoordelen of uitvoering van de maatregelen structuurdunning en noodverjonging heeft leidt tot realisatie van de hiervoor geformuleerde doelen (B1),

- Er bleken vijf jaar na de behandeling positieve effecten voor de natuurwaarden en stabiliteit op te treden na structuurdunning en noodverjonging. Grotendeels waren dit directe effecten van verwijdering van kleine of grote groepen bomen met mindere vitaliteit waardoor meer stuctuurdiversiteit ontstaat.

Beoordelen van de invloed die uitvoering van de maatregelen structuurdunning en noodverjonging heeft op de effectieve depositie in de desbetreffende opstand (B2),

- Er zijn geen noemenswaardige effecten van structuurdunning en noodverjonging op de depositie in het bos. Eventuele positieve korte termijn effecten op kleine schaal worden meestel direct elders teniet gedaan. Op lagere termijn kan een gunstigere boomsoortensamenstelling effect hebben op het niveau van de depositie.

Beoordelen van de effecten van de maatregelen toekomstbomendunning, structuurdunning en noodverjonging op het bosecosysteem in het algemeen en op de flora en fauna in het bijzonder (B3).

- Experts verwachten een overwegend positief effect van de maatregelen op de natuurwaarden, vooral door structuurdunning en noodverjonging. Een nadeel is dat dood hout over het algemeen geheel wordt verwijderd.

Additionele resultaten onderdeel B:

- De maatregelen kunnen eenvoudig worden geoptimaliseerd om de doelen nog beter te halen.
- Voorlichting kan een rol spelen als via wet- of regelgeving een maatregel niet opgelegd kan worden. Door bewustwording worden de maatregelen in de regelgeving verbeterd uitgevoerd.

Bijlage 4 Uitwerking van aanbevelingen voor optimalisatie van de Maatregel 'aanpassen van de bosvegetatie'

De maatregelen worden nu vooral uitgevoerd als bosteeltkundige ingrepen in het multifunctionele bos. Dit sluit voor de maatregel toekomstbomendunning goed aan bij de geformuleerde doelstelling, bij de maatregelen structuurdunning en noodverjonging maar ten dele. Kijkend naar bij de algemene doelstelling van het OBN - herstel en behoud van ecosystemen (vitaliteit) en biodiversiteit – worden vooral op het gebied van biodiversiteit de mogelijkheden hierdoor niet optimaal benut.

Belangrijke verbeterpunten zijn:

- ***Variabel ingrijpen*** in een opstand. Dit kan bijvoorbeeld de maatregelen ***structuurdunning*** (groepenkap) ***met*** een *toekomstbomendunning* te ***combineren*** en de maatregel toekomstbomendunning uit te voeren in de vorm van een variabele dunning. Dit laatste betekent dat ook bosgedeelten (bijvoorbeeld langs randen van gevelde groepen) juist dicht blijven (niet gedund). Zo kan het effect van deze twee maatregelen elkaar versterken.
- Zorgen voor ***continuïteit in de uitvoering*** van maatregelen als structuurdunning en toekomstbomendunning. Dit is voor de natuurwaarde van een bosgebied van grote betekenis. Alleen door regelmatige herhaling van ingrepen krijgen de maatregelen een blijvend effect op het bosecosysteem: de verschillende niches zijn dan continu in een bosgebied aanwezig.
- Verhogen van de hoeveelheid ***dood hout*** in de vorm van staande en liggende dikke dode boomstammen. Dit is cruciaal voor verhoging van de natuurwaarde. Het is een belangrijk, goed uitvoerbaar en controleerbaal middel om het natuureffect van de maatregelen toekomstbomendunning, structuurdunning en noodverjonging aanzienlijk te verhogen. Verhogen van de hoeveelheid dood hout is goed inpasbaar in multifunctioneel bosbeheer.
- Concentreren van ***takhout***, bijvoorbeeld op een harvesterpad of op rillen. Dit draagt bij aan de natuurwaarde doordat kale gedeelten goede kiemingsmogelijkheden bieden voor planten en de rillen een goed biotoop kunnen zijn voor bijvoorbeeld vogels en muizen en een toekomstige vestigingsmogelijkheid voor verjonging.
- ***Oppervlakkige bodembewerking en aanplant*** selectief uitvoeren, bijvoorbeeld alleen om een belemmering voor natuurlijke verjonging weg te nemen of om gewenste boomsoorten (op kleine schaal) in te brengen. Bodemverwonding en aanplant verstoren namelijk de natuurlijke vegetatie-, humus- en bosontwikkelingsprocessen en verminderen de natuurwinst die is gekoppeld aan de openheid en variatie die door het vellen ontstaat. Om een vitaal jong bos van de grond te krijgen zijn geen grote dichtheden aan verjonging nodig. Dit is wel nodig wanneer er sprake is van een houtproductiedoel, maar houtkwaliteit is geen onderdeel van de OBN-doelstelling.
- Gebruik maken van ***boomsoorten met*** een ***goede strooiselvertering*** wanneer bij structuurdunning of noodverjonging boomsoorten worden ingebracht door aanplant of via gerichte stimulering van natuurlijke verjonging. Geschikte soorten hiervoor zijn linde of esdoorn (Hommel et al. 2003). Hierdoor kunnen het bodemleven en de bodemvegetatie aanzienlijk verbeteren.
- ***Nazorg*** verlenen (bijvoorbeeld inboeten of vrijstellen) bij inbrengen van boomsoorten of bij inzetten van natuurlijke verjonging, zodat de ingebrachte of

verjongde boomsoorten zich ook op langere termijn kunnen handhaven en ontwikkelen en ontmenging kan worden tegengegaan.
- Rekening houden met ***relictpopulaties*** van aanwezige zeldzame of kenmerkende planten- en diersoorten bij de keuze van locaties voor groepenkap (structuurdunning). Door voorlichting te geven en het verzamelen van basisgegevens (inventarisatie) te stimuleren kan de locale beheerder hier beter op inspelen.
- Voor alle drie de maatregelen opstellen van een ***uitvoeringsinstructie*** die duidelijk aangeeft hoe met natuurwaarden van het bosecosysteem kan en moet worden omgegaan.

Punten van aandacht voor het optimaliseren van de bijdrage van de maatregelen aan de OBN-doelstelling zijn om:
- bij velling in het kader van structuurdunning en noodverjonging zowel een aanzienlijk **aandeel van de bosoppervlakte** (ca. 25%) te vellen als te handhaven,
- bij structuurdunning de **omvang** van de te vellen **groepen** niet te klein te maken (doorsnede minimaal ca 25m) en te variëren.

Door een substantieel deel van de opstand groepsgewijs te vellen maar ook een aanzienlijk deel van de oorspronkelijke opstand te handhaven, wordt enerzijds het overwegend monotone karakter van de opstanden over een aanzienlijke oppervlakte doorbroken, anderzijds het bosklimaat en de waarde van oudere bosgedeelten in stand gehouden. Hierdoor is het positieve effect van de maatregel op de bosstructuur groot, vooral als de gevelde groepen groot genoeg zijn om ook op de lange termijn voldoende ruimte te bieden aan de ontwikkeling van het hierin ontstane jonge bos. Door te variëren in de omvang van de te vellen groepen, ontstaan verschillende groepsgrootten naast elkaar, wat leidt tot verschillen in ontwikkelingsmogelijkheden van het jonge bos en daarmee extra bijdraagt aan vergroting van de variatie in een opstand.

Voor een aantal groepen planten en dieren is er onvoldoende kennis aanwezig om hiervoor een goede inschatting van het effect van de maatregelen te kunnen geven. Het gaat hier met name om dood houtinsecten, bodemmicrofauna en rode lijstsoorten. Maar ook van andere soortengroepen zou het effect van de maatregelen getoetst moeten worden via gericht veldonderzoek. Hetzelfde geldt voor de ontwikkeling van de vitaliteit en samenstelling van het jonge bos op de langere termijn. Daarbij is het van belang dat een goede vergelijking kan worden gemaakt met de nulsituatie en de ontwikkelingen over een lange periode worden gevolgd (goed gedocumenteerde monitoring).

Bijlage 5 Beschrijving bodemfaunagroepen

Zie ook Siepel 1994 en 1996.

Levens cyclus strategie
- **Parasieten**: Soorten die hun levenswijze sterk hebben aangepast aan een gastheer. Ze zuigen bloed of zuigen aan eieren van andere arthropoden,
- **Facultatief foretisch**: soorten van habitats die lang bestaan. De strategie is aangepast aan continue beschikbaarheid van het habitat. Migratie naar ander habitat verloopt veelal via specifieke gastheren, die hetzelfde milieu prefereren,
- **Obligaat foretisch als juveniel**: soorten die zijn aangepast aan habitats die maar kort bestaan (ephemere habitats), zoals uitwerpselen, kadavers, etc. De organismen reproduceren meestal snel zodat ze na korte tijd als juveniel een gastheer kunnen zoeken die ze uit het verdwijnende habitat brengt. Omdat ze perse weg moeten, zijn ze niet selectief in de gastheerkeuze,
- **Obligate diapauze**: soorten die een sterke synchronisatie vertonen, wat wil zeggen dat ze hun voortplanting samen laten lopen met de seizoenen (bijvoorbeeld de herfst) of met een ontwikkelingsstadium van een bepaalde voedselbron (bijvoorbeeld stuifmeel van een bepaalde plantensoort). Het kunnen langlevende en kortlevende soorten zijn,
- **Facultatieve diapauze en een legsel**: dit zijn soorten met een legsel, die onder geschikte omstandigheden in staat zijn om twee of meer generaties per jaar te maken,
- **Asexueel en meerjarig**: deze strategie is een aanpassing aan extreem stabiele omstandigheden,
- **Asexueel en eenjarig**: deze strategie verondersteld een voorspelbaar milieu. De nakomelingen hoeven genetisch niet te verschillen omdat geen grote variatie in leefmilieu optreedt,
- **Sexueel met continue reproductie**: echte r-strategen. Ze planten zich razend snel voort als het kan, maar zullen ook snel last hebben van overexploitatie van het substraat,
- **Sexueel met seizoensgebonden reproductie**: een langzamere strategie dan sexueel met continue reproductie, maar wel een heel betrouwbare. Als de voortplanting in het ene jaar niet succesvol is, dan is er in het volgende of daaropvolgende jaar weer een kans. Bovendien hebben de nakomelingen hun genetische variatie als extra buffer voor veranderingen in het milieu.

Voedselstrategie
- **Arthropoden predator:** soort die juvenielen of adulten van arthropoden eet, zoals springstaarten, mijten, larven van diptera, etc.,
- **Bacterievoor:** soort die voornamelijk leeft van het filteren van bacteriën uit bodemvocht of selectief rottend materiaal met veel bacteriën eet,
- **Fungivore browser:** soort die vooral leeft van de inhoud van schimmels, maar de celwanden niet kan verteren,
- **Fungivore grazer:** soort die schimmels eet en zowel de celwanden als de inhoud kan verteren,
- **Algemene predator**: soort die naast arthropoden ook nematoden en eventueel andere taxa, zoals potwormen, eet,
- **Herbivore browser:** soort die plantaardig materiaal eet waarbij ze niet de celwanden kan verteren,

- **Herbivore grazer:** soort die plantaardig materiaal eet (zoals wortels en wortelharen) waarbij ze grof te werk gaat, alles opeet en ook de celwanden kan verteren.
- **Herbo-fungivore grazer**: een niet erg kieskeurige grazer,
- **Omnivoor:** soort die alles eet wat hem geschikt lijkt,
- **Opportunistische herbofungivoor**: soort die vooral groene plantendelen eet,
- **Parasiet**: soort die parasitair leeft op andere arthropoden of zoogdieren.

overlevingsplan bos+natuur

ob+n

