

## Neveneffecten van bekalking en mineralengiften in bossen

**Naar aanleiding van bodemverzuring en bossterfte in Duitsland en de vitaliteitsrapportages over het Nederlandse bos zijn in de periode 1985-1988 diverse proeven met bekalking en mineralengiften in bossen aangelegd. Bij deze experimenten, die gedurende de periode 1985-1991 intensief zijn gevolgd, is niet alleen aandacht besteed aan de effecten van bekalking en mineralengiften op de ontwikkeling van de bomen en de chemische samenstelling van de bodem. Ook de processen van stikstofmineralisatie en nitraatuitspoeling en mogelijke effecten op de vegetatie, mycorrhiza, macrofauna en nematoden zijn onderzocht. Uit het onderzoek blijkt dat neveneffecten vooral optreden bij bekalking en in veel mindere mate bij mineralengiften.**

### Inleiding

Reeds in de 50-er en 60-er jaren is veel onderzoek gedaan aan bosbemesting. In het kader van de verzuringsproblematiek werd het wenselijk geacht om een aanvullende serie experimenten op te zetten. In de eerste plaats omdat veel meer dan in het verleden bekalking als middel tegen verzuring in de belangstelling stond en ten tweede omdat niet duidelijk was of mineralengiften bij de verzuring en hoge stikstofinput wel effect zouden sorteren. Bij het onderzoek naar de neveneffecten is

### Summary

*During the period 1986-1991 several liming and fertilising experiments were carried out in different forest areas in the Netherlands. The main aim of these experiments was to study the effect of liming and fertilizing on tree growth and -condition and on nutrient content of the soil (Van den Burg 1944f). In related studies attention has been focussed on mineralisation and leaching of nitrate and on the impact of liming and fertilisation on the vegetation, mycoflora, macrofauna and nematodes. The results of these related studies are summarized in this paper.*

*Liming increases the pH of the topsoil in older stands by 0,1 to 0,2 unit and application of P, K and Mg fertilisers improves the nutrient states of the soil. Both liming and fertilising are reflected in higher nutrient contents in the foliage. These changes however are not always reflected in the traditional forest condition parameters defoliation and discoloration.*

*Lime applications do not seem to affect mineralisation in a systematic way, but at least in older stands the concentrations of nitrate-nitrogen are more elevated in limed stands than in the control plots. Research into the chemical properties of the soil moisture at a depth between 1,0 and 1,5 m and the upper groundwaterlayers shows increased levels of nitrate after liming, but not consistently. The increased amounts of easy available nitrogen seem to explain the changes in the forest floor vegetation and the mycoflora observed after liming. The observed increase of nitrogen demanding species is considered as an adverse effect. Changes were also observed after fertilising with phosphate, but to a lesser extent. Both the impact of lime and P are much more obvious in older stands than in young stands. Application of K- or Mg fertilisers gave no consistent changes in the vegetation or in the composition of the mycoflora.*

*Liming appears to change the species composition of carabid beetles; some typical forest species show a marked decline after liming; others carabid beetles and small snails however seem to benefit, at least with the lower rates of lime (3000 kg dolokal/ha). Though important changes in food-groups were expected no significant impact of liming on nematodes could be established.*

vooral aandacht besteed aan de effecten van bekalking. De belangrijkste experimenten daarbij waren kalktrappenproeven met 0, 3, 6, 9 en 18 ton calciumcarbonaat per ha in de gemeentebossen van Harderwijk en met 0, 3, 6 en 9 ton dolokal per ha in de boswachterij St Anthonis.

Bij het onderzoek waren verschillende instellingen betrokken. De opzet en uitvoering van de proeven en het onderzoek naar de effecten op de vitaliteit en de voedingstoestand van de bomen en de chemische samenstelling van de bodem werd verzorgd door het IBN (voorheen De Dorsch-

kamp) en, voor de proef in Harderwijk, de gemeente Harderwijk, de Agrarische Hogeschool Dronten, het Nederlands Meststoffen Instituut en de vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding van de LUW. Het onderzoek naar de effecten op de vegetatie werd uitgevoerd door het IBN (RIN), het mycorrhiza onderzoek door het Biologisch Station Wijster van de LUW, het onderzoek aan de loopkevers door de Hogeschool van Amsterdam, het onderzoek aan nematoden door het RIVM en de LUW. Het proces van mineralisatie en nitrificatie is onderzocht door het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek in Heteren en de uitspoeling van nitraat naar het drinkwater is onderzocht door het RIVM. Het onderzoek is mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning van de Europese Unie voor het project NL 87.00.01.

### **Algemene effecten van bekalking en mineralengiften**

**Bekalking** leidt in alle proeven tot een duidelijke verhoging van de pH in de strooisellaag. In de minerale grond stijgt de pH enkele jaren na het uitvoeren van de bekalking in oudere opstanden slechts met 0,1 tot 0,2 eenheid. Alleen bij bekalking in jonge cultures stijgt de pH van de minerale grond met 0,5 tot 1,0 eenheid. Bekalking leidt steeds tot een duidelijke toename van het Calcium-gehalte in de bladeren en naalden, maar niet altijd tot duidelijk zichtbare veranderingen in blad-/naaldbezetting, blad-/naaldkleur of tot een toename van de groei van de bomen. In gevallen waar naast bekalking ook mineralen werden toegevend traden vaak ook interacties op tussen de toegediende elementen. Voor een nadere analyse van deze effecten van bekalking wordt verwezen naar van

den Burg (1994).

**Mineralengiften** leiden steeds tot duidelijk hogere gehalten van de toegediende elementen in de bodem en in de bladeren of naalden. Mineralengiften leiden niet altijd tot duidelijk zichtbare veranderingen in de blad-/naaldbezetting, de blad-/naaldkleur of tot een toename van de groei van de bomen. Vaak treden ook interacties op tussen de toegediende elementen. Voor een nadere analyse van deze effecten van mineralengiften wordt verwezen naar van den Burg (1994).

### **Effecten op de mineralisatie en nitrificatie**

Bij mineralisatie wordt de in de strooisellaag aanwezige organische stikstof omgezet in minerale stikstof. De effecten van bekalking op de mineralisatie zijn onderzocht in de bekalkingsproeven in Harderwijk (grove den) en in de boswachterij St Anthonis (grove den, eik en douglas). Er zijn duidelijke verschillen tussen oude en jonge opstanden.

In alle oude opstanden is het gehalte aan organische stof in de bekalkte velden lager dan in de onbekalkte velden. Dit wordt toegeschreven aan een sterkere menging van strooisellaag en minerale grond door toegenomen bodemactiviteit. De netto stikstof mineralisatie in oude opstanden is zeer variabel. In Harderwijk is ze hoger in de bekalkte velden; in St Anthonis is de netto stikstof mineralisatie in de bekalkte opstanden van grove den en douglas juist significant lager dan in de controle behandelingen. Als een mogelijke verklaring daarvoor wordt het vastleggen van minerale stikstof door bacterien aangegeven. In de eikenopstand in St Anthonis zijn geen significante verschillen in netto stikstof mineralisatie waargenomen tussen bekalkte en controle behandelingen.

gen.

In de oude opstanden in St Anthonis liggen de gehalten aan nitraat-stikstof in de bekalkte velden significant hoger dan in de niet bekalkte velden. Als gevolg hiervan is ook de berekende maximale nitraatuitspoeling in de bekalkte velden hoger dan in de onbekalkte velden.

In jonge opstanden van grove den en douglas in St Anthonis is het percentage organische stof in de bekalkte velden hoger dan in de onbekalkte velden. Er zijn geen significante verschillen in netto stikstof mineralisatie waargenomen tussen bekalkte en controle behandelingen. Het gehalte aan nitraatstikstof in de bekalkte velden juist iets lager dan in de controle velden.

### **Effecten op de vegetatie**

Effecten van **bekalking** zijn onderzocht in opstanden van grove den in de gemeentebossen van Harderwijk, in de boswachterij St Anthonis en in een beukenbos in de gemeente Ede.

In Harderwijk, St Anthonis en Ede neemt een aantal stikstofminnende planten significant toe na bekalking (wilgenroosje, kruiskruid, paardebloem en grote brandnetel). De bedekking blijft echter gering. Vooral bij het wilgenroosje neemt de bedekking toe met de hoogte van de kalkgift. In Harderwijk nemen verschillende mossorten af na de bekalking. De toename van stikstofminnende plantensoorten in de bekalkte velden duidt op een toename van de direct opneembare stikstof als gevolg van de bekalking.

Bij bekalking in jonge opstanden (aangelegd in of na 1980) van eik en grove den in de boswachterij St Anthonis zijn de effecten minder sterk dan in de oudere opstanden. Toch wordt ook hier een afname vastgesteld van verschil-



■ St. Anthonis vak 44c, blok I. Grove den uit 1950. Foto 1 (links) blanco, foto 2 (rechts) in 1988 bekalkt met 6 ton dolokal per ha. In het voorjaar van 1995 zijn in beide behandelingen mossen en zaailingen van rankende helmblloom aspect bepalend. In de bekalkte velden komen verspreid wilgenroosje en paardebloem voor.

lende mossoorten en van heide, terwijl soorten als bochtige smele, paardebloem en boskruiskruid toenemen. Opmerkelijk is dat deze verschillen bij de eik vooral optreden vanaf 6 ton kalk, terwijl bij de grove den al bij 3 ton kalk duidelijke verschillen optreden. De minder sterke reactie op bekalking in jonge opstanden wordt mogelijk verklaard door het feit dat ook bij de recente verjonging van de betrokken opstanden (1980) al een vrij sterke mineralisatie zal zijn opgetreden.

De effecten van **fosfaat** zijn onderzocht in jonge eikenopstanden en in de gecombineerde bekalking- en mineralenbemestingsproef in Harderwijk. In de proeven in jonge eikenopstanden lijkt een tendens te bestaan tot toename van de ruderaal soorten. In Harderwijk leidt toedienen van fosfaat tot een significante toename van wilgenroosje, paardebloem en in mindere mate lijsterbes. Verschillende mossoorten nemen duidelijk af. Voor de vegetatie als geheel leidt fosfaat tot een duidelijke toename van de "stikstof indicator score". De effecten van fosfaat zijn echter minder sterk dan bij bekalking.

De effecten van **kalium en magnesium** op de vegetatie zijn onderzocht in oudere grove dennenopstanden, in de gecombineerde bekalkings- en mineralenbemestingsproef in Harderwijk en in jonge eikenopstanden. De resultaten van deze proeven zijn moeilijk te interpreteren; patronen van voor- of achteruitgang van soorten zijn meestal niet consequent aanwezig. In enkele proeven lijken kalium en vooral magnesium bij te dragen tot een toename van stikstofminnende planten.

Op grond van deze resultaten en de ervaringen uit bemestingsproeven in Zweden kan worden vastgesteld dat de invloed van bekalking op de vegetatie het grootste en het meest duidelijk is: stikstofminnende ruigtesoorten nemen toe en soorten van arme standplaatsen nemen af na bekalking. Wel is er een invloed van de leeftijd van de opstand; in jonge opstanden (aangelegd in of na 1980) zijn de effecten minder sterk dan in oudere opstanden. Ook van fosfaat konden effecten worden aangetoond, maar in veel mindere mate dan bij bekalking. De minste invloed op de vegetatie hebben kalium en magne-

sium.

#### Effecten op mycorrhiza

De effecten van **bekalking** op mycorrhiza-schimmels en andere paddestoelen zijn onderzocht in oudere opstanden van grove den in Harderwijk en van grove den, zomereik en douglas in St Anthonis. In Harderwijk en in St Anthonis blijkt na bekalking een achteruitgang van de mycorrhiza-vormende soorten op te treden. In St Anthonis zijn twee jaar na de bekalking de negatieve effecten op het aantal soorten mycorrhizapaddestoelen minder duidelijk dan in voorgaande jaren. Nog een jaar later is geen effect meer vast te stellen in grove den en douglas, terwijl in de zomereik zelfs een kleine toename van het aantal soorten wordt waargenomen.

Voor schimmels die op dood materiaal leven (saprotrofe schimmels) had de bekalking in St Anthonis een positief effect. In Harderwijk leiden vooral de hoge kalkdoseringen (9 en 18 ton) tot een sterke teruggang van het aantal soorten en individuen van de saprotrofe paddestoelen. Aanvullende opnamen in 1988 geven aan dat in de bekalkte velden drie nieuwe soorten zijn verschenen



■ St Antonis vak 35c, Blok I. Zomereik uit 1953 foto 3 (links) blanco, foto 4 (rechts) in 1988 bekalkt met 6 ton dolokal per ha. In het voorjaar van 1995 zijn in beide behandeling strooisel en grassen aspectbepalend. In de bekalkte velden komen verspreid ook brandnetels voor.

en dat drie soorten met een lage presentie weer toenemen.

De effecten van **mineralengiften** op mycorrhiza-schimmels en andere paddestoelen is onderzocht in opstanden van zomereik, douglas en groveden. In de oude opstanden van zomereik en douglas (boswachterij Mill) en grove den (Harderwijk) leidt toediening van fosfaat tot een lichte daling van het aantal soorten mycorrhizapaddestoelen. Van kalium en magnesium kon zowel in Mill als in Harderwijk geen effect worden aangetoond op mycorrhizapaddestoelen. Op de saprotrofe schimmels werden geen effecten van fosfaat, kalium of magnesium vastgesteld.

In jonge opstanden van groveden, zomereik en douglas (Vierlingsbeek) blijkt een combinatie van bekalking en mineralengift (fosfaat, kalium en magnesium) te leiden tot een toename van de soortenrijkdom van ectomycorrhizapaddestoelen. Bij de saprotrofe paddestoelen werd de soortenrijkdom niet beïnvloed door de bemesting.

De effecten van bekalking en mi-

neralengiften op mycorrhizapaddestoelen zijn vergelijkbaar met de effecten op de vegetatie. De duidelijke afname van het aantal soorten in oudere opstanden na bekalking is vermoedelijk het gevolg van het vrijkomen van extra stikstof uit de strooisellaag. Effecten van fosfaat zijn aantoonbaar, maar beduidend minder dan van bekalking. Toediening van kalkum en magnesium heeft geen invloed op de mycoflora. In jonge opstanden hebben bekalking en mineralengiften geen of zelfs een licht positief effect op de soortenrijkdom van de mycoflora.

#### Effecten op de macrofauna

De effecten van bekalking op loopkevers is onderzocht in bekalkingsproefvelden in groveden en eik in St Anthonis. Na de bekalking werd de loopkeverfauna 3 jaar lang bemonsterd.

In de bekalkte velden nemen vooral loopkevers toe die als "storingsoort" bekend zijn. Bossoorten worden in de onbekalkte velden meer gevonden dan in bekalkte velden. Een aantal soorten lijken echter een optimum te hebben bij 3 of 6 ton dolokal per ha. Of de waargenomen effecten samenhangen met een

verruiging van de vegetatie onder invloed van de bekalking is niet duidelijk. Ondanks de toename van de stikstofminnende planten is de totale bedekking nog zo laag dat een grote invloed op loopkevers niet voor de hand ligt.

In Duitsland is na bekalking verhoogde sterfte van mieren en bijen waargenomen na toediening van kalk in poedervorm in het groeiseizoen. Dit kan worden voorkomen door de kalk in korrelvorm uit te brengen.

In eikenopstanden in St Anthonis is ook de populatie van kleine slakken bemonsterd. Bekalking een positief effect op de aantallen. De toename van kleine slakken draagt weer bij aan het broedsucces van kleine zangvogels.

#### Effecten op nematoden

Onderzoek naar de effecten van bekalking op nematoden is verricht in de gemeentebossen van Harderwijk in opstanden van groveden en in de boswachterij St Anthonis in opstanden van groveden, eik en douglas.

Uit het onderzoek blijkt dat onder invloed van bekalking geen ingrijpende veranderingen optre-

den in de nematodenfauna in de strooisellaag van grove den, eik en douglas. Significante effecten van bekalking werden wel waargenomen in de minerale laag in eikenopstanden. De aantallen van de groep plantenparasieten zijn in de met 3 ton bekalkte velden duidelijk hoger dan in de 0- en 9 ton behandeling. De aantallen bacterie-eters zijn in de onbekalkte velden significant lager dan in de behandelingen met 3 en 9 ton dolokal.

Ook de literatuur wordt verder geen melding gemaakt van trendmatige verschuivingen in de nematodensamenstelling als gevolg van bekalking.

### **Effecten op uitspoeling van nitraat en mineralen**

Uitspoeling van nitraat en mineralen naar het grondwater is onderzocht in de boswachterij St Anthonis en in de gemeentebossen van Harderwijk. In St Anthonis is de samenstelling van de bovenste halve meter van het grondwater geanalyseerd in opstanden van zomereik, grove den en douglas die in het voorjaar van 1988 waren bekalkt. De nitraatgehalten onder de zomereikenopstand waren in alle gevallen zeer laag (0,05 tot 0,12 mmol/l). Dit wordt toegeschreven aan denitrificatie als gevolg van de hoge grondwaterstand in deze opstand.

De nitraatconcentratie in het grondwater blijkt bij grove den na bekalking te stijgen (van 0,94 mmol/l in de blanco tot 1,10 mmol/l in de behandelingen met 3 en 6 ton dolokal per ha). Bij douglas zijn geen significante verschillen aantoonbaar tussen bekalkte en blanco. Dat is opmerkelijk, gezien de hoge nitraatgehalten die de Boer et al (1993) aantreffen in de bovengrond.

In de gemeentebossen van Harderwijk bevindt het grondwa-

ter zich op ca. 9 m diepte; hier is niet het grondwater, maar het bodemvocht op een diepte tussen 1 en 1,5 m bemonsterd. Bij de bemonsteringen in 1989 werden geen verhoogde nitraatconcentraties gemeten. Hiervoor is geen afdoende verklaring; opvallend is wel dat ook het nitraatgehalte in de onbehandelde opstand erg hoog is. In 1991 werden wel duidelijk hogere nitraatconcentraties vastgesteld in de bekalkte opstanden. Opmerkelijk is dat in 1991 voor het eerst ook een verhoogde nitraatconcentratie wordt waargenomen in de velden waar in 1985 fosfor, kalium en magnesium zijn toegediend. Dit zou mogelijk een gevolg kunnen zijn van een aanpassing van het bodemleven aan de betere voedings-toestand.

Op basis van de nitraatconcentraties is zowel onder grove den in Harderwijk als grove den, eik en douglas in St Anthonis de (berekende) uitspoeling van stikstof onder onbekalkte opstanden duidelijk lager dan onder bekalkte opstanden (resp. 7-14 kg en 13-36 kg). In beide gevallen wordt echter nog steeds een deel van de inkomende stikstof in het ecosysteem vastgesteld.

Deze resultaten stemmen niet geheel overeen met de resultaten van een bemonstering van het bodemvocht in de laag van 60-100 cm die in 1991 werd uitgevoerd. Voor eik en grove den is er nauwelijks verschil in nitraatgehalte; alleen bij douglas is er een duidelijk hoger nitraatgehalte onder de bekalkte opstand.

### **Discussie**

Het onderzoek aan de effecten van bekalking en mineralengiften in bossen is vooral geconcentreerd geweest op de effecten van bekalking. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te geven.

Ten eerste is op grond van de

theorie van Ulrich over bodemverzuring en verkenningen van de problemen in Nederland aanvankelijk vooral gedacht aan verzuring als belangrijkste probleem en bekalking als maatregel om de effecten van verzuring tegen te gaan. Ten tweede was de verwachting dat vooral bij bekalking de meeste neveneffecten zouden optreden.

Het onderzoek heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan het inzicht in de effecten van bekalking op het proces van mineralisatie en uitspoeling in met stikstof verrijkte zandgronden en op de invloed van bekalking en mineralengiften op verschillende componenten van het bosecosysteem.

De invloed van bekalking op de mineralisatie is niet eenduidig; in tegenstelling tot de verwachtingen blijkt meestal geen sprake van een duidelijk verhoogde mineralisatie na bekalking. Wel neemt in oudere opstanden de productie van nitraatstikstof in alle experimenten toe na bekalking. Als gevolg daarvan is ook de concentratie van nitraat in het bodemvocht meestal hoger na bekalking. De absolute hoeveelheden kunnen daarbij flink uiteenlopen. Zo is op een diepte tussen 1 en 1,5 m het nitraatgehalte onder niet bekalkte grovedennen in Harderwijk 0,25 mmol/l en in St Anthonis 0,91-0,97 mmol/l. In de bekalkte velden zijn de gehalten resp. 0,83 mmol/l en 0,92-1,25 mmol/l. Op vergelijkbare bodemtypen zijn de nitraatgehalten onder douglas hoger dan onder grove den; dit wordt ook bevestigd door een landelijk onderzoek naar de samenstelling van het bodemvocht onder 150 opstanden.

Vrij algemeen wordt aangenomen dat na bekalking ook de uitspoeling van nitraat naar het

grondwater toeneemt. Voor een samenhangend beeld van de nitraatuitspoeling lijkt het aantal gegevens echter nog te beperkt. Zo zijn er naast de verschillen tussen boomsoorten ook invloeden te verwachten van het bodemtype (meer denitrificatie op natte gronden) en de leeftijd van de opstand (minder productie van nitraat-stikstof in hele jonge opstanden). Ook van het verloop in de tijd van de nitrificatie en nitraatuitspoeling na een bekalking is nog geen duidelijk beeld verkregen. Verwacht mag worden dat een of enkele jaren na het beëindigen van de bekalking een duidelijke daling zal optreden.

De effecten van bekalking op de vegetatie en de mycoflora in oudere opstanden lijken vooral het gevolg van een toename van gemakkelijk opneembare nitraat-stikstof als gevolg van de bekalking. Dit leidt met name tot een toename van stikstofminnende ruigteplanten, een afname van plantensoorten van arme standplaatsen en een verarming van de mycoflora. In hoeverre deze effecten op den duur ook optreden als gevolg van voortgaande stikstofdepositie is niet duidelijk. Uit een vergelijking van vegetatieopnamen in 177 grove den- en opstanden blijkt dat tussen 1984/85 en 1993 verjonging van verschillende boom- en struiksoorten, een aantal kruidachtige planten en enkele mossoorten significant toenemen. Van een aantal van deze soorten wordt aangenomen dat de toename een gevolg is van de stikstofdepositie.

In jonge opstanden is vrijwel geen invloed van bekalking op de vegetatie en de mycoflora aanwezig. Op grond van de gegevens over nitrificatie is dit ook nauwelijks te verwachten. De kaalkap voorafgaande aan de

aanplant leidt tot een versterkte nitrificatie, de ontwikkeling van een stikstofminnende kapvlaktevegetatie en uitspoeling van nitraat. De beschikbare voorraden aan nitrificeerbaar organisch materiaal zijn daarmee kennelijk sterk gereduceerd.

Ondanks de bereikte resultaten moet worden vastgesteld dat zelfs bij de respectabele duur van een aantal deelonderzoeken, de lange termijn effecten toch nog onvoldoende zijn vastgelegd. Op grond van oude ervaringen met bekalking in bossen mag worden verwacht dat pas na ca. 10 jaar een stabilisering optreedt. In dit verband lijkt de vraag gerechtvaardigd of de stabilisering die nu lijkt op te treden bij de soortensamenstelling en aantallen van de mycorrhiza's een eerste stap is op weg naar een verder herstel van de mycoflora. Een herhaling van de vegetatie- en mycorrhizaopnamen in de verschillende experimenten is dan ook zeker aan te bevelen.

Een onderbelicht aspect bij de mineralengiften is de invloed op de weerstand van de bomen tegen ziekten, insectenaantastingen en andere stressfactoren. Recent onderzoek geeft aan dat bijvoorbeeld de ontwikkeling van *Sphaeropsis* in Corsicaanse den geremd wordt bij een goede kalium-voorziening. Bemesting van eiken met fosfaat en magnesium leidt op korte termijn echter niet tot minder vraat van eikenbladrollen en kleine wintervlinder.

Op grond van de onderzoekingen kan worden vastgesteld dat er geen zwaarwegende, technische bezwaren zijn tegen het toedienen van de mineralen kalium en magnesium. Op grond van de waargenomen neveneffecten en de variatie daarin is geen eensluidend oordeel over bekal-

king en fosfattoediening in bossen te geven. Afhankelijk van bostype en de doelstellingen van de beheerder zal steeds per bostype of groep van bostypen een afweging gemaakt moeten worden.

### **Praktische toepassing van de resultaten**

Bij het onderzoek naar de effecten van bekalking en mineralengiften in bossen zijn de effecten van bekalking onderzocht op de vegetatie, makrofauna, nematoden, mycorrhiza, stikstof-mineralisatie en nitraatuitspoeling. Neveneffecten van mineralengiften werden bestudeerd op de vegetatie en de mycorrhiza.

In het algemeen blijken de neveneffecten van het toedienen van kalium en magnesium zeer beperkt; de meeste neveneffecten treden op bij bekalking. Toedienen van fosfaat neemt een tussenpositie in.

Voor de toepassing van bekalking en mineralengiften zijn de doelstellingen van de beheerder en het bostype de belangrijkste ingangen.

Voor de armste bostypen (korstmossen-, kussentjesmos- en kraaiheide dennenbossen) zou, ongeacht de doelstellingen, bekalking en mineralengiften het beste achterwege kunnen blijven. Voor deze bostypen wordt op praktischschaal nagegaan welke maatregelen in deze bossen het meest geëigend zijn.

De minder arme bossen, (eiken-berkenbossen en beuken-eikenbossen) vormen het grootste deel van het Nederlandse bosareaal. Voor zover hier sprake is van bossen met belangrijke natuurwaarden (A-lokaties) zijn bekalking en fosfaat-toediening niet aan te bevelen op grond van de mogelijke effecten op vegetatie en mycoflora. Het merendeel van deze A-lokaties heeft betrek-

---

king op oude bosgroeiplaatsen. Veel bossen in deze groep zijn "jonge" bossen, aangelegd in de 19e of het begin van de 20e eeuw. Vaak zijn deze bossen ook aangeplant op groeiplaatsen die door de mens sterk zijn verarmd als gevolg van eeuwenlange plaggen- en strooiselwinning. In deze bossen vormen bekalking en mineralengiften een belangrijke maatregel om de weerstand van de bomen te verhogen, zeker wanneer dit gebeurt op basis van een zorgvuldige analyse.

Ondanks de effecten op de vegetatie en de mycoflora kan bekalking een belangrijke rol spelen bij het vergroten van de buffercapaciteit en het verhogen van kritieke pH waarden. Een aantal gevreesde negatieve effecten, zoals verhoogde mineralisatie en vrijwel ongelimiteerde nitraatuitspoeling blijken niet of in beperkte mate op te treden.

Bekalking is vooral aan de orde wanneer de pH van de bodem lager is dan 3,2. Bij een pH lager dan 3,2 worden de risico's voor de plantengroei (en daarmee het voortbestaan van het bosecosysteem) onaanvaardbaar hoog. Behalve voor het verhogen van de pH blijkt bekalking ook van belang voor de voedingstoestand van de bomen. Bij verschillende boomsoorten wordt in toe-

nemende mate een onvoldoende calciumvoorziening vastgesteld. De in de verschillende proeven geteste dosering tot 3000 kg dolok per ha is voldoende om de pH te verhogen tot boven de kritieke grens, terwijl bij deze dosering ernstige neveneffecten worden vermeden.

Toedienen van fosfaat beïnvloed eveneens de vegetatie en de mycoflora. Omdat fosfaat nauwelijks uitspoelt mag worden aangenomen dat op zeer fosfaatarme groeiplaatsen de vegetatie en de mycoflora voor lange tijd worden beïnvloed. Terughoudendheid met fosfaat toediening op dit soort groeiplaatsen is daarom wenselijk. Fosfaatbemesting is vooral aan de orde bij douglas en (Japanse) lariks; bij beide soorten wordt veelvuldig fosfaatgebrek vastgesteld. Nadelige neveneffecten van fosfaattoediening in dit soort opstanden zijn beperkt en wegen niet op tegen de verbetering van de weerstand van de bomen door een betere fosfaatvoorziening. Wel is het van belang om voor de uitvoering vast te stellen of de groeiplaats geschikt is voor deze meerereisensoorten.

Op grond van de beperkte neveneffecten en de negatieve effecten van hoge stikstofdepositie kan het opheffen van tekorten

aan magnesium en kalium positief worden beoordeeld.

De resultaten van de hier beschreven onderzoeken geven geen aanleiding om de richtlijnen van de Commissie Advies Bosbemesting ingrijpend te wijzigen. Een zorgvuldige analyse van de Ausgangssituatie aan de hand van bodem en/of bladanalyses en een daarop afgestemd bemestingsadvies vormt een belangrijke basis voor het verantwoord toepassen van bekalking of mineralengiften in bossen.

Voor de arme en matig arme natte bossen (broekbossen) en bronbossen zijn bekalking en mineralengiften niet onderzocht. Gezien de problematiek van verdroging lijken bekalking en mineralengiften niet de eerste prioriteit. In de bossen op rijke gronden (beukenbossen, essen-iepenbossen o.a.), worden voornamelijk geen ernstige effecten van verzuring verwacht; ook hier zijn effecten van mineralengiften en bekalking (als maatregel tegen effecten van vermesting en verzuring) niet onderzocht en in de praktijk niet aan de orde.

Een uitgebreide literatuurlijst is opgenomen in het gelijknamige IKC-rapport no 13.