

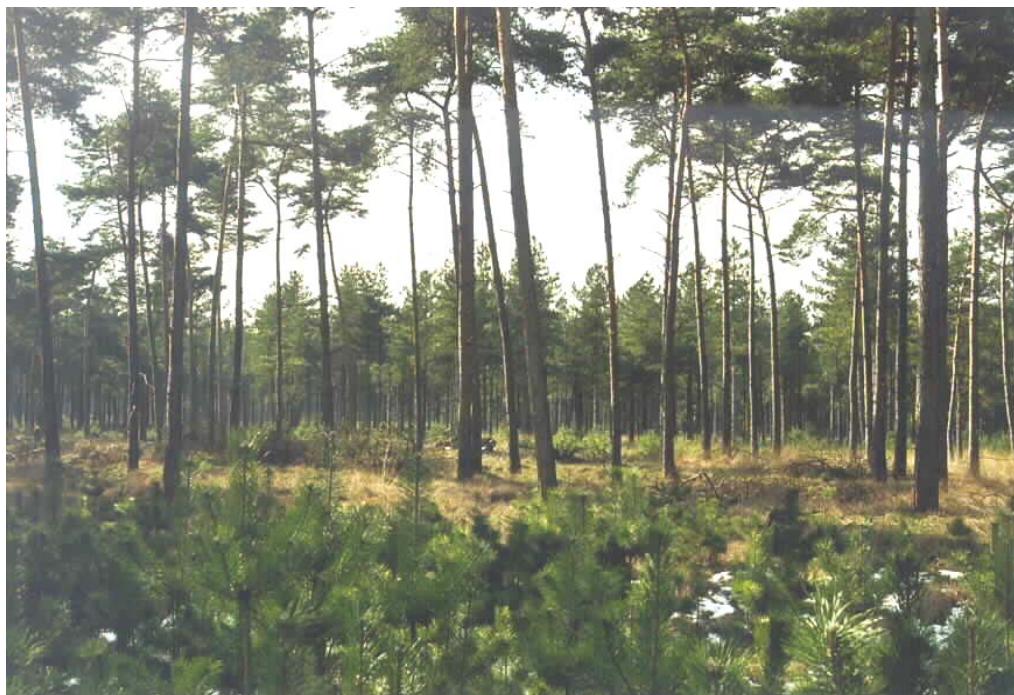
Bekalking en toevoegen van nutriënten

Evaluatie van de effecten op de vitaliteit van het bos

- een veldonderzoek naar boomgroei -

2006

R.J.A.M. Wolf, M. Engels, M. Knotters, R. Schraven & M. Boertjes



Evaluatie Effectgerichte Maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen
Deelrapport A1.2

Alterra rapport 1337.2



REFERAAT:

Wolf, R.J.A.M., M. Engels, M. Knotters, R. Schraven & M. Boertjes, 2006. *Bekalking en toevoegen van nutriënten. Evaluatie van de effecten op de vitaliteit van het bos - een veldonderzoek naar boomgroei*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1337.2. 24 blz.; 3 fig.; 7 tab.; 4 ref.

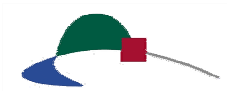
Dit rapport doet verslag van een deelonderzoek uit de Evaluatie van effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen 2004-2005 en is gericht op de effecten van de maatregelen bemesting en bekalking in bossen als overbruggingsmaatregel in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN). In dit rapport worden de effecten besproken van de EGM maatregelen bekalking en mineralengiften ('bemesting') op de groei en vitaliteit van de bosopstanden aan de hand van aanwasboringen. Enerzijds valt het op dat er in de 4 of 5 jaar na behandeling zowel bij bekalking bij 'bemesting' meestal geen verandering in boomgroei is opgetreden. Groeiverbetering na behandeling trad alleen op kleine schaal (een beperkt deel van de gemeten bomen) op in een beperkt aantal opstanden. Anderzijds is het ook opmerkelijk dat er meestal geen sprake was van slechte boomgroei in de periode die aan de uitvoering van bekalking of 'bemesting' voorafging. Uitgaand van de aanname dat een toegenomen groei van de bomen een goede indicatie geeft voor een verbetering van de vitaliteit, zou dit betekenen dat er in de behandelde bossen over het algemeen geen (grote) vitaliteitsproblemen waren en dat de groei en vitaliteit door de behandeling bekalking of 'bemesting' daarom ook niet zodanig is verbeterd dat dit aantoonbaar was. Er worden een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan in oude bemestingsproefvelden.

Trefwoorden: bosbemesting, bosbekalking, statistische opzet, BACI steekproefopzet, aanwasboring, groei, jaarringen, bosvitaliteit, OBN, EGM.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kan worden uitgeprint via www.alterra.wur.nl, kies Publicaties en Alterra rapporten. Na intoetsen van het rapportnummer 1337 kan uit de lijst het juiste deelrapport worden geselecteerd en worden geprint of gedownload (als PDF). Het onderzoek bestond uit acht deelonderzoeken, zie ook de overige deelnummers bij rapportnummer 1337.

Het samenvattende eindrapport *Olsthoorn, A.F.M & R.J.A.M. Wolf - 2006 - Evaluatie van effectgerichte maatregelen in multifunctionele bossen – Eindrapport* is verschenen als OBN rapport DK051-O en kan worden besteld bij de Directie Kennis in Ede, Postbus 482, 6710 BL Ede. Het eindrapport is ook verschenen als Alterra Rapport 1337.9 en kan dus eveneens worden geprint of gedownload via bovenstaande Alterra site (als PDF).



Bekalking en toevoegen van nutriënten

Evaluatie van de effecten op de vitaliteit van het bos - een veldonderzoek naar boomgroei -

R.J.A.M. Wolf, M. Engels, M. Knotters, R. Schraven & M. Boertjes

2006

Opdrachtnemers:

Alterra, Wageningen

Eelerwoude, Goor

Opdrachtgever:

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)

Project Evaluatie Effectgerichte Maatregelen (EGM) in multifunctionele bossen

Deelrapport A1.2, verschenen als Alterra rapport 1337.2



INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD

1.	INLEIDING.....	1
1.1	Achtergrond.....	1
1.2	Kader en doel aanwasonderzoek.....	2
1.3	Opzet rapport.....	3
2.	METHODE.....	4
3.	RESULTATEN.....	7
3.1	Inleiding.....	7
3.2	Grafische weergave jaarringbreedten.....	8
3.3	Jaarringbreedten 5 jaar voor en na behandeling.....	11
3.4	Tijdreeksanalyse jaarringen.....	12
4.	CONCLUSIES.....	14
4.1	Algemeen.....	14
4.2	Effect van bekalking en nutriëntengift op boomgroei en vitaliteit.....	14
4.3	Boomgroei en vitaliteit van bekalkte en bemeste opstanden.....	15
4.4	Nader onderzoek.....	16

BIJLAGEN

1. Beschrijving methode tijdreeksanalyse jaarringen
2. Overzicht onderzochte opstanden



VOORWOORD

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

- H.F.M. Weersink en P. Westerhof (Unie van Bosgroepen) voor het verstekken van de basisgegevens over de uitvoering van de maatregelen in de bossen van Bosgroepen,
- L. Goudswaard, U.S. Klaassen, E. Wilderink (Forest Ecology and Forest Management Group, Wageningen Universiteit en Research Centrum), A.F.M. Olsthoorn, J.J. de Gruijter (Alterra) en T. Mulder en (Eelerwoude) voor hun adviezen en ondersteuning bij het jaarringonderzoek,
- C.A. van den Berg (Alterra) voor het uitvoeren van een gedeelte van de statistische analyse.

Daarnaast zijn we de beseigenaren dank verschuldigd voor hun medewerking en toestemming voor het verrichten van het veldwerk in hun bos. De Bosgroepen bedanken we voor het informeren van hun leden over dit veldwerk.

Aan de totstandkoming van dit rapport hebben meegewerkt:

- Robbert Wolf (Eelerwoude): coördinatie, rapportage,
- Mariska Engels (Eelerwoude): veldopname, verwerking boorspanen, rapportage,
- Martin Knotters (Alterra): tijdreeksanalyse, rapportage,
- Ron Schraven en Martijn Boertjes (Eelerwoude): veldopname.



1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

De effectgerichte maatregelen die de afgelopen jaren in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) met rijks subsidie zijn uitgevoerd in de Nederlandse multifunctionele bossen worden op dit moment geëvalueerd. Deze evaluatie wordt uitgevoerd door Alterra en Eelerwoude in opdracht van het Ministerie van LNV.

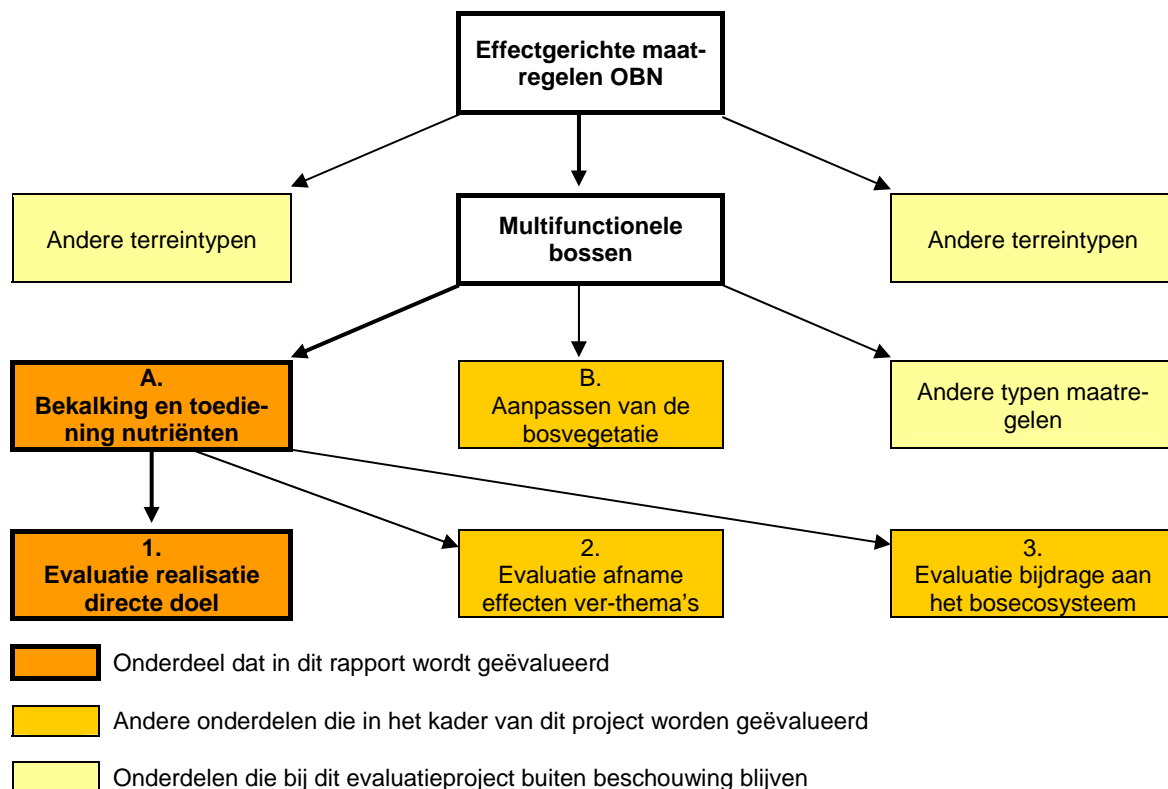
De evaluatie bestaat uit twee typen maatregelen (zie figuur 1):

- A. bekalking en het toevoegen van nutriënten,
- B. aanpassen van de bosvegetatie.

Voor beide maatregeltypen wordt geëvalueerd:

- 1. of het directe geformuleerde doel is gerealiseerd,
- 2. of negatieve effecten van de ver-thema's zijn opgeheven of verminderd,
- 3. welke bijdrage wordt geleverd aan het bosecosysteem.

Voor het onderdeel 'Evaluatie van de realisatie van het geformuleerde doel voor bekalking en het toevoegen van nutriënten' (A1) is er in overleg met de opdrachtgever voor gekozen twee veldstudies uit te voeren: een herbemonstering (A1.1) om de effecten van de maatregel op de nutriëntenbalans en de zuurgraad te bepalen en een aanwasonderzoek (A1.2) om de effecten van de maatregel op de vitaliteit van het bos te bepalen. Dit deelrapport bevat de verslaglegging van het aanwasonderzoek.



Figuur 1. Onderdelen van het evaluatieproject en positie van dit rapport hierin



Dit deelrapport zal bij de oplevering van de evaluatie met de andere deelrapporten worden geïntegreerd tot één samenvattend eindrapport.

De conclusies uit dit deelrapport zullen samen met die uit de andere deelrapporten worden gebruikt om in het samenvattende eindrapport van het project tot een algemeen oordeel te komen over de maatregelen bekalking en toevoegen van nutriënten.

1.2 Kader en doel aanwonderzoek

OBN

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 wordt de maatregel “Bekalking en toevoegen van nutriënten” vanaf 1995 in multifunctionele bossen uitgevoerd.

Bekalking en toevoegen van nutriënten

Doel en uitvoering

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 elementen (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 2001¹).

Voorafgaand aan de uitvoering van de maatregel wordt in een vooronderzoek de chemische blad- of naaldsamenstelling bepaald en een chemisch grondonderzoek uitgevoerd. Op grond van dit vooronderzoek wordt via een standaardmethode per boomsoort en per nutriënt bepaald of een nutriëntengift nodig is. Als hieruit volgt dat een nutriëntengift nodig is, dan wordt voor elk nutriënt 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 1995²).

Status maatregel

Uit landelijk onderzoek is gebleken dat veel Nederlandse bossen op grote schaal tekorten hebben aan mineralen. Ook is hieruit gebleken dat het uitvoeren van correctieve bemesting vrijwel altijd een positief effect heeft op de nutriëntensamenstelling van blad of naalden, dat dit meestal

¹ 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.

² Burg, J. van den & W. Schaap 1995. Richtlijnen voor mineralen toediening en bekalking als effect gerichte maatregel in bossen. Rapport nr. 16, IKC Natuurbeheer, Wageningen.



leidde tot een betere aanwas/groei van de bomen en dat dit vaak leidde tot verbetering van vitaliteitskenmerken (kleur, bezetting en chemische samenstelling van blad of naalden, bladgrootte). Het positieve effect gold vooral voor bemesting. Hoewel bekalkingeffecten pas op wat langere termijn begonnen op te treden, werden binnen de onderzoekstermijn van 5 jaar voldoende aanwijzingen gevonden voor een positief groeieffect door bekalking (Van den Burg & Olsthoorn 1994³). Doordat op grond van dit onderzoek is geconcludeerd dat de maatregel effectief is in de bestrijding van de gevolgen van één of meer van de VER-thema's, heeft deze voor multifunctionele bossen binnen het OBN de status van reguliere maatregel. In bossen met een andere (bijvoorbeeld natuur-) doelstelling is deze maatregel niet toegestaan (Klein et al 2001).

Doel aanwasonderzoek

Op grond van het bovengenoemde onderzoek is in het verleden geconcludeerd dat correctieve bemesting vaak leidt tot een positief effect op de vitaliteit van het bos en meestal tot een betere groei van de bomen. Het aanwasonderzoek dat in dit evaluatierapport wordt beschreven is bedoeld om vast te stellen of deze conclusie, die gebaseerd is op circa 15 jaar oude gegevens uit proefvelden, ook geldt in de huidige praktijksituatie van de EGM.

Omdat de vitaliteit voor de behandeling niet opgenomen is en bovendien ook een vrij grove indicator is, hebben we aangenomen dat er voldoende koppeling is met de diktegroei van de bomen om deze als indicator voor vitaliteitseffecten te kunnen gebruiken.

Dit aanwasonderzoek vormt slechts een onderdeel van de evaluatie van de maatregel bekalking en toevoegen van nutriënten (zie ook figuur 1). Het gaat hierbij uitsluitend om de effecten op de vitaliteit van het bos. Andere aspecten van de evaluatie van deze maatregel komen aan de orde de deelrapporten A1.1, A2, A3.1, A3.2.

Het doel van dit aanwasonderzoek is:

Evaluatie van de effecten van de maatregel bekalking en toevoegen van nutriënten op de vitaliteit van de opstanden.

De vraagstelling die bij dit onderzoek gehanteerd is luidt: hebben de behandelingen bekalking en nutriëntengift een positief effect op de diktegroei van bomen? Daarbij gaat het om het algemene effect per maatregel, zonder onderscheid naar boomsoort of nutriënt.

1.3 Opzet rapport

Aan de opzet van het evaluatieproject en de positie van dit aanwasonderzoek hierin is hierboven aandacht besteed (§ 1.1 en § 1.2). De methode die bij dit onderzoek is gehanteerd wordt beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de resultaten. Achtereenvolgens wordt na een korte inleiding (§ 3.1) ingegaan op de grafische weergave van de jaarringbreedten (§ 3.2), de resultaten van vergelijking van de jaarringbreedten van 5 jaar voor en na behandeling (§ 3.3) en op de resultaten van de met de jaarringgegevens uitgevoerde tijdreeksanalyse (§ 3.4). In hoofdstuk 4 zijn deze resultaten vertaald naar conclusies.

³ J. van den Burg & A.F.M. Olsthoorn 1994. Het landelijke bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Overzicht en bespreking van de resultaten. Deelrapport nr. 6, rapport nr. 106 IBN-DLO, Wageningen.



2. METHODE

Aanpak

Bij dit onderdeel van de evaluatie is gekozen voor veldonderzoek waarbij via aanwasboringen de jaarringbreedte van bomen is gemeten. Via deze methode wordt de diktegroei van bomen in een periode voor de uitvoering van de maatregel 'Bekalking en toevoegen van nutriënten' vergeleken met de diktegroei in de periode erna. Met de aanname dat een betere vitaliteit samen gaat met een betere diktegroei, is via deze aanpak een uitspraak te doen over het al dan niet optreden van veranderingen in de vitaliteit van bossen na uitvoering van de maatregel.

Het onderzoek heeft de vorm van een BACI-analyse (Before-After-Control-Impact). Daarbij wordt de reactie (impact) van een ingreep bekeken via vergelijking van de situatie voor (before) en na (after) deze ingreep. Er is ook een controlegroep (control) om te zien of die een verloop in de tijd vertoont.

Selectie opstanden

Bij dit onderzoek is de diktegroei (breedte van de jaarringen) onderzocht van bomen in vier groepen opstanden (zie tabel 1). Er is onderscheid gemaakt tussen opstanden die bekalkt zijn (BK) en die 'bemest' zijn (BM). Voor beide behandelingen is een aantal opstanden opgenomen van een onbehandelde controlegroep (OK, onbekalkt; OM, onbemest). In totaal zijn 44 opstanden geselecteerd; 14 per behandelde groep en 8 per controlegroep.

Tabel 1. Behandelingsgroepen aanwasonderzoek

Type behandeling:	behandeld	onbehandeld
Bekalking	BK (bekalkt, n =14)	OK (onbekalkt, n = 8)
Bemesting (P, K, Mg, Cu)	BM (bemest, n = 14)	OM (onbemest, n = 8)

Alle 44 onderzochte opstanden zijn geselecteerd uit de aselechte steekproef van 200 opstanden die is herbemonsterd in het kader van deelproject A1.1. Hieruit is per behandeling een aselechte substeekproef genomen. Voor de behandelde opstanden zijn daarbij alleen de opstanden meegenomen waarin de bekalking of 'bemesting' in de winter van 1999/2000 of 2000/2001 is uitgevoerd. In de andere behandelde opstanden is de maatregel later uitgevoerd, wat ertoe leidt dat er te weinig (minder dan 4) jaren overblijven waarover jaarringbreedten na behandeling gemeten kunnen worden.

De bekalkte (BK) en onbekalkte opstanden (OK) hadden voor de (al dan niet uitgevoerde) behandeling een pH van onder de grenswaarde 3.2 ('te zuur') en geen tekort aan het mineraal fosfor. De bemeste (BM) en onbemeste opstanden (OM) hadden voor de (al dan niet uitgevoerde) behandeling een pH van 3.2 of hoger ('niet te zuur') en wel een tekort aan fosfor, en vaak ook aan andere elementen. De gehanteerde grenswaarden op grond waarvan is bepaald of de bodem van een opstand te zuur is (pH < 3.2) en of er al dan niet sprake is van een gebrek aan een bepaald nutriënt zijn conform Van den Burg & Schaap (1995). De grenswaarden voor nutriënten zijn boomsoortspecifiek. Indien de opstanden bemest of bekalkt zijn, is dit volgende de richtlijnen gedaan zoals aangegeven in Van den Burg & Schaap (1995). Bij bemesting zijn de nutriënten toegevoegd waarvan op grond van de gehanteerde grenswaarden een tekort is geconstateerd.

Veldopname

De aanwasboringen zijn uitgevoerd in de periode februari – maart 2005. Per opstand is bij 10 bomen een aanwasboring uitgevoerd. Daarbij is nadrukkelijk aandacht besteed aan de selectie van de te boren bomen en aan de wijze van boren bij elke boom.



Bij de keuze van de bomen zijn de volgende criteria gehanteerd:

- de bomen moeten behoren tot de hoofdboomsoort van de opstand (waarvoor de nutriëntenanalyse is uitgevoerd),
- er moet een goede spreiding over de opstand zijn,
- geen randbomen kiezen,
- alleen bomen kiezen waarvan de kroon zich in het kronendak bevindt (dus geen onderstandige bomen, waarvan de groei vooral wordt bepaald/beperkt door gebrek aan licht en groei ruimte),
- geen recent sterk vrijgestelde bomen kiezen (dus geen bomen met veel vrije kroonruimte naast recente stobben, waarvan de groei tussentijds bevorderd is door vrijstelling/dunning).

De twee laatstgenoemde criteria zijn van belang om groei-effecten van onderdrukking en vrijstelling zo veel mogelijk te beperken, zodat de metingen de groei-effecten door bekalking of 'bemesting' zo goed mogelijk weerspiegelen.

De boringen zijn uitgevoerd op borsthoogte (1,30 m) en (zo veel mogelijk) tot in het hart van de boom. Daarbij is steeds gelet op rechtheid van de stam en is er weggebleven bij onvolkomenheden, zoals zijtakken. Per boom is 1 boring uitgevoerd. Van elke onderzochte boom is de DBH (diameter op borsthoogte) gemeten. Per opstand is een inschatting gemaakt van de (gemiddelde) leeftijd; de precieze leeftijd van de hoofdboomsoort is onbekend. Ook bijzonderheden in de opstand is zijn genoteerd.

Verwerking gegevens

De boorkernen zijn in een laboratorium (Alterra) geprepareerd. Vervolgens zijn de jaarringbreedten gemeten met behulp van een binoculair met telmachine. Om een goed inzicht te krijgen in het groeiritme van elke boom, is het nodig om per boom de breedte te meten van een groot aantal jaarringen. Daarom is per boom de breedte gemeten van de laatste 25 jaarringen.

Een aantal boorkernen bleek door breuk niet meer bruikbaar te zijn voor een betrouwbare meting van de jaarringbreedten. Deze boorkernen zijn komen te vervallen: ze zijn niet gemeten. In één proefvlak bleven hierdoor minder dan 7 gemeten boorkernen over. Hier zijn enkele aanvullende boringen uitgevoerd het aantal gemeten boorkernen op peil te krijgen.

De meetgegevens van de jaarringen zijn verwerkt in excel-overzichten per proefvlak. Per proefvlak is voor elk jaar een gemiddelde jaarringbreedte berekend. Het verloop van de gemiddelde jaarringbreedte over de jaren is voor elk proefvlak uitgezet in een grafiek. Voor elk behandeld proefvlak zijn ook de gegevens van de afzonderlijke bomen in een grafiek uitgezet. Dit om te onderzoeken of er verschillen in reactie op bekalking of bemesting zijn tussen (clusters) bomen.

Analyse

Om te beoordelen of de behandelingen bekalking en bemesting hebben geleid tot een betere aanwas zijn de jaarringgegevens op een drietal wijzen geanalyseerd. De laatste analyse is toegevoegd omdat er geen duidelijke conclusies konden worden getrokken uit alleen de eerste twee.

1. *Aan de hand van een grafische weergave van de jaarringreeksen per boom, per opstand en per behandelingsgroep,*

De grafische weergave van de jaarringreeksen geeft een eerste indruk van het verloop van de boomgroei over de laatste 25 jaar en van het al dan niet optreden van toename van de groeisnelheid na bekalking of 'bemesting'. Deze verschillen zijn nader bekeken per boom, proefvlak, behandelingsgroep (bekalkt, bemest, onbekalkt, onbemest) en boomsoort.



2. *Via vergelijking van de gemiddelde jaarringbreedte in de 5 (of 4) jaren na behandeling met de gemiddelde jaarringbreedte in 5 jaar na de behandeling,*

Per behandelingsgroep is met variantieanalyse via een lineair model (GEN-STAT) onderzocht of er verschillen in groei zijn tussen 5 jaar voor en 5 jaar na behandeling. Daarbij is per behandelingsgroep steeds de gemiddelde jaarringbreedte over de 5 jaar voor behandeling vergeleken met de gemiddelde jaarringbreedte over de 5 jaar na behandeling. Het jaar van 'behandeling' is voor de onbehandelde groepen (onbekalkt, onbemest) daarbij op 1999/2000 gesteld.

3. *Via vergelijking van het groeiverloop over de 20 jaar voor de behandeling met het groeiverloop in de (4 of 5) jaren na behandeling.*

Er is een tijdreeksanalyse uitgevoerd over de gehele periode (25 jaar) waarover jaarringgegevens zijn verzameld. Daarbij is via een lineair tijdreeksmodel per opstand een vergelijking gemaakt tussen het groeiverloop over de 20 jaar voor de behandeling en de (4 of 5) jaren na behandeling. Door naar de significantie van de parameterwaarden te kijken, is getoetst is of de behandeling een significant effect heeft gehad op de groei. Daarbij is de jaarringbreedte omgerekend naar oppervlakteaanwas (de jaarlijkse oppervlaktetoename van de boom op 1.30 m hoogte). De oppervlakteaanwas is een betere maat voor de groei dan de diameteraanwas (= jaarringdikte) omdat de boom bij een toenemende diameter steeds harder moet gaan groeien (meer oppervlakteaanwas) om eenzelfde jaarringdikte te realiseren. Bij de jaarringanalyse is ook onderzocht welke invloed het neerslagoverschot in het groeiseizoen (1 april – 31 juli) op de aanwas heeft. Dit om eventuele verschillen in groeisnelheid tussen verschillende jaren die hierdoor worden veroorzaakt te kunnen onderkennen en hiervoor zo nodig te kunnen corrigeren (Zie voor uitgebreidere beschrijving van de bij de tijdreeksanalyse gevolgde methode bijlage 1).



3. RESULTATEN

3.1 Inleiding

De onderstaande tabellen geven een indruk van de spreiding over Nederland en van de hoofdboomsoort van de onderzochte bosopstanden per behandelingsgroep. Ook is aangegeven in welk jaar de behandeling is uitgevoerd. Een totaaloverzicht van deze gegevens per opstand is te vinden in bijlage 2.

Tabel 2. Aantal onderzochte bosopstanden per provincie

Behandelingsgroep	Provincie					Totaal
	Noord-Brabant	Gelderland	Utrecht	Overijssel	Drenthe	
	Aantal onderzochte opstanden					
Onbemest (OM)	4	2	1	1	-	8
Bemest (BM)	2	4	-	7	1	14
Onbekalkt (OK)	2	-	4	2	-	8
Bekalkt (BK)	-	1	-	3	10	14
Totaal	8	7	5	13	11	44

Tabel 3. Hoofdboomsoorten in de onderzochte bosopstanden

Behandelingsgroep	Hoofdboomsoort								Totaal
	Eik	Beuk	Am. eik	Grove den	Cors. den	Douglas	Jap. lariks	Fijnspar	
	Aantal onderzochte opstanden								
Onbemest (OM)	-	1	1	1	1	2	1	1	8
Bemest (BM)	1	3	-	3	-	3	4	-	14
Onbekalkt (OK)	2	-	-	2	1	1	-	2	8
Bekalkt (BK)	1	-	-	6	-	4	-	3	14
Totaal	4	4	1	12	2	10	5	6	44

Tabel 4. Jaar van uitvoering maatregel

Behandelingsgroep	Jaar van uitvoering maatregel		Totaal
	Winterseizoen 1999/2000	Winterseizoen 2000/2001	
	Aantal onderzochte opstanden		
Bemest (BM)	8	6	14
Bekalkt (BK)	5	9	14
Totaal	13	15	28

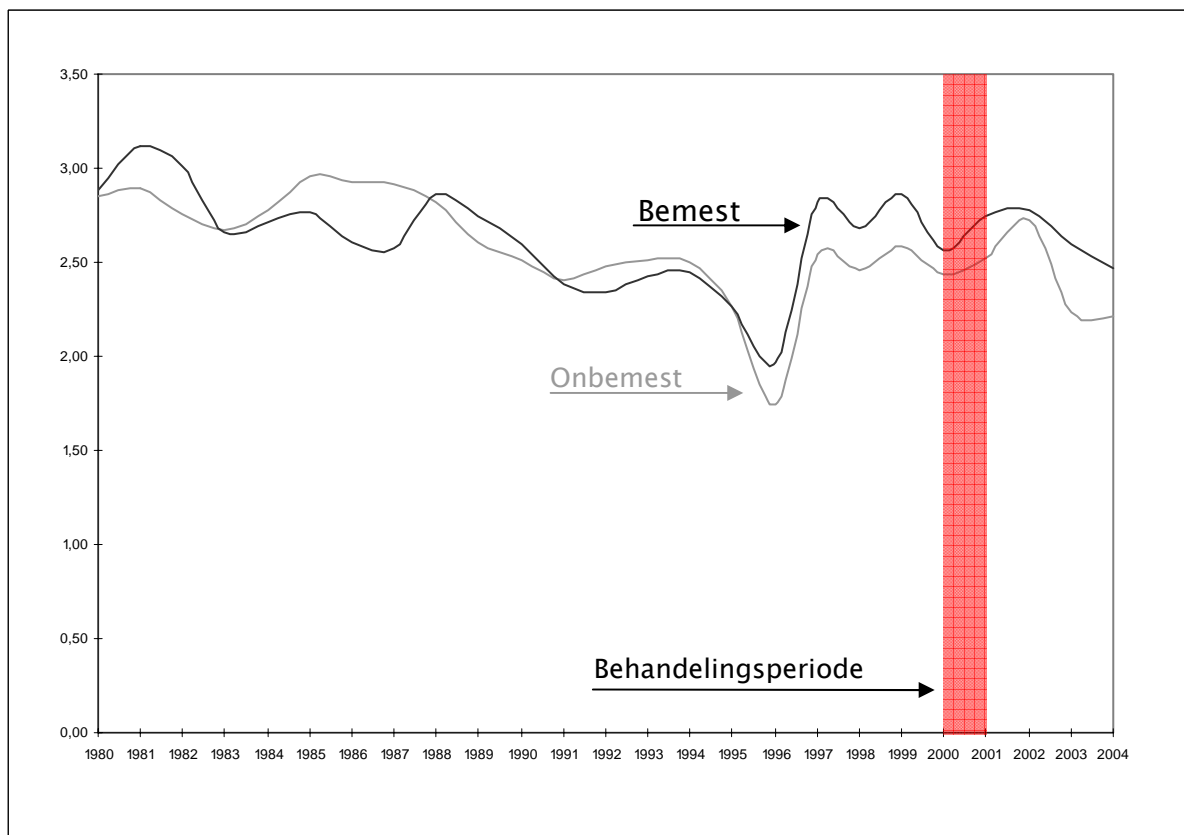
De opnamen liggen verspreid over Nederland, in de provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant. Ze bevatten 8 hoofdboomsoorten, waarvan grove den (12 opnamen) en douglas (10 opnamen) het meest voorkomen. Het aantal opstanden waarin de behandeling is het winterseizoen 1999/2000 is uitgevoerd is ongeveer even groot als dat wat in 2000/2001 is uitgevoerd.



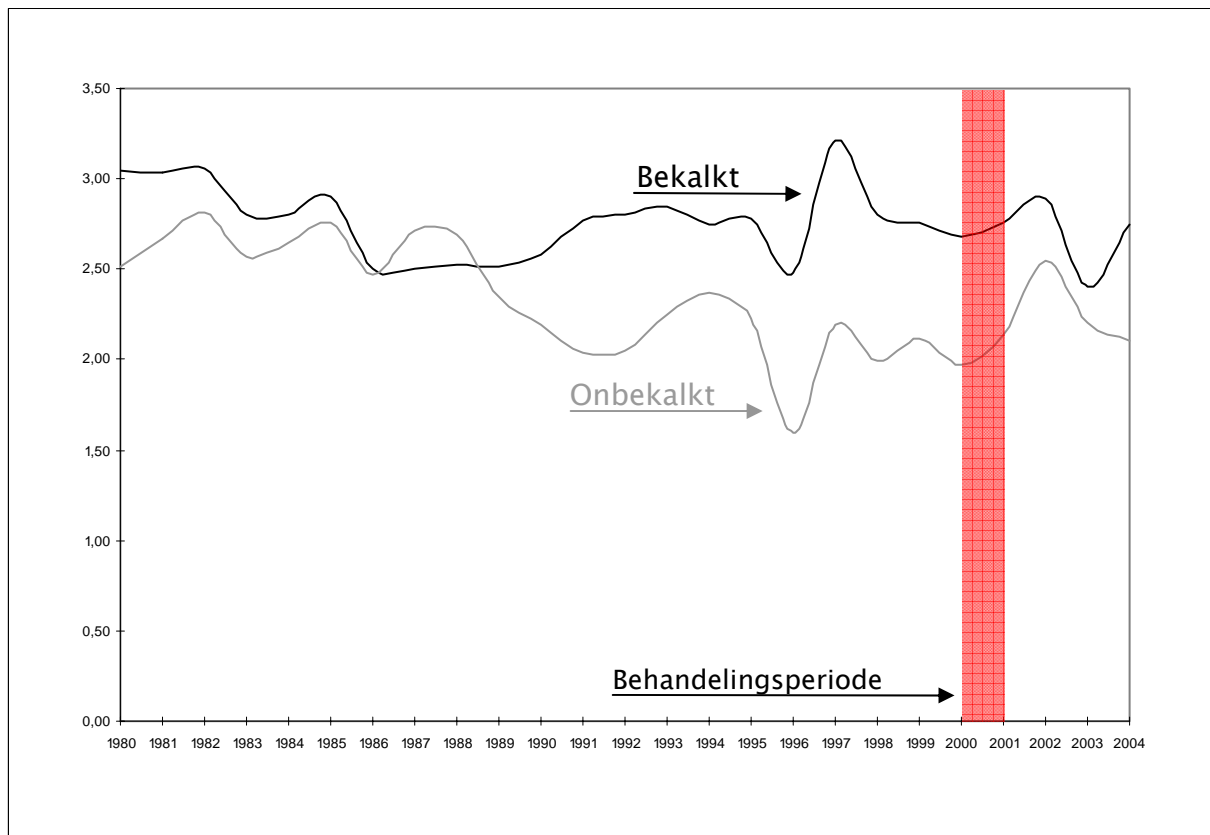
De selectie van opnamen (aselect, zie hoofdstuk 2) heeft ertoe geleid dat de opnamen steeds een goede afspiegeling vormen van de behandelingsgroep waartoe ze behoren. De vier behandelingsgroepen zijn echter elk verschillend samengesteld. Ze verschillen bijvoorbeeld in geografische spreiding (tabel 2) en boomsoortensamenstelling (tabel 3). De hoogte van de jaarringwaarden (breedten) in de verschillende behandelingsgroepen mogen dan ook niet onderling worden vergeleken. Wel mag het verloop van de jaarringbreedte in de tijd van elke behandelde groep worden vergeleken met dat van de bijbehorende controlegroep. Via deze vergelijking kan het effect van de behandeling worden vastgesteld.

3.2 Grafische weergave jaarringbreedten

Per opstand zijn de jaarringbreedten bepaald voor de periode 1980 -2004 (per boom en als gemiddelde over de opstand). Het verloop van de gemiddelde jaarringbreedte over de kalenderjaren 1980 – 2004 is per opstand grafisch uitgezet. Voor de bekalkte en bemeste proefvlakken is ook het verloop per boom uitgezet. Het gemiddelde verloop van de jaarringbreedte per type behandeling is weergegeven in figuur 2 en 3.



Figuur 2. Gemiddeld verloop van de jaarringbreedte (in mm) over de jaren 1980 – 2004 van alle in de 14 bemeste en 8 onbemeste proefvlakken gemeten bomen.



Figuur 3. Gemiddeld verloop van de jaarringbreedte (in mm) over de jaren 1980 – 2004 van alle in de 14 bekalkte en 8 onbekalkte proefvlakken gemeten bomen.

Gemiddeld verloop per behandelingsgroep

Voor alle vier de behandelingsgroepen geeft het gemiddelde verloop van de jaarringbreedte over de periode 1980 – 2004 een vergelijkbaar beeld.

In elke behandelingsgroep is sprake van een geleidelijke lichte afname van de jaarringbreedte (trend). Er is gemiddeld geen duidelijke verandering in jaarringbreedte of in het verloop van de jaarringbreedten te zien na uitvoering van de behandelingen bekalking of 'bemesting'.

Wel zijn er jaarlijkse fluctuaties in jaarringbreedte. Deze fluctuaties volgen voor elk van de verschillende behandelingsgroepen globaal het zelfde patroon, met bijvoorbeeld dunne jaarringen in 1996 en dikke jaarringen in 2002.

De gemiddelde jaarringbreedten per behandelingsgroep liggen, op een enkele uitzondering na, in de gehele periode 1980 – 2004 tussen 2 en 3 mm. Dit gaat samen met een diktegroei van 4 tot 6 mm per jaar. Dit duidt gemiddeld over alle opstanden op een heel behoorlijke aanwas van de bomen. Slechte groei als gevolg van ernstige vitaliteitsproblemen gaat vaak samen met jaarringbreedten van minder van 1 mm.

Afzonderlijke proefvlakken

Wanneer we inzoomen op het groeiverloop van de afzonderlijke proefvlakken zien we vooral meer variatie in de gemiddelde groeisnelheid, het verloop van de groeitrend en in de mate waarin de groei fluctueert tussen verschillende jaren. Deze verschillen hangen samen met ver-



schillen tussen de proefvlakken, onder andere met betrekking tot boomsoort en opstandsleeftijd. Een oud eiken- (OK01) en beukenbos (BM03) hebben bijvoorbeeld lage gemiddelde groeisnelheid (jaarringbreedten ca. 1 mm). Een jonge douglasopstand (BK12) heeft een aanzienlijk hogere groeisnelheid (tussen 3 en 9 mm) en een sterk dalende groeitrend, terwijl de groeisnelheid van veel andere opstanden hier tussenin ligt en stabiel is.

In enkele opstanden lijkt de jaarringdikte, al dan niet met vertraging van een jaar, na bekalking of bemesting toe te nemen.

Bij de 'bemeste' opstanden betreft dit drie opstanden (van de 14): een grove dennenopstand (BM 01, ca. 40 jaar oud, vertraging 1 jaar) en twee Japanse lariks opstanden (BM10, vertraging 1 jaar en BM11, beide ca. 50 jaar oud).

Bij de bekalkte percelen gaat het ook om drie opstanden, een grove dennenbos (BK01, ca. 45 jaar oud, vertraging 1 jaar) en twee fijnsparbossen (BK07, ca. 50 jaar oud, BK09, ca. 40 jaar oud).

Er is echter ook een bemeste opname en een bekalkte opname waarin de jaarringdikte na behandeling juist lijkt af te nemen (BM08, douglas, ca. 25 jaar oud, BK11 grove den, ca. 30 jaar oud).

Afzonderlijke bomen

Voor de behandelde opstanden is het groeiverloop van de afzonderlijke gemeten bomen in de opstanden nader onderzocht. Dit geeft informatie over (eventuele verschillen in) de reactie van individuele bomen op de behandelingen bekalking en bemesting. Er blijken grote verschillen te zijn in jaarringbreedte en in de mate van fluctuatie tussen de verschillende bomen die per opstand zijn gemeten. Maar meestal is in dit patroon geen duidelijke verandering opgetreden na de behandeling.

In enkele opstanden laat een deel van de gemeten bomen wèl een duidelijke groeiverandering zien na de behandeling.

In drie bekalkte (BK07, BK08, BK09) en vijf bemeste opstanden (BM01, BM06, BM10, BM11, BM12) vertoont een deel van de bomen na de behandeling duidelijk bredere jaarringen, terwijl bij de overige bomen geen sprake is van verandering in jaarringbreedte na de behandeling. Bij één van de bemeste opstanden (BM11) is vooral de diktegroei van de bomen die voor de behandeling het slechtst groeiden toegenomen. De jaarringbreedte van deze bomen was voor de bemesting 0,5 tot 1 mm en erna 2 tot 3 mm.

Bij de bekalkte opstand BK01 laat slechts een enkele boom na behandeling een duidelijk verbeterde groei zien, terwijl de rest een licht positieve groeitrend volgt.

In de opstanden BM08 (bemest) en BK11 (bekalkt) laten enkele bomen na behandeling een duidelijk verslechterde diktegroei zien, terwijl deze diktegroei hier bij de andere bomen stabiel blijft.



3.3 Jaarringbreedten 5 jaar voor en na behandeling

In tabel 5 zijn de resultaten van de variantieanalyse van de gemiddelde jaarringbreedten van 5 jaar voor en 5 (soms 4) jaar na behandeling samengevat. Het gaat hierbij om de gemiddelden van alle proefvlakken van een behandelingsgroep.

Tabel 5. Resultaten variantieanalyse gemiddelde jaarringbreedten 5 jaar voor en 5 (soms 4) jaar na behandeling

Behandelingsgroep	Gemiddelde jaarringbreedte (mm)			P-waarde (F prob)	Significant
	5 jaar voor behandeling	5 (4) jaar na behandeling	Toename na behandeling		
Onbemest (OM)	2.321	2.425	0.104	0.581	Nee
Bemest (BM)	2.549	2.631	0.082	0.656	Nee
Onbekalkt (OK)	2.026	2.192	0.166	0.300	Nee
Bekalkt (BK)	2.846	2.592	-0.254	0.134	Nee

Het jaar van 'behandeling' is voor de onbehandelde groepen (onbekalkt, onbemest) op winter 1999/2000 gesteld.

De gemiddelde jaarringbreedten liggen zowel in de jaren voor als na de behandeling steeds tussen de 2 en 3 mm. De gemiddelde veranderingen in jaarringbreedte zijn in elke behandelingsgroep gering. Opvallend is dat in de bekalkte groep sprake is van een (geringe) afname van de jaarringbreedte na behandeling.

In de tabel is de P-waarde aangegeven. Dit is de waarschijnlijkheidsgraad van de verandering, waarbij deze verandering zowel een toename als afname kan zijn. Deze waarschijnlijkheidsgraad geeft aan of de verandering significant is. De P-waarde moet dan kleiner of gelijk zijn aan 0.05 (95% betrouwbaarheidsinterval). Dit is in geen van de behandelingsgroepen het geval; de P-waarden zijn steeds aanzienlijk hoger.

Dit betekent dat uit deze variantieanalyse volgt dat er voor geen van de vier behandelingsgroepen een significant verschil is tussen de gemiddelde jaarringbreedten van 5 jaar voor en 5 (4) jaar na behandeling.



3.4 Tijdreeksanalyse jaarringen

In tabel 6 is weergegeven in hoeveel proefvlakken binnen elke behandelingsgroep er sprake is van een significant positief of negatief effect van de hoogte van het neerslagoverschot in het groeiseizoen (1 april – 31 juli) op de oppervlakteaanwas van de gemeten bomen.

In alle behandelingsgroepen blijkt het neerslagoverschot in het groeiseizoen, al dan niet met een vertraging van een jaar, in slechts een klein aantal proefvlakken een significant effect op de diktegroei (oppervlakteaanwas) van de bomen te hebben. In 14% van de proefvlakken was dit effect er wel en was dit effect positief. Dit betekent dan hier de oppervlakteaanwas van de bomen hoger was naarmate ook het neerslagoverschot in het groeiseizoen hoger was. In de helft van deze gevallen (7%) liep de sterkste reactie van de boomgroei op het neerslagoverschot een jaar achter (najielen). Opvallend is dat in 1 (bekalkt) plot er sprake was van een significant negatief effect van het neerslagoverschot op de diktegroei van de bomen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het hier gaat om een bos met periodiek hoge grondwaterstanden, waar veel neerslag kan leiden tot wateroverlast.

Omdat het aantal proefvlakken waarin het effect van het neerslagoverschot op de diktegroei van de bomen niet significant is met 84% hoog is, is de factor neerslagoverschot bij het tijdreeksanalysemodel verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 6. Invloed neerslagoverschot in het groeiseizoen op hoogte oppervlakteaanwas

Behandelingsgroep	Proefvlakken (aantal, aandeel in %)			
	Invloed van neerslagoverschot in groeiseizoen op hoogte oppervlakteaanwas			
	Significant positief	Significant negatief	Geen significante invloed	Totaal
Onbemest (OM)	1 (13%)	0 (0%)	7 (87%)	8 (100%)
Bemest (BM)	2 (14%)	0 (0%)	12 (86%)	14 (100%)
Onbekalkt (OK)	1 (13%)	0 (0%)	7 (87%)	8 (100%)
Bekalkt (BK)	2 (14%)	1 (7%)	11 (79%)	14 (100%)
Totaal	6 (14%)	1 (2%)	37 (84%)	44 (100%)

Het jaar van 'behandeling' is voor de onbehandelde groepen (onbekalkt, onbemest) op winter 1999/2000 gesteld.

Tabel 7 geeft per behandelingsgroep aan voor hoeveel van de proefvlakken op grond van het lineaire tijdreeksmodel een significante toe- of afname van de gemiddelde oppervlakteaanwas van de bomen is vastgesteld. Het gaat daarbij om veranderingen in de oppervlakteaanwas van de bomen in de periode van 4 of 5 jaar na behandeling ten opzichte van de 20 jaar die daarvoor voorafgaand.

Uit de tijdreeksanalyse blijkt dat slechts in een beperkt aantal proefvlakken sprake is van een significant effect van de behandelingen bemesting of bekalking. Ook blijken er geen grote verschillen in het verloop van de oppervlakteaanwas te zijn tussen de behandelde plots (bemest en bekalkt) en de onbehandelde proefvlakken (onbemest en onbekalkt).

Voor de behandeling *bemesting* is het aandeel van de proefvlakken met een significante toename van de oppervlakteaanwas met 29% (4 plots) nog het hoogst. Er zijn echter ook twee bemeste plots (14%) waar sprake is van een significante afname van de oppervlakteaanwas. Bovendien is in 25% (2 plots) van de onbemeste proefvlakken ook sprake van een significante toename van de oppervlakteaanwas vanaf het jaar 2000.



Tabel 7. Resultaten tijdreeksanalyse oppervlakteaanwas 20 jaar voor en 5 (soms 4) jaar na behandeling

Behandelingsgroep	Proefvlakken (aantal, aandeel in %)			
	Significante toename oppervlakte aanwas bomen	Significante afname oppervlakteaanwas bomen	Geen significante verandering oppervlakte aanwas bomen	Totaal
Onbemest (OM)	2 (25%)	0 (0%)	6 (75%)	8 (100%)
Bemest (BM)	4 (29%)	2 (14%)	8 (57%)	14 (100%)
Onbekalkt (OK)	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	8 (100%)
Bekalkt (BK)	2 (14%)	0 (0%)	12 (86%)	14 (100%)
Totaal	8 (18%)	2 (5%)	34 (77%)	44 (100%)

Het jaar van 'behandeling' is voor de onbehandelde groepen (onbekalkt, onbemest) op winter 1999/2000 gesteld.

Het aandeel van de *bekalkte* proefvlakken waar de diktegroei (oppervlakteaanwas) na behandeling een significante toename laat zien is met 14% (2 plots) gering. Bij de onbehandelde groep (onbekalkt) is bij vergelijking van de perioden 1980 –1999 en 2000 – 2004 in geen enkel proefvlak een significante verandering van de oppervlakteaanwas vastgesteld.



4. CONCLUSIES

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk bespreken wij de effecten van in het kader van EGM uitgevoerde maatregelen bekalking en mineralengiften ('bemesting') op de groei en vitaliteit van de bosopstanden aan de hand van de in hoofdstuk 3 beschreven resultaten van aanwasboringen. Dit vormt slechts één onderdeel van de evaluatie van de maatregel bekalking en toevoegen van nutriënten. De eindconclusies van het totale evaluatieproject zullen worden opgenomen in het eindrapport (najaar 2005).

Uit de resultaten zoals weergegeven in hoofdstuk 3 vallen twee dingen op.

Enerzijds valt het op dat er in de 4 of 5 jaar na behandeling zowel bij bekalking bij 'bemesting' meestal geen verandering in boomgroei is opgetreden. Groeiverbetering na behandeling trad alleen op kleine schaal (een beperkt deel van de gemeten bomen) op in een beperkt aantal opstanden.

Anderzijds is het ook opmerkelijk dat er meestal geen sprake was van slechte boomgroei in de periode die aan de uitvoering van bekalking of 'bemesting' voorafging.

Uitgaand van onze aanname dat een toegenomen groei van de bomen een goede indicatie geeft voor een verbetering van de vitaliteit, zou dit kunnen betekenen dat er in de behandelde bossen over het algemeen geen (grote) vitaliteitsproblemen waren en dat de groei en vitaliteit door de behandeling bekalking of 'bemesting' daarom ook niet zodanig is verbeterd dat dit aantoonbaar was.

Hieronder wordt op beide zaken nader ingegaan.

4.2 Effect van bekalking en nutriëntengift op boomgroei en vitaliteit

De conclusie dat de behandelingen bekalking en 'bemesting' op de korte termijn van 4 tot 5 jaar in de praktijk van de EGM meestal geen verbetering van boomgroei/vitaliteit hebben opgeleverd is opmerkelijk. Immers: uit eerder uitgebreid in proefvelden uitgevoerd bemestingsonderzoek bleek dat deze behandelingen meestal wel een positief effect hadden op de groei en vaak leidde tot verbetering van vitaliteitskenmerken. Het positieve werd op grond van dit eerdere onderzoek vooral vastgesteld voor bemesting; bekalkingeffecten begonnen bij dit eerder onderzoek pas op wat langere termijn op te treden, maar er werden binnen de onderzoekstermijn van 5 jaar ook voldoende aanwijzingen gevonden voor een positief groeieffect door bekalking (Van den Burg & Olsthoorn 1994⁴).

De oorzaak van dit resultaat kan op grond van dit onderzoek niet worden vastgesteld. Wel kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

- de bossen waarin de maatregel is uitgevoerd hadden voorafgaand aan de uitvoering volgens de uitgevoerde analyses weliswaar een tekort aan bepaalde nutriënten (de bemeste opstanden) of een te zure bodem (de bekalkte opstanden), maar de groei/vitaliteit was nog altijd redelijk tot goed. Het lijkt erop dat bomen weinig last

⁴ J. van den Burg & A.F.M. Olsthoorn 1994. Het landelijke bemestingsonderzoek in bossen 1986 t/m 1991. Overzicht en bespreking van de resultaten. Deelrapport nr. 6, rapport nr. 106 IBN-DLO, Wageningen.



- hadden van deze tekorten en als dat zo is, is het ook logisch dat ze in groei niet of nauwelijks reageren op de behandelingen.
- de opstanden hebben over het algemeen geen gebrek aan stikstof door de invloed van vermesting. Stikstof is het belangrijkste element dat de groeisnelheid bepaalt. Andere elementen zijn uiteraard ook nodig voor snelle groei (zoals P), maar soms vooral voor een goede bladkleur (K en Mg). Een sterke groei door de hoge stikstofbeschikbaarheid geeft dan vooral een verdunning van die elementen en dat uit zich in gebreksverschijnselen, dus een slechte bladkleur. Gebreksverschijnselen gaan dan samen met een goede groei,
 - de resultaten hebben betrekking op een relatieve korte periode van de eerste 4 of 5 jaar na behandeling. Het is best mogelijk dat de langere termijneffecten anders zijn, bijvoorbeeld doordat de toegediende stoffen pas geleidelijk leiden tot hogere beschikbaarheid van nutriënten in de zone waarin zich de boomwortels bevinden.

Op grond van dit onderzoek kan dus geen uitspraak worden gedaan over effecten van de behandelingen bekalking en 'bemesting' op langere termijn en op bosopstanden die daadwerkelijk met serieuze groei/vitaliteitsproblemen te kampen hebben.

4.3 Boomgroei en vitaliteit van bekalkte en bemeste opstanden

Hierboven is al aangegeven dat – opmerkelijk genoeg - de boomgroei/vitaliteit van de in EGM-kader bekalkte en bemeste bossen in de periode die aan de uitvoering van bekalking of 'bemesting' voorafging niet slecht was. Wanneer we nader kijken naar de wijze en schaal waarop deze maatregel is uitgevoerd, is dit resultaat minder vreemd dan dat het in eerste instantie lijkt.

Nutriëntenonderzoek is in bossen op verzuringsgevoelige gronden op vrij grote schaal uitgevoerd, zowel als voortraject voor de maatregel 'bekalking/bemesting' als voor de maatregel 'aanpassing van de bosvegetatie' (toekomstbomen, structuurdunning, omvorming). In de praktijk blijkt uit het nutriëntenonderzoek dat in het merendeel van de onderzochte opstanden sprake is van een tekort aan een bepaald nutriënt en/of een te lage pH.

De uitslag van dit nutriëntenonderzoek wordt gebruikt om te bepalen of de maatregel 'bekalking/bemesting' met EGM-subsidie mag worden uitgevoerd. Is er sprake van een nutriëntentekort dan kan er 'bemest' worden, is er een te lage pH dan kan er bekalkt worden. Of de maatregel 'bekalking/bemesting' ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd hangt af van de beslissing van de eigenaar. Bij de beoordeling of er al dan niet bemest of bekalkt kan worden, wordt geen aandacht besteed aan de boomgroei/vitaliteit. Een vitaliteitsinschatting wordt alleen gebruikt als basis voor uitvoering van de maatregel 'aanpassing van de bosvegetatie' (toekomstbomendunning of structuurdunning bij redelijke tot matige vitaliteit, omvorming bij slechte vitaliteit).

Op grond van het bovenstaande is beter te begrijpen dat het merendeel van de 'bekalkte/bemeste' opstanden geen ernstige groei/vitaliteitsproblemen gehad hoeft te hebben. Het verklaart echter nog niet waarom de aangetroffen nutriëntentekorten en te lage pH's nauwelijks tot problemen bij de groei hebben geleid en waarschijnlijk ook niet tot ernstige vitaliteitsproblemen. Mogelijk heeft dit te maken met de ruime beschikbaarheid van stikstof en leidt deze ertoe dat – ondanks aanwezigheid van gebreksverschijnselen – pas serieuze groei/vitaliteitsproblemen optreden bij (zeer) ernstige tekorten aan andere elementen.

In deelrapport A1.1 wordt uitgebreid ingegaan op de effecten van bemesting en bekalking op de nutriëntensamenstelling van bladeren en naalden. De blad- en naaldsamenstelling reageert directer op de behandeling dan de groei.



4.4 Nader onderzoek

Zoals is gesteld in paragraaf 4.2 kan dit onderzoek geen antwoord geven op de vragen of de behandelingen bekalking en 'bemesting' een duidelijk positief effect op de groei/vitaliteit hebben op langere termijn en op de groei/vitaliteit van bosopstanden die met ernstige groei/vitaliteitsproblemen te kampen hebben. Resultaten van het eerder uitgevoerde uitgebreide bemestingsonderzoek, inclusief het toen uitgevoerde literatuuronderzoek, suggereren wel een positief antwoord op de tweede vraag.

De resultaten van ons aanwasonderzoek werpen een andere vraag op, namelijk: welke mate van gebrek aan bepaalde nutriënten leidt in de Nederlandse praktijk nu daadwerkelijk tot ernstige groei- en vitaliteitsproblemen?

Gericht aanvullend onderzoek zou antwoorden kunnen opleveren op de bovenstaande vragen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen in oude bemestings- en bekalkingsproefvelden. Daarin zou gericht gezocht kunnen worden naar proefvelden die voorafgaande aan de bemesting of bekalking een slechte vitaliteit hadden. Dit zou gekoppeld kunnen worden aan aanvullend literatuuronderzoek over de afgelopen tien jaar.

Beantwoorden van deze vragen is van belang om de effectiviteit van de maatregel voor weinig vitale opstanden en voor de lange termijn goed te kunnen beoordelen. Maar ook om in te kunnen schatten welke omvang van nutriëntentekorten in de Nederlandse stikstofrijke ecosystemen leiden tot serieuze problemen voor de groei en vitaliteit van het bos. Wanneer bijvoorbeeld zou worden aangetoond/bevestigd dat de maatregelen bekalking en/of 'bemesting' voor opstanden met ernstige nutriëntentekorten en groei/vitaliteitsproblemen wel een duidelijk positief effect hebben op de boomgroei/vitaliteit, zou dit ervoor kunnen pleitten om deze maatregel (alleen) voor de categorie bossen met de slechtste vitaliteit uit te blijven voeren.



Bijlage 1. Beschrijving methode tijdreeksanalyse jaarringen

(M. Knotters)

Probleem

In een aantal opstanden verspreid over Nederland zijn in 2000 vier verschillende behandelingen uitgevoerd: bemesting (BM), bekalking (BK), geen bemesting (OM), geen bekalking (OK). In 2004 zijn de jaarringdiktes gemeten en de stamdiameter op borsthoogte bij ca. tien bomen per opstand. Dit leverde tijdreeksen van jaarringdiktes op vanaf 1980 tot en met 2004. De vraag is of de behandelingen bemesting (BM) en bekalking (BK) effect hebben gehad op de groei. Om dit te kunnen bepalen moet rekening gehouden worden met invloeden zoals het neerslagoverschot in het groeiseizoen en het groeiverloop dat zonder behandeling plaatsvindt (onbehandelde groepen: geen bemesting (OM) en geen bekalking (OK)).

Doel

Het doel van de tijdreeksanalyse is om de verschillende componenten die de groei beïnvloeden te scheiden en het effect van bemesting en bekalking te kwantificeren voor elke opstand.

Aanpak

De tijdreeksen zijn relatief kort in verhouding tot de levensduur van de boom. Dit rechtvaardigt een benadering van het traject van de groeicurve met een rechte lijn. Het tijdreeksmodel dat de invloeden op de boomgroei beschrijft heeft de volgende structuur:

$$G_t = A_t + B_t + C_t + N_t,$$

$$A_t = \omega_A P_{t-b},$$

$$B_t - B_{t-1} = \omega_B S_t,$$

$$C_t - C_{t-1} = \omega_C I_t,$$

$$N_t = c + \delta(N_{t-1} - c) + \varepsilon_t,$$

waarin A_t de component als gevolg van het neerslagoverschot P_t in het groeiseizoen (1 april-31 juli) is, B_t de component als gevolg van het groeipatroon voorafgaand aan de interventie is, C_t de component als gevolg van het groeipatroon vanaf de interventie is, en N_t de ruiscomponent is die alle overige invloeden bevat die niet expliciet in het model zijn opgenomen. De reeks S_t bevat enen tot het tijdstip T waarop de interventie plaatsvond en nullen vanaf T . De reeks I_t bevat nullen tot T en enen vanaf T . De vraag is nu of de parameters ω_B en ω_C significant van elkaar verschillen, met andere woorden, of het groeipatroon significant is gewijzigd als gevolg van bemesting of bekalking. De t indiceert het jaar, b is een pure vertraging van één jaar om te corrigeren voor een eventuele verschuiving in de telling van de jaarringen of voor een effect dat pas na een jaar optreedt.

De groei, G_t , is op twee verschillende manieren beschreven. Allereerst is de gemiddelde toename van stamoppervlak van de bemonsterde bomen in een opstand berekend:

$$G_t = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \pi \left[(0.5d_j - b - \sum_{i=t+1}^N k_{ij})^2 - k_{ij}^2 \right],$$

waarin k_{ij} de jaarring van jaar i en boom j is, d_j de diameter van boom j is, en b de bastdikte (verondersteld op 5 mm voor alle bomen).

Als alternatief is ook de gemiddelde dikte van de jaarringen van de bemonsterde bomen in een opstand berekend:



$$G_t^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{tj} .$$

Er is sprake van een significant effect van de behandeling als er weinig of geen overlap is tussen de intervallen [parameter +/- 2×standaardfout] voor de parameters van de groei vóór en na de ingreep. Is er veel overlap, dan zijn de effecten moeilijk van elkaar te scheiden.

Bij de bepaling of er sprake is van een significant effect van het neerslagoverschot op de jaar-ringdikte of de oppervlakteaanwas is zowel onderzocht of dit effect direct optreedt of met vertraging van 1 jaar.



Bijlage 2. Overzicht onderzochte opstanden

Opname punten aanwasboringen

Opn. Nr	Jaar uitvoering maatregel	Terrein	Gemeente	Provincie	Lid nummer	Vak/afdeling	Boomsort	Geschatte leeftijd (jr.)	Bosgroep (bij aanvraag maatregel)
OM1	NVT	Bosgroep Vrijenbergersprent	Apeldoorn	Gelderland	211	917 A	Grove den	35	Gelderland
OM2	NVT	Lonnekerberg	Enschede	Overijssel	19	7F	Beuk	60	Salland-Twente
OM3	NVT	Wouwse Plantage	Roosendaal	Noord-Brabant	440	23B	Corsicaanse den	30	Zuid Nederland
OM4	NVT	Prattenburg	Rhenen en Veenendaal	Utrecht	2	8C	Douglas	30	Utrechtse bosgroepen
OM5	NVT	De Utrecht	Hilvarenbeek	Noord-Brabant	9	18D2	Japane lariks	35	Brabant
OM6	NVT	De Utrecht	Hilvarenbeek	Noord-Brabant	9	11Q1	Douglas	35	Brabant
OM7	NVT	Wouwse Plantage	Roosendaal	Noord-Brabant	440	30A	Fijnspar	25	Zuid Nederland
OM8	NVT	Noord en Zuid Ginkel	Ede	Gelderland	265	12M1	Amerikaanse eik	65	Gelderland
BM1	feb. 2001	De Wamberg	St. Michielsgestel	Noord-Brabant	9961	3	Grove den	40	Zuid Nederland
BM2	jan. 2000	Nijenhuis/Westerflor	Diepenheim	Overijssel	13	9cmid	Douglas	25	Salland-Twente
BM3	jan. 2000	Alerdink 1	Heino	Overijssel	129	3a	Beuk	70	Salland-Twente
BM4	feb. 2001	Jufferswijk	Hoogeveen	Drenthe	50	1d	Eik	100	Noord Nederland
BM5	feb. 2000	Het Meylinkbos	Hollten	Overijssel	52	3ged	Grove den	20	Salland-Twente
BM6	feb. 2001	Gemeentebos Epe 3	Epe	Gelderland	271	6m7	Beuk	40	Gelderland
BM7	jan. 2000	Eekte	Hellendoorn	Overijssel	145	1a,2a,bzui	Japane lariks	30	Salland-Twente
BM8	jan. 2000	Neppelenbroek	Raalte	Overijssel	141	4n	Douglas	25	Salland-Twente
BM9	feb. 2001	Feithenhof	Epe	Gelderland	54	7a n	Grove den	35	Gelderland
BM10	feb. 2001	De Wamberg	St. Michielsgestel	Noord-Brabant	9961	19	Japane lariks	50	Zuid Nederland
BM11	jan. 2000	Den Berg/Millingen	Dalfsen	Overijssel	123	8c2	Japane lariks	50	Salland-Twente
BM12	feb. 2000	Het Hulsbeek	Weersel/Oldenzaal	Overijssel	77	9a	Douglas	45	Salland-Twente
BM13	jan. 2000	Alerdink 1	Heino	Gelderland	129	2a	Japane lariks	40	Salland-Twente
BM14	feb. 2001	Gemeentebos Epe 3	Epe	Gelderland	271	2r3	Beuk	60	Gelderland
OK1	NVT	Ringelpoel	Woudenberg	Utrecht	38	1N	Eik	75	Utrechtse bosgroepen
OK2	NVT	Lonnekerberg	Enschede	Overijssel	19	6B	Fijnspar	25	Salland-Twente
OK3	NVT	Maarsbergen	Maarn	Utrecht	9	7D	Fijnspar	35	Utrechtse bosgroepen
OK4	NVT	Beast	Oirschot	Noord-Brabant	5840	30M	Grove den	30	Zuid Nederland
OK5	NVT	Wouwse Plantage	Roosendaal	Noord-Brabant	440	26A N	Grove den	30	Zuid Nederland
OK6	NVT	Lonnekerberg	Enschede	Overijssel	19	6L	Douglas	50	Salland-Twente
OK7	NVT	Eijkenstein	Maartensdijk	Utrecht	11	3L	Corsicaanse den	50	Utrechtse bosgroepen
OK8	NVT	Maarsbergen	Maarn	Utrecht	9	5F	Eik	45	Utrechtse bosgroepen
BK1	feb. 2000	Wiene	Ambt Deiden	Overijssel	61	33c	Grove den	45	Salland-Twente
BK2	jan. 2001	Heintjeskamp	Norg	Drenthe	103	2s	Douglas	45	Noord Nederland
BK3	jan. 2001	Langelaan c.a.	Norg	Drenthe	26	17a	Douglas	50	Noord Nederland
BK4	jan. 2001	Heintjeskamp	Norg	Drenthe	103	2p	Grove den	60	Noord Nederland
BK5	feb. 2000	Jufferswijk	Hoogeveen	Drenthe	50	2c	Eik	60	Noord Nederland
BK7	jan. 2001	Heintjeskamp	Norg	Drenthe	103	1d	Fijnspar	50	Noord Nederland
BK8	jan. 2000	Vagevuur	Hellendoorn	Overijssel	145	1k	Grove den	25	Salland-Twente
BK9	jan. 2001	Heintjeskamp	Norg	Drenthe	103	1h	Douglas	40	Noord Nederland
BK10	jan. 2001	Langelaan c.a.	Norg	Drenthe	26	17d	Fijnspar	40	Noord Nederland
BK11	feb. 2000	Wiene	Ambt Deiden	Overijssel	61	33k	Grove den	30	Salland-Twente
BK12	feb. 2000	Jufferswijk	Hoogeveen	Drenthe	50	4d	Douglas	25	Noord Nederland
BK13	feb. 2001	Feithenhof	Epe	Gelderland	54	16e	Grove den	30	Gelderland
BK14	jan. 2001	Overcinge	Havelte	Drenthe	88	1b	Grove den	65	Noord Nederland
BK16	feb. 2001	Kerkhofdiekie	Hoogeveen	Drenthe	49	3m	Fijnspar	40	Noord Nederland

Behandeling	
OM	Onbemest
BM	Bemest
OK	Onbekalkt
BK	Bekalkt