

Eikensterfte in Nederland

Omvang en de rol van enkele achterliggende factoren

A. Oosterbaan
C.A. van den Berg
G.J. Maas
L.G. Moraal



Alterra-rapport 236, ISSN 1566-7197

Eikensterfte in Nederland

Eikensterfte in Nederland

Onderzoek naar omvang en achtergronden

**A. Oosterbaan
C.A. van den Berg
G.J. Maas
L.G. Moraal**

Alterra-rapport 236

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

REFERAAT

A. Oosterbaan, C.A. van den Berg, G.J. Maas, L.G. Moraal, 2001. *Eikensterfte in Nederland: Onderzoek naar omvang en achtergronden*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 236. 54 blz. 8 fig.; 9 tab.; 17 ref.

Uit een inventarisatie is gebleken dat in bijna een kwart van de zomereikopstanden de laatste ca. 15 jaar veel sterfte is opgetreden. Deze sterfte vertoont duidelijke samenhang met ongunstige factoren in de waterhuishouding (storende bodemlagen, grote grondwaterfluctuaties e.d.). De laatste paar jaar heeft de eikenprachtkever veel eiken aangetast en wellicht versneld doen afsterven.

Vanwege de slechte vitaliteit van veel eiken is de komende jaren nog meer sterfte te verwachten. Er worden richtlijnen gegeven voor het beheer.

Trefwoorden: Eikensterfte, vitaliteit, grondwater, bodem, regio, eikenprachtkever, honingzwam, weer, beheer

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 236. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Achtergrond en doel van het project	11
2 Opzet en uitvoering van het onderzoek	13
2.1 De inventarisatie in 1999	13
2.2 Vervolgonderzoek naar de waterhuishouding	15
2.3 Vervolgonderzoek naar de eikenprachtkever	15
2.4 Vervolgonderzoek naar verband met weersomstandigheden	15
2.5 Literatuurstudie naar relaties tussen stikstofdepositie en bladvreterende insecten	16
3 Resultaten	17
3.1 De sterfte	17
3.2 De sterfte per leeftijdsklasse	18
3.3 De sterfte per regio	18
3.4 De sterfte per bodemgroep	19
3.5 De sterfte per grondwatertrap	20
3.6 De sterfte en eikenprachtkever	21
3.7 De sterfte en honingzwam	22
3.8 De vitaliteit van de nog levende bomen	22
4 Resultaten van het vervolgonderzoek naar de waterhuishouding	25
5 Resultaten van het vervolgonderzoek naar de eikenprachtkever	29
6 Resultaten van het vervolgonderzoek naar verband met weersomstandigheden	31
7 Resultaten van de literatuurstudie naar relaties tussen stikstofdepositie en insectenplagen op eik	33
8 Conclusies	41
9 Richtlijnen voor het beheer	43
Literatuur	47
Bijlage 1 De belangrijkste opnameresultaten	49

Woord vooraf

Dit onderzoek is over een periode van twee jaar uitgevoerd en werd gefinancierd door het DWK- Programma 320 'Bosonderzoek'. Het onderzoek werd begeleid door de Bosschapscommissie Bosbescherming, bestaande uit de volgende personen : R.M.W.J. Nas (Bosschap), F.W. Baron van Tuyll van Serooskerken (Staatsbosbeheer), H. Siebel (Natuurmonumenten), P.J.H.M. Reuver/G. Grimberg (EC-N), A.J. Kemperman (Algemene Inspectie Dienst), A.J.H. Willems (Unie van Bosgroepen) en L.G. Moraal (Alterra).

Samenvatting

Achtergrond: de laatste jaren hebben veel bosbeheerders te maken met eikensterfte, die plaatselijk verontrustende vormen aanneemt. Daarom is in 1999 en 2000 een onderzoek uitgevoerd naar de omvang van de huidige eikensterfte in Nederland en naar enkele factoren die hierbij mogelijk een rol spelen.

Sterfte: uit de inventarisatie van de sterfte in 122 opstanden (waarvan 10 wintereik en de rest zomereik) blijkt dat de gemiddelde totale sterfte (oude en recente sterfte samen) meevalt: in 60% van de opstanden bedraagt de totale sterfte 0-4% van het stamtal. Maar in bijna een kwart van de opstanden van zomereik werd een sterfte van wel 10-20% en incidenteel zelfs van 50% vastgesteld. De meeste gevonden dode bomen zijn echter al langer dan ca. 2 jaar dood. De sterfte van de afgelopen ca. 2 jaar is in 72% van de opstanden weinig (0-1 %) en in slechts 4% van de opstanden veel (> 4 %). Dit beeld is minder verontrustend dan algemeen gedacht wordt. Wel is het zo dat sterfte zich concentreert in gebieden met specifieke eigenschappen en derhalve in zo'n gebied sprake kan zijn van een situatie dat de sterfte de ontwikkeling van de eikenopstanden bepaald.

Waterhuishouding: de sterfte vertoont een duidelijk verband met factoren die te maken hebben met de waterhuishouding. De hoge sterftcijfers worden vrijwel zonder uitzondering gevonden op bodemprofielen waar de boomwortels constant in de invloedsfeer staan van het grondwater (grondwaterprofielen). De gemiddelde sterftepercentages zijn het hoogst op gronden met een sterk fluctuerende grondwaterstand (Gt III en V) en op gronden met een storende laag (bijv. keileem). Op dit soort gronden heeft extreme neerslag zoals in 1993, 1994 en 1998 tot extreem hoge grondwaterstanden in het groeiseizoen geleid, waardoor wortelsterfte opgetreden kan zijn. Hierdoor worden de bomen droogtegevoeliger, waardoor droogteperioden zoals in 1996 meer dan normale schade kan veroorzaken.

Eikenprachtkever: uit het onderzoek is verder gebleken dat de eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus*, veel voorkomt, maar vrijwel alleen bij bomen die de laatste jaren zijn doodgegaan. Hieruit blijkt dat aantastingen door dit insect een nieuw verschijnsel zijn. Doordat de larven bij verzwakte bomen gangen onder de schors maken die de bomen 'ringen', kan het sterfteproces worden versneld en kan er extra sterfte opgetreden zijn.

Honingzwam: bij ongeveer de helft van alle dode bomen werd de honingzwam, *Armillaria spec.* aangetroffen. Er wordt verondersteld dat het voornamelijk om soorten gaat, die alleen verzwakte bomen aantasten.

Vitaliteit: nog veel bomen vertonen een slechte vitaliteit. Daarom kan worden verwacht dat er in de komende jaren plaatselijk nog veel bomen dood zullen gaan.

N-depositie: in de literatuur blijkt te weinig informatie aanwezig te zijn om conclusies te trekken over verbanden tussen stikstofdepositie en insectenplagen bij eik.

Andere factoren: voor de onderzochte opstanden zijn geen cijfers bekend over de mate van kaalvraat door insecten (in 1996 en 1997 trad uitzonderlijk zware vraat op). Daarnaast kunnen er nog andere factoren een rol spelen zoals bijvoorbeeld de stikstofdepositie en bodemverzuring, die via wortelsterfte de droogtegevoeligheid van eiken beïnvloeden. Ook kunnen wortelparasitaire schimmels zoals *Phytophthora*, waarvoor men in andere landen aanwijzingen heeft gevonden, een rol spelen.

Beheer: voor zover mogelijk, worden richtlijnen gegeven voor het beheer (waterhuishouding, dunning, verjonging en eikenprachtkever) om ervoor te zorgen dat er verder zo weinig mogelijk sterfte op zal treden.

1 Achtergrond en doel van het project

In de tachtiger jaren trad in Nederland sterfte op in eikenopstanden (vooral van zomereik) in enkele jaren soms 20-50 % van het stamtal. Uit onderzoeken naar verbanden met voedingsstoffenhuishouding, grondwaterstand, insectenvraat, schimmelaantastingen en weersomstandigheden werd toen de conclusie getrokken dat de sterfte vermoedelijk is veroorzaakt door een samenloop van ongunstige omstandigheden, waardoor de bomen verzwakt zijn en gevoelig worden voor secundaire organismen (zoals honingzwam), die de bomen uiteindelijk laten sterven (Oosterbaan en Van den Berg 1989).

Na een aanvankelijke afname van de sterfte en een verbetering van de vitaliteit in de periode 1987-1992 lijkt er de laatste paar jaar weer sprake van toenemende sterfte. Daarom is in 1999 opnieuw een onderzoek gestart naar de huidige sterfte in eikenbossen met als doel om vast te stellen hoe groot de sterfte is, welke factoren met de sterfte te maken hebben en vervolgens richtlijnen te kunnen opstellen voor de beheersing van de sterfte.

2 Opzet en uitvoering van het onderzoek

2.1 De inventarisatie in 1999

In 1999 werd een inventarisatie van de sterfte en van de meest waarschijnlijke parameters voor de oorzaak van de sterfte in een representatieve steekproef van het Nederlandse eikenbos uitgevoerd.

Doel van de steekproef

Het doel van de steekproef was om een betrouwbaar, gemiddeld beeld te krijgen van het sterftepercentage van eiken in opstanden van zomer- en wintereik op de belangrijkste bodemtypen in Nederland en om een indruk te krijgen van de factoren waar de sterfte mee samenhangt.

De doelpopulaties waren de opstanden van zomer- en wintereik, ouder dan 30 jaar. Om vroegere gegevens over sterfte in de afgelopen jaren te hebben werden de te onderzoeken opstanden grotendeels geloot uit het oorspronkelijke bestand voor het landelijke vitaliteitsonderzoek.

De doelvariabele was het percentage dode eiken in een opstand. De doelparameter was het gewogen gemiddelde van die percentages.

Behalve naar de sterfte is gekeken naar factoren die causaal met de sterfte te maken kunnen hebben, zoals grondwatertrap (Gt) , verdroging, vernatting, insectenaantasting en schimmelaantasting.

Beperkingen

Het project moest worden uitgevoerd binnen een bepaald budget van het Programma Bosonderzoek voor het grootste deel in 1999. Het veldwerk werd uitgevoerd in de periode dat er blad aan de bomen zit en dat de bomen zich hebben kunnen herstellen van eventuele bladvraat, dus in juli en augustus. Dit betekende dat er naar schatting maximaal ca. 120 opstanden konden worden opgenomen.

Beschikbare hulpinformatie

Over de eikensterfte is wel het een en ander bekend. De sterfte uitgedrukt in procenten van het stamtal per ha, zal in de meeste gevallen 0-15 % bedragen. Er zijn echter wel uitschieters van 30 – 50 %. Binnen opstanden is de sterfte meestal verspreid, maar er komen soms ook groepen dode bomen voor.

Voorts is de sterfte op gronden met sterk wisselende grondwaterstanden (Gt III en V) vermoedelijk het grootst is. Het lijkt er op dat de sterfte te maken heeft met verdroging/vernatting als primaire factoren, maar ook met aantasting door secundaire organismen als eikenprachtkever en honingzwam.

Wat de honingzwam betreft is niet specifiek gekeken naar pathogene soorten. Bij eerdere inventarisaties van schimmels op eiken bleek dat het vrijwel alleen om niet-pathogene soorten ging (De Kam et al., 1990). Hetzelfde bleek in Duitsland (Hartmann, 1996).

Steekproefname

Om een voldoende betrouwbare schatting te krijgen van het sterftepercentage moesten per opstand veel bomen worden opgenomen. De meest betrouwbare schatting wordt verkregen door van de gehele opstand het aantal dode bomen te bepalen. Opstanden zijn echter vaak meerdere hectares groot, zodat het tellen van alle dode bomen te veel tijd kost. Bovendien is er ook vaak variatie in bodem en Gt. Daarom is gekozen voor het opnemen van een groot aantal bomen (minimaal 100) op een qua bodem en Gt homogeen gedeelte.

Bij het bepalen van het aantal dode bomen is onderscheid gemaakt tussen bomen die recent (de afgelopen 2 jaar) zijn doodgegaan en bomen die al langer dood zijn. Bomen die al langer dood zijn, hebben hun dunnere takken en twijgen verloren en in sommige gevallen is een deel van de schors of soms alle schors reeds afgevallen. Deze kunnen al in de tachtiger jaren zijn doodgegaan (de sterfte is in Nederland na 1983 begonnen).

De bepalingsmethoden voor de omgevingsfactoren zijn hieronder vermeld:

<i>factor</i>	<i>bepalingsmethode</i>
- Gt	bestaand gegeven van bodemkaarten
- Verdroging of vernatting	proefboring; navragen beheerder
- Prachtkever	aanwezigheid van uitvlieggaten in schors
- Honingzwam	aanwezigheid van mycelium of rhizomorfen

Steekproefopzet

Binnen het beschikbare budget was een aantal van ca. 120 opstanden mogelijk. De verschillende groeiplaatsen zijn gegeneraliseerd tot 5 bodemklassen, te weten: arme zandgronden, rijke zandgronden, veengronden, lichte kleigronden en zware kleigronden. Voor deze 5 bodemklassen voor zomereik en 1 bodemklasse voor wintereik betekende dit dat er per bodemklasse ca. 20 opstanden onderzocht konden worden.

Vanwege het beschikbaar zijn van informatie van eerdere sterfte in de opstanden, zijn de zoveel mogelijk opstanden van zomereik geloot (zonder teruglegging) uit het oorspronkelijke bestand van 247 opstanden van het landelijk vitaliteitnet. De overige opstanden komen uit eerdere onderzoekreeksen van Alterra.

Per bodemklasse wordt gestratificeerd op grondwatertrap: Gt II t/m V en Gt VI t/m VIII. Per bodemklasse krijgen we dan:

natte (Gt II -V)	10 opstanden
droge (Gt VI en VII)	10 opstanden

Voor de wintereik is, omdat deze vrijwel alleen op hoge zandgronden voorkomt, dit onderscheid niet gemaakt.

Kosten en nauwkeurigheid

In het project zitten twee bronnen van onnauwkeurigheid, nl. de meetfout bij het bepalen van het sterftepercentage per opstand en de steekproeffout bij het schatten van het gemiddelde per bodemgroep. Binnen het toegestane budget is een zo goed mogelijk compromis gezocht tussen de nauwkeurigheid en de kosten van uitvoering van het onderzoek. Er is uiteindelijk besloten om per opstand (op een homogene bodem) een redelijk betrouwbare schatting van het sterftepercentage te geven door veel bomen op te nemen. Per bodemklasse zijn 20 opstanden geloot (verdeeld over nat en droog).

Door een fout in het oorspronkelijk databestand is de verdeling over nat en droog en over de bodemtypen onevenwichtiger uitgevallen dan de bedoeling was.

2.2 Vervolgonderzoek naar de waterhuishouding

Om beter inzicht te krijgen in de werkelijke rol van de waterhuishouding zijn in het jaar 2000 de zwaarst getroffen opstanden gedetailleerder onderzocht. In deze opstanden is:

- een beschrijving gemaakt van het bodemprofiel;
- de Gt vastgesteld en geverifieerd;
- onderzocht of het wortelstelsel van de eiken kan zijn blootgesteld aan extreme fluctuaties van het grondwaterpeil.

2.3 Vervolgonderzoek naar de eikenprachtkever

Bij de inventarisatie in 1999 is de mate van aantasting door de eikenprachtkever vastgesteld aan de onderste 2 meter van de stammen. De bomen werden gecontroleerd op het voorkomen van uitvlieggaatjes. Indien er geen uitvlieggaatjes aanwezig waren, werd met een blesring de schors deels verwijderd en werd gezocht naar larvengangen. In het vervolgonderzoek in 2000 is van 28 bomen (verdeeld over 10 opstanden), waarbij in de onderste 2 meter geen aantasting werd waargenomen, nagegaan in hoeverre boven de 2 meter eikenprachtkever voorkomt.

2.4 Vervolgonderzoek naar verband met weersomstandigheden

Onderzocht is in hoeverre de variatie in vitaliteit van eiken vanaf 1984 (start van het landelijk onderzoek) kan samenhangen met de variatie in neerslag en temperatuur.

2.5 Literatuurstudie naar relaties tussen stikstofdepositie en bladvreterende insecten

Ons land heeft te maken met een relatief hoog niveau van stikstofdepositie. Mogelijkerwijs heeft de extreem zware bladvreterij van de laatste decennia hier mee te maken, bijvoorbeeld doordat het stikstofrijkere blad aantrekkelijker en voedzamer is geworden voor de bladvreterende insecten. Om hier inzicht in te krijgen is in de recente literatuur (vanaf ca. 1970) nagegaan of er een relatie bestaat tussen stikstof en insectenplagen op eik.

3 Resultaten

De belangrijkste resultaten van de inventarisatie per opstand zijn vermeld in bijlage 1.

3.1 De sterfte

In totaal zijn 122 opstanden onderzocht. Tabel 1 geeft een overzicht van de verdeling van de opstanden over sterftepercentageklassen. Hierbij zijn de volgende klassegrenzen gekozen:

0 %	= geen sterfte
0-4 %	= weinig sterfte
4-10 %	= matige sterfte
10-20 %	= veel sterfte
20 %	= extreem veel sterfte.

Dit zijn arbitraire grenzen. In regulier beheerde eikenbossen, kwam vóór de tachtiger jaren normaliter vrijwel geen sterfte voor, hooguit een enkele boom.

Tabel 1 Aantal opstanden per sterftepercentageklasse

	0 % sterfte	0-4 % sterfte	4-10 % sterfte	10-20 % sterfte	20-50 % sterfte
Zomereik	29 (75)*	37 (42)	21 (5)	20	5
Wintereik	4 (7)	3(3)	2	1	0

* tussen haakjes is het aantal opstanden met recente sterfte

In tabel 1 is te zien dat in 76 opstanden (62 %) weinig of geen sterfte voorkomt. In ongeveer een kwart van de opstanden bedraagt de sterfte 4-10 %. In vergelijking met 'normaal' en ook in vergelijking met de sterftcijfers van het vitaliteitsonderzoek van Natuurmonumenten (Vitaliteitsonderzoek 1999 Natuurmonumenten) kan een sterftepercentage van 4-10 % van het stamtal als 'hoog' worden betiteld. Ongeveer een vijfde deel van de opstanden vertoont een nog hoger sterftepercentage (meer dan 10 %) . Hierbij wordt aangetekend dat het gaat om recent plus eerder afgestorven bomen.

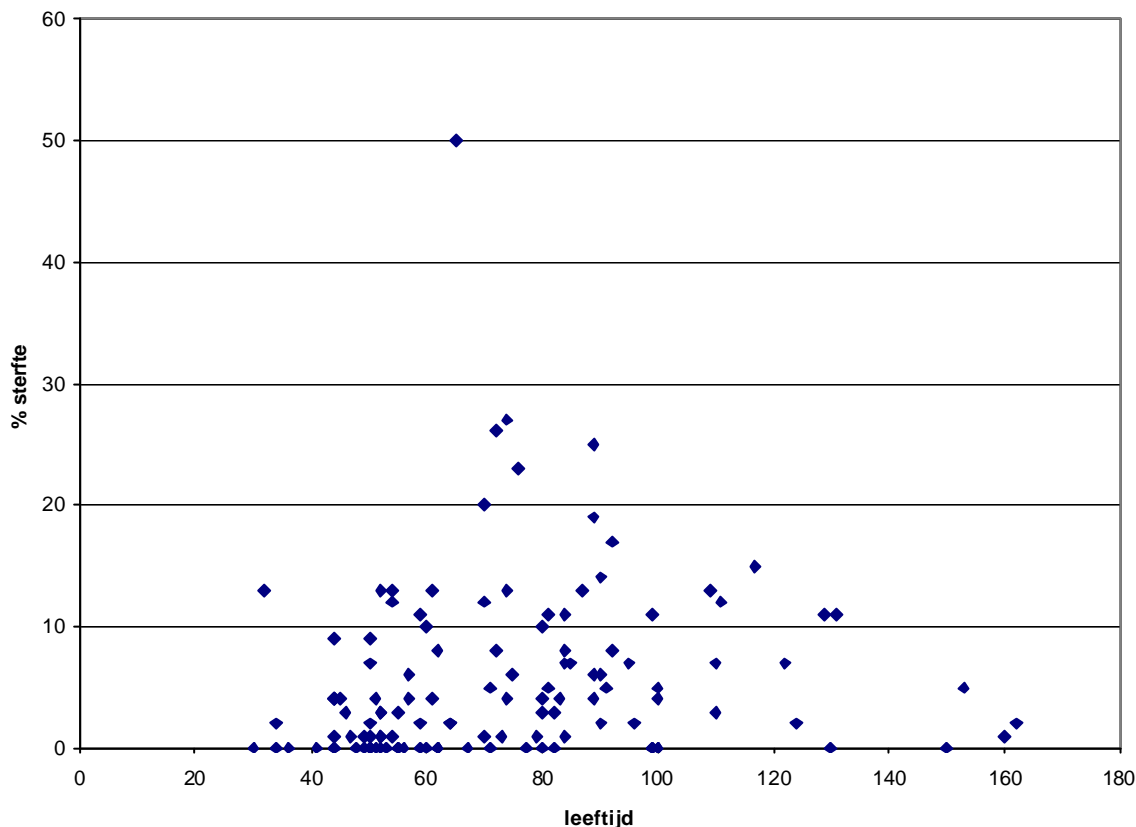
De maximale waargenomen sterfte bedraagt 50%; zo'n hoog sterftepercentage is in één opstand waargenomen.

Verder blijkt uit tabel 1 dat de hoge sterftepercentages alleen gaan om bomen die al langer dood zijn.

In bijna de helft van de opstanden van zomereik is de sterfte hoger dan normaal.

3.2 De sterfte per leeftijdsklasse

Om na te gaan of de sterfte bij bepaalde leeftijdscategorieën meer is dan bij anderen is een analyse uitgevoerd. Het resultaat is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Sterftepercentage en leeftijd van de onderzochte opstanden

Uit figuur 1 blijkt dat het totale percentage sterfte geen duidelijk verband vertoont met de leeftijd van de opstand. Hetzelfde geldt voor de recente sterfte.

Er is geen duidelijk verband tussen leeftijd en sterfte.

3.3 De sterfte per regio

Om na te gaan of de sterfte verband houdt met de geografische ligging is Nederland aan de hand van de topografische coördinaten in de richting noord-zuid en in de richting oost-west verdeeld in drie regio's. Tabel 2 vermeldt de gemiddelde sterftepercentages voor deze regio's.

Tabel 2 De sterftepercentages per regio

Regio	Sterftepercentage		
	Totaal dood	Recent dood	Lang dood
Noord	7	4	4
Midden	1	1	1
Zuid	6	3	5
Oost	5	8	5
Midden	1	1	1
West	4	5	2

Uit tabel 2 blijkt dat het gemiddelde sterftepercentage (lang dood) in het noorden en het oosten het hoogst is. Er zijn geen verschillen tussen de regio's wat de recente sterfte betreft.

De totale sterfte is in het noorden en het oosten het grootst.

3.4 De sterfte per bodemgroep

De sterftepercentages per bodemgroep zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 Sterftepercentages per bodemgroep

Bodemgroep	Aantal opstanden	Sterftepercentage		
		recent dood	lang dood	totaal
<i>zomereik</i>				
droge, arme zandgronden	33	1.2	2.9	4.0
natte, arme zandgronden	7	1.0	11.7	12.6
droge, rijke zandgronden	7	0.6	4.7	5.1
natte, rijke zandgronden	10	0.7	6.7	7.4
droge veengronden	8	0.8	7.1	7.8
natte veengronden	13	1.2	6.7	7.9
droge, lichte kleigronden	9	0.6	2.8	3.6
natte, lichte kleigronden	16	1.0	3.1	4.5
zware kleigronden	9	<u>1.9</u>	<u>5.4</u>	<u>7.3</u>
<i>gemiddeld</i>		1.0	2.8	5.9
<i>wintereik</i>				
zandgronden	10	0.4	2.8	3.2

Uit tabel 3 blijkt dat in de zomereikopstanden de meeste totale sterfte is opgetreden in opstanden op natte, arme zandgronden (12.6 %) en op de natte en droge veengronden (7.8 en 7.9 %). Ook op de zware klei is het totale sterftepercentage vrij hoog (ca. 7 %).

Uit tabel 3 blijkt verder dat de meeste sterfte van meerdere jaren geleden dateert. De recente sterfte in de laatste ca. 2 jaar bedraagt meestal niet meer dan ca. 1 %, behalve op zware kleigronden, waar de laatste paar jaar relatief meer sterfte (1.9 %) is opgetreden.

In de wintereikopstanden (deze staan alle op hoge zandgronden) is gemiddeld minder sterfte opgetreden.

Het feit dat de grootste problemen zich voordoen op nattere gronden, terwijl de sterfte op drogere gronden in het algemeen veel minder groot is, is een sterke aanwijzing dat de problemen te maken hebben met de waterhuishouding.

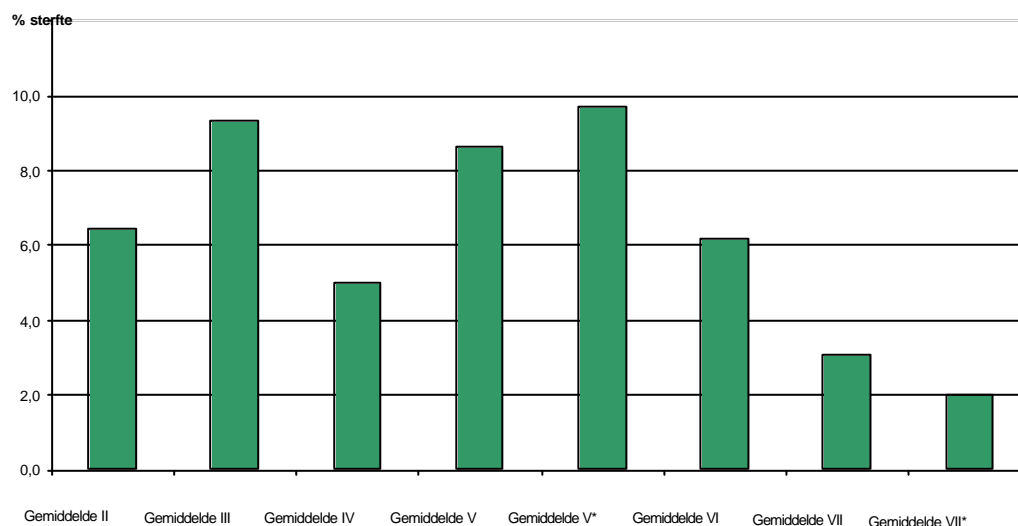
3.5 De sterfte per grondwatertrap

Het sterftepercentage van de zomereik per Gt is voor de verschillende grondsoorten weergegeven in tabel 4.

Tabel 4 De gemiddelde sterftepercentages(totaal/recent) per Gt.

	Natte gronden				Droge gronden		
	GtII	III	IV	V	VI	VII	VII*
Arme zandgronden		14/1	9/0	12/2	5/2	4/1	3/0
Rijke zandgronden		15/2		6/0.5	2/0.5	10/1	
Veengronden	6/1	2/1		17/3	9/1		
Lichte kleigronden	10/2	5/1		2/0.5	4/1	3/0	
Zware kleigronden	3 /2	13/5		7/2	8/0.5		

Uit tabel 4 blijkt dat bij alle grondsoorten het gemiddelde sterftepercentage het hoogst is bij de Gt's II, III , IV en V, dus op de natte gronden (zie ook figuur 2).



Figuur 2 Gemiddelde sterftepercentage per grondwatertrap

De gemiddelde sterfte is het grootst bij de grondwatertrappen III en V. Dit zijn grondwatertrappen, waarbij grote schommelingen op kunnen treden tussen de zomer- en wintergrondwaterstand. De relatie tussen sterfte en waterhuishouding wordt nader besproken in hoofdstuk 5 .

Er werd tevens een statistische analyse uitgevoerd van de eventuele verbanden tussen sterfte en de aanwezigheid van storende lagen in het bodemprofiel. Daaruit is gebleken dat de recente sterfte op gronden met een storende laag significant hoger is dan op gronden zonder storende laag ($F=0.02$).

De sterfte is het grootst op natte gronden met een sterk wisselende grondwaterstand en/of een storende laag.

3.6 De sterfte en eikenprachtkever

In tabel 5 is vermeld op hoeveel procent van de dode bomen eikenprachtkever voorkomt.

Tabel 5 Het percentage bomen met eikenprachtkever

Zomereik	Percentage dode bomen met kever		totaal
	recent dood	lang dood	
droge, arme zandgronden	51	5	15
natte, arme zandgronden	0	3	3
droge, rijke zandgronden	50	0	17
natte, rijke zandgronden	28	8	9
droge veengronden	56	4	11
natte veengronden	40	27	28
droge, lichte kleigronden	17	6	7
natte, lichte kleigronden	0	20	20
zware kleigronden	<u>73</u>	<u>0</u>	<u>24</u>
gemiddeld	39	9	16
wintereik			
zandgronden	28	0	3

De eikenprachtkever komt gemiddeld op 16 % van alle dode bomen voor (op de onderste 2 meter van de stam).

Op recent dode bomen komt in het algemeen veel vaker eikenprachtkever voor (gemiddeld 39 %) dan op de bomen die al langer dood (gemiddeld 9 %) zijn. Dit verschil is significant voor zware kleigronden ($F=0.01$). Hieruit blijkt dat de eikenprachtkever de laatste paar jaar als nieuw factor een rol speelt bij de eikensterfte. Deze constatering komt overeen met de gegevens van de jaarlijkse monitoring van insectenplagen.

Tevens werden de mogelijke verbanden tussen de waterhuishouding en eikensterfte en de eikenprachtkever onderzocht. Bij statistische uitwerking bleek dat er geen verband was tussen het voorkomen van de eikenprachtkever en de bodemklassen nat en droog. Wel bleek de eikenprachtkever significant meer voor te komen op de gronden met een storende laag ($F= < 0,01$).

De eikenprachtkever is een fenomeen van de laatste paar jaar en komt op gronden met storende laag meer voor dan op gronden zonder storende laag.

3.7 De sterfte en honingzwam

Tabel 6 vermeld het percentage van de dode bomen, waarop honingzwam is aangetroffen.

Tabel 6 Percentage van de dode bomen, waarop honingzwam is aangetroffen

Bodemgroep	Aantal dode bomen	Percentage dode bomen met honingzwam		
		recent dood	lang dood	totaal
zomereik				
droge, arme zandgronden	113	41	52	52
natte, arme zandgronden	88	67	64	64
droge, rijke zandgronden	36	50	31	31
natte, rijke zandgronden	74	17	56	53
droge veengronden	63	83	52	55
natte veengronden	88	38	66	56
droge, lichte kleigronden	54	69	81	70
natte, lichte kleigronden	31	38	63	63
zware kleigronden	64	<u>54</u>	<u>51</u>	<u>48</u>
<i>gemiddeld</i>		48	59	56
wintereik				
zandgronden	18	6	46	52

Uit tabel 6 blijkt dat de honingzwam gemiddeld op ongeveer de helft van alle dode bomen voorkomt. Aangezien er bij de inventarisatie slechts gekeken is of er (resten van) mycelium of rhizomorfen aanwezig waren, is het niet bekend om welke honingzwamsoort het gaat. In het algemeen gaat het op de zandgronden om niet-pathogene soorten. Op de rijkere groeiplaatsen en de kalkrijke gronden kan het ook gaan om de pathogene *Armillaria mellea* (De Kam et al. 1990, Hartmann 1996).

Honingzwam komt op veel bomen voor, maar de bijdrage aan de sterfte is niet bekend.

3.8 De vitaliteit van de nog levende bomen

Tabel 7 vermeldt de percentages bomen in de vitaliteitsklassen 3 (matig) en 4 (slecht).

Tabel 7 Percentages bomen in de vitaliteitsklassen 3 (matig) en 4 (slecht).

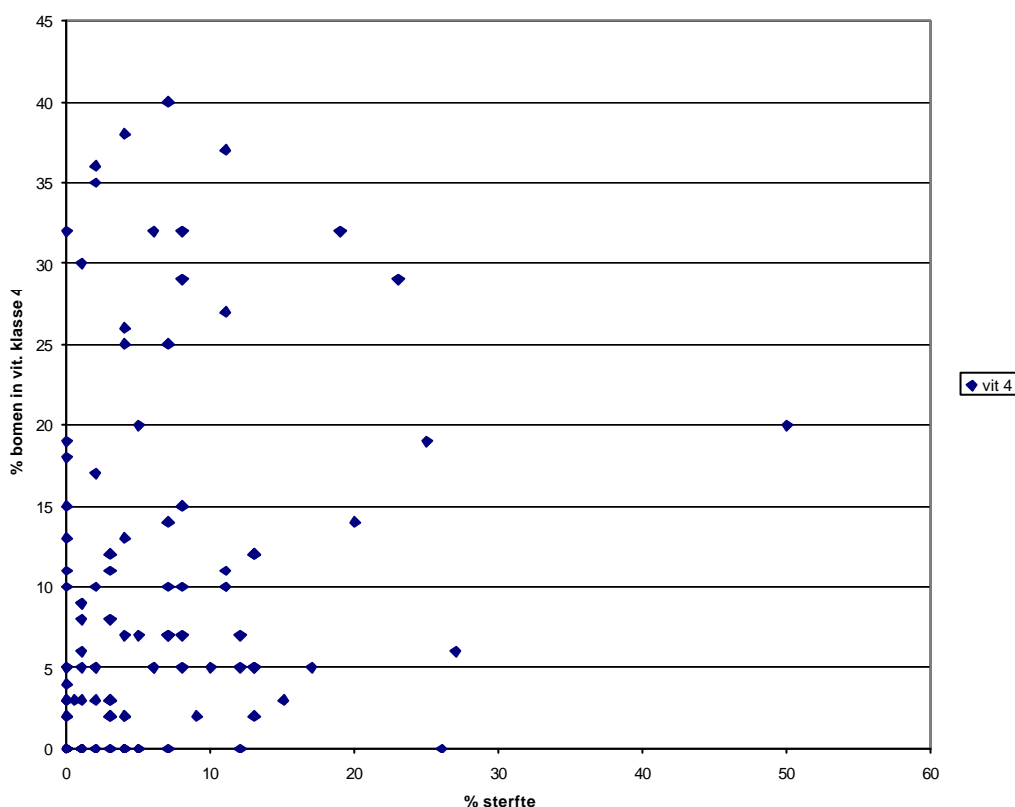
Bodemgroep	aantal opstanden	percentage bomen		totaal
		matig	slecht	
zomereik				
droge, arme zandgronden	33	26	10	36
natte, arme zandgronden	7	32	11	43
droge, rijke zandgronden	6	35	4	35
natte, rijke zandgronden	11	33	6	40
droge veengronden	9	23	8	41
natte veengronden	12	35	13	40
droge, lichte kleigronden	17	40	12	53
natte, lichte kleigronden	8	28	9	36
zware kleigronden	9	<u>44</u>	<u>10</u>	<u>54</u>
<i>gemiddeld</i>		32	10	43
wintereik				
zandgronden	10	16	2	18

Uit tabel 7 blijkt dat in de zomereikenopstanden blijken in het algemeen nog veel bomen met een slechte vitaliteit voorkomen. Op zowel zandgronden, veengronden en kleigronden zit ca. 10 % in de vitaliteitsklasse 4. Dit zijn bomen met een zeer slecht bladbezetting (minder dan 40 % dan normaal) en vaak dode takken in de kroon. Dit zijn m.a.w. potentiële bomen om met een secundaire aantasting, bijv. honingzwam of eikenprachtkever te sterven. Bij de bodemgroepen waarbij veel bomen een slechte vitaliteit hebben is het gemiddelde sterftepercentage in het algemeen ook hoger (het hoeft hierbij niet om dezelfde opstanden te gaan). Het percentage bomen in klasse 3 (matige vitaliteit) is ook erg hoog, vooral op zware kleigronden.

De vitaliteit van de wintereiken is in het algemeen veel beter. Er zitten maar weinig wintereiken in klasse 4.

Uit figuur 3 blijkt dat er geen duidelijk verband is tussen het totale sterftepercentage per opstand en het percentage bomen met een slechte vitaliteit.

Er zijn nog veel zomereiken met een slechte vitaliteit. Er is geen duidelijk verband tussen het totale sterftepercentage per opstand en het percentage bomen met een slechte vitaliteit.

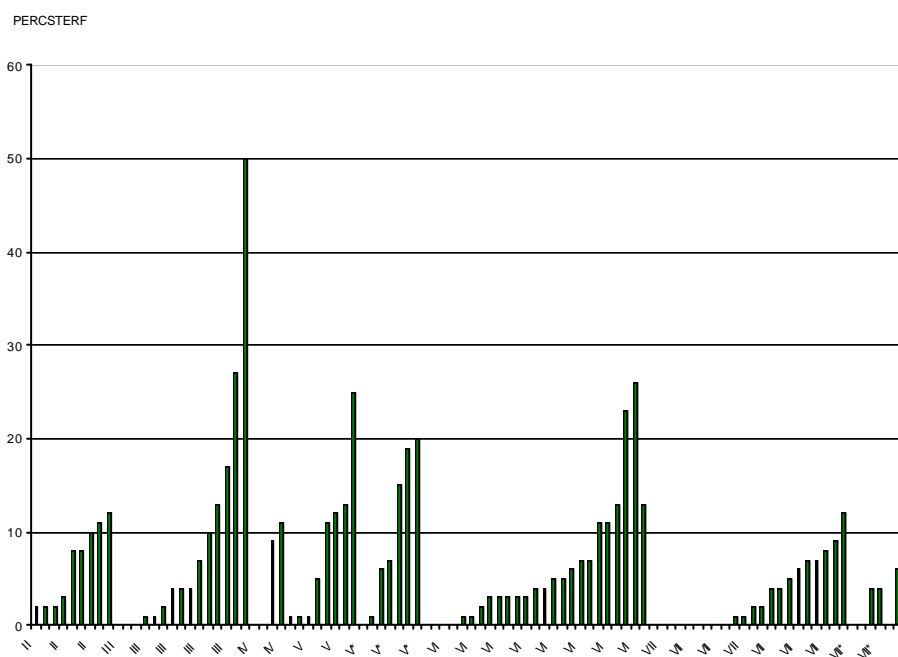


Figuur 3 Het sterftepercentage en het percentage bomen met een slechte vitaliteit per opstand

4 Resultaten van het vervolgonderzoek naar de waterhuishouding

De sterftecijfers van de opstanden zijn gekoppeld aan de grondwatertrap op de betreffende locatie volgens de digitale bodemkaart van Nederland 1:50 000. De sterftepercentages zijn in figuur 4 uitgezet per grondwatertrap. Uit de analyse hiervan blijkt het volgende:

- Sterfte komt voor bij alle grondwatertrappen. De variatie in sterftepercentage is bij alle grondwatertrappen groot.
- De gemiddelde sterfte bij grondwatertrap III, V en V* is ca. 10%, een factor 1,5 tot 5 maal zo hoog als de overige grondwatertrappen. (figuur 2). Grondwatertrappen II en IV nemen met gemiddeld 6% sterfte een middenpositie in. Het hoge sterftecijfers bij grondwatertrap III wordt deels veroorzaakt door de extreem hoge sterfte van 50% in één opname. Zonder deze uitschieter ligt de gemiddelde sterfte op het niveau van grondwatertrap II;
- Op gronden met GT IV , VII en VII* is de gemiddelde sterfte met 2-5% het kleinst;



Figuur 4 Sterftepercentage (totale sterfte) per opname uitgezet tegen en gerangschikt naar de grondwatertrap (de lege plaatsen in de grafiek vertegenwoordigen de opstanden waar geen sterfte is opgetreden)

Hieruit blijkt dat op gronden met een sterk fluctuerende grondwaterstand in de wortelzone (Gt III, V en V*) het sterftepercentage van zomereik gemiddeld hoger is dan op de droge gronden (GT VI, VII en VII*) en natte gronden met een beheerste en/of stabiele grondwaterstand (GT IV). Door de extremen in de grondwaterstand (hoogte, duur) sterven delen van het wortelstelsel af. Dit heeft een negatief effect op de totale vitaliteit van de boom, waardoor de boom vatbaarder wordt voor

secundaire aantastingen (insekten, schimmels). Deze constatering blijft echter een hypothese omdat door de grote variatie in de waarnemingen de verschillen in totale sterfte tussen de GT-klassen niet significant blijken te zijn (zie Hoofdstuk 3).

De beschrijving van groeiplaatskenmerken (bodems subgroup, grondwaterstandsgegevens, lokale hydrologie e.d.) van de zwaarst getroffen opstanden is vermeld in tabel 8.

Tabel 8 Resultaten van het onderzoek naar de waterhuishouding in opstanden met veel sterfte.

**Resultaten veldbezoek eikenplots
apr-00**

	nr	bodemtype	GHG	GLG	Gt-vlak	GT punt	grondw stand	loc. hydro	lands. ligging	beworteling	sterfte(%)
OmmenI	14	Zn21	40	135	VI	Vbo	110	s, kwel	depressie	70	14
OmmenII	15	Zn21	90	175	VII	VIIo	150		rug	100	5
Delden	18	Hn21	25	140	VI	Vbo	35	vernat	depressie	90	13
Bijvanck	88	kZn23	60	170	III	Vlo	70	s, kwel	depressie	170	13
Woold	89	KX	10	180	V	Vao	20	s	helling	120	12
Loenen	99	Zn23A	85	180	VI	VIIId	180	s, kwel	overslag	50	11
Loenen	100	Zn30A	70	170	VI	VId	170	s, kwel	overslag	170	8
Hardenberg	114	Zn21	35	110	III	IIIb	70		depressie	60	50
Hardenberg	115	vWp	45	180	IV	VId	115		depressie	130	20
Hardenberg	116	vWp	45	160	VI	Vlo	125	beheerst	vlak	95	0

juni-00

De Utrecht	77	Hn21x	35	181	V	Vad	135	s	depressie	60	7
De Utrecht	77	Hn21	60	170	VI	VId	160		flank	140	1
Ulvenhout	79	Hn21	60	160	V	VId	160	(s)	vlak	75	15
Klutsdorp	1	Zd21	110	181	VI	VIIId	181		flank	180	11
Veenhuizen 52C	39	Hn23wx	25	181	V	Vbd	160	s	depressie	80	19
Veenhuizen 49G	40	cHn21x	35	181	V	Vbd	181	s	vlak	180	25
Ravenswoud 4h1	46	zWpx	30	160	V	Vbo	130	s	flank	160	7
Ravenswoud 7C	47	zVcx	15	170	VI	Vad	180	s	vlak	120	23
Hoog Buurlo 38i	85	Y30	181	181	VII	VIIId	181		flank	80	12
Hoog Buurlo 41F	59	Y30	181	181	VII	VIIId	181		vlak	60	4

augustus-00

Weerselo	108	KX	20	160	V	Vao	160	s	vlak	180	11
BW Gees	50	cHn21x	35	181	V	Vbd	181	s	vlak	45	13
BW Gees	51	Hn23x	45	181	VII	VId	181	s	depressie	140	26
Hengelo (GLD)	58	pZn21	30	130	V	Vbo	110		depressie	70	13
Hoog keppel	120	kRn2	60	181	VII	VId	181	s	flank	180	13
Emmen Oosterbo	113	aVo	?	181	-	-	181		hooqveen	160	13

Uit tabel 8 blijkt dat alle opstanden met veel sterfte, met uitzondering van de locatie Hoog Buurlo op bodemtypen liggen met grondwaterprofielen, hetgeen betekent dat in alle profielen het grondwater gedurende een korte of lange periode tot in het wortelstelsel kan rijken. In de meeste gevallen komen de Gt's overeen met de Bodemkaart 1:50000; op een aantal bezochte lokaties is de grondwatertrap een klasse natter doordat betreffende opstand net in een laagte in het terrein ligt.

Ongeveer 60% van de onderzochte bodemprofielen zijn stagnatie profielen (loc.hydro=s) hetgeen betekent dat zich binnen 180 cm -mv een stagnerende keileem, leem, of kleilaag bevindt. De interne drainage is beperkt waardoor bij hevige of langdurige neerslag wateroverlast kan optreden. Verder bevinden veel van de opstanden zich (gedeeltelijk) in terreindepressies, waardoor toestroom van grondwaterwater kan optreden.

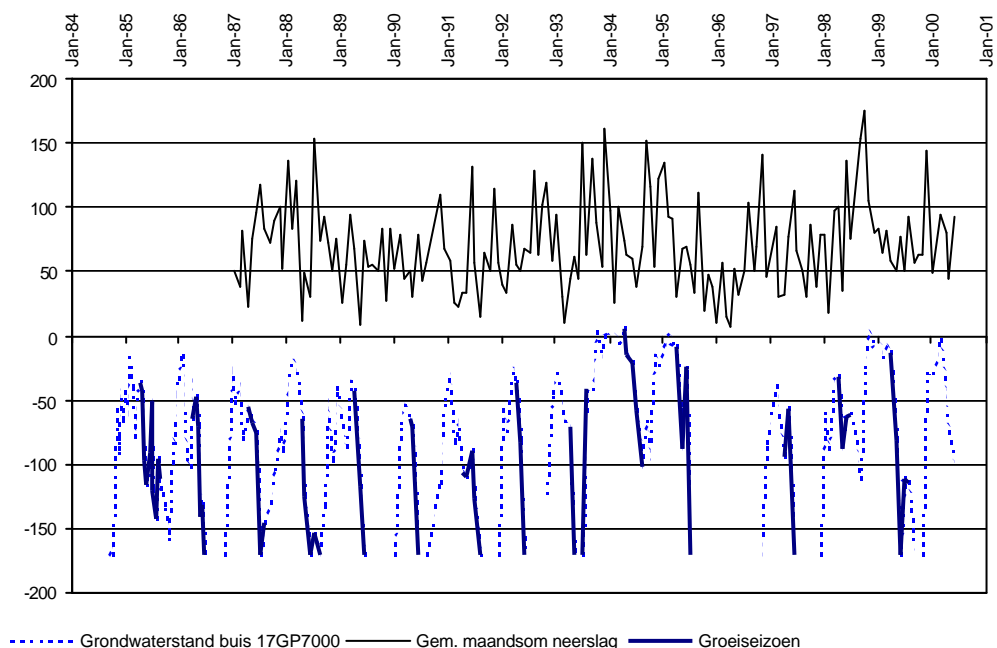
Naast de grondwaterfluctuatie is de diepte en zonering van het wortelstelsel van belang. Bij overstoven of verwerkte profiel kan een belangrijk deel van het wortelstelsel zich op grotere diepte bevinden. Bij verhoogde grondwaterstanden, die niet direct worden waargenomen als wateroverlast kunnen de diepere delen van het wortelstelsel worden aangetast.

Naast de hoogte van de grondwaterstand (deze kan niet gewijzigd zijn), speelt de duur van hoge grondwaterstanden een rol. Wortels kunnen kortstondige periode in het water overleven, maar sterven bij langdurige hoge grondwaterstanden af.

Bij een deel van opstanden kunnen door maatregelen in het kader van grondwater retentie de waterstanden zijn verhoogd of gedurende een langere periode op een reeds bestaand hoog peil blijven staan.

Ter illustratie van het bovenstaande is de grondwaterstandsfluctuatie in een opstand in de Boswachterij Gees weergegeven (nr. 51) waarin 2% recente sterfte en 26% totale sterfte is opgetreden (figuur 5). De grondwaterstandbuis ligt niet in de opstand, maar wel in dezelfde bodemkundige en hydrologische eenheid als de opstand. Tevens zijn in deze grafiek de gemiddelde neerslag gegevens van regionale weerstations in Nederland opgenomen. Uit de analyse van deze gegevens blijkt dat hoge neerslag in het najaar van 1993, 1994 en 1998 heeft geleid tot extreem hoge grondwaterstanden die tot in het groeiseizoen van de daarop volgende jaren hebben geduurd. De extreem natte periode wordt gevolgd door een tweetal extreem droge jaren, waarbij het grondwater wegzakt tot onder de keileem.

Opstanden met veel sterfte staan vrijwel steeds op grondwaterprofielen, vaak met stagnerende lagen.



Figuur 5 Grondwaterstand in cm -mv. in de tachtiger- en negentiger jaren in de Boswachterij Gees en de gemiddelde neerslag in mm per mnd. van alle regionale weerstations in Nederland

5 Resultaten van het vervolgonderzoek naar de eikenprachtkever

Om na te gaan of de mate van aantasting door de eikenprachtkever op de onderste 2 meter van de stam representatief is voor de aantasting van de gehele boom, zijn in juli 2000, 28 recent dode bomen op 10 verschillende locaties onderzocht op uitvliegaten onder en boven de 2 meter. Hiervoor zijn bomen genomen waarbij (bij controle van staande bomen) in 1999 geen uitvlieggaatjes onder de 2m zijn aangetroffen. De resultaten zijn vermeld in tabel 9.

Ondanks een eerste controle voordat de boom werd omgezaagd, werden bij de liggende bomen alsnog bij 5 van de 28 bomen uitvlieggaatjes onder de twee meter gevonden. Dus, bij 18% van de niet aangetast lijkende bomen werd alsnog een aantasting waargenomen. Bij 13 bomen (46%) werden alleen gaatjes boven de twee meter aangetroffen.

Totaal waren 18 bomen (64%) met gaatjes onder of boven twee meter. Dit betekent dat er rekening gehouden moet worden met een ernstige onderschatting van de eikenprachtkeveraantasting; bij de eerste steekproef in 1999 was er dus een onderschatting van 64%.

Daarbij moet ook nog eens bedacht worden dat alleen de mooie D-vormige eikenprachtkever-gaatjes zijn geteld en niet de twijfelachtige. Boktorgaatjes zijn dus nooit meegeteld maar waarschijnlijk zijn wel eikenprachtkevergaatjes als boktorgaatjes beschouwd. Dit betekent dat bij meer dan de helft (minimaal 64 %) van de bomen, waarbij bij de inventarisatie geen uitvlieggaatjes werden geconstateerd, toch eikenprachtkever kan voorkomen.

Uit de literatuur (Hartmann 1996) blijkt dat eikenopstanden met een goed ontwikkelde struiklaag minder worden aangetast. Beschaduwning van de stammen is kennelijk ongunstig voor de ontwikkeling van de larven. Een struiklaag biedt echter geen garantie.

Bij de inventarisatie in 1999 is de mate van aantasting door de eikenprachtkever sterk onderschat.

Tabel 9 Resultaten van het onderzoek naar uitvliegaten van de eikenprachtkever boven de 2 meter

Locatie	Leeftijd	dbh (cm)	Lengte (m)	Schaduw	n bomen	Dicht	n gaatjes onder 2 m	boven 2 m	Max. hoogte (cm)
1		29	15	1	7	5	0	1	420
1		30	20	1	13	4	1	0	nvt
1		30	17	1	8	3	0	13	1010
1		30	18	2	7	3	0	3	1200
2		39	20	2	7	4	4	60	1340
2		45	22	2	6	4	1	24	1680
2		39	23	2	11	3	0	33	1205
3	85	39	15	2	5	5	3	5	750
3	85	21	13	1	8	2	0	7	1050
4	76	32	15	1	12	2	0	5	650
5	74	29	18	1	23	3	0	0	nvt
5	74	28	18	1	21	2	0	13	665
5	74	29	15	1	17	3	0	2	775
5	74	25	18	1	12	3	0	5	870
5	74	19	18	3	14	2	0	0	nvt
6	30	15	16	1	nd	2	0	0	nvt
6	30	11	10	1	nd	2	0	0	nvt
7	74	21	12	1	15	2	0	0	nvt
7	74	29	11	1	15	2	0	0	nvt
8	77	34	21	1	9	5	0	3	850
8	77	23	17	1	6	5	0	1	1030
8	77	33	20	1	9	7	0	0	nvt
9	100	40	21	2	6	3	0	10	1240
9	100	55	25	3	8	2	0	6	980
10	51	15	11	1	16	2	0	0	nvt
10	51	15	10	1	8	2	0	0	nvt
10	51	19	11	1	13	1	2	10	630
10	51	14	12	1	8	2	0	0	nvt

locatie

1 = Veenhuizen 222.6 x 560.6

2 = Veenhuizen 224.2 x 559.8

3 = Mensingerbosch 571.3 x 224.8

4 = Drouwenezand (Gieten) opstand 15a

5 = Drouwenezand (Gieten) opstand 10

6 = Emmen; Oosterbos; opstand 307

7 = Emmen; Valtherbos; opstand 120/121

8 = Emmerdennen; opstand 16b

9 = Delden; Landgoed Twickel

10 = Delden; Landgoed Twickel

schaduw: 1 = weinig, 2 = redelijk, 3 = veel

nbomen = nbomen in een straal van 10 meter

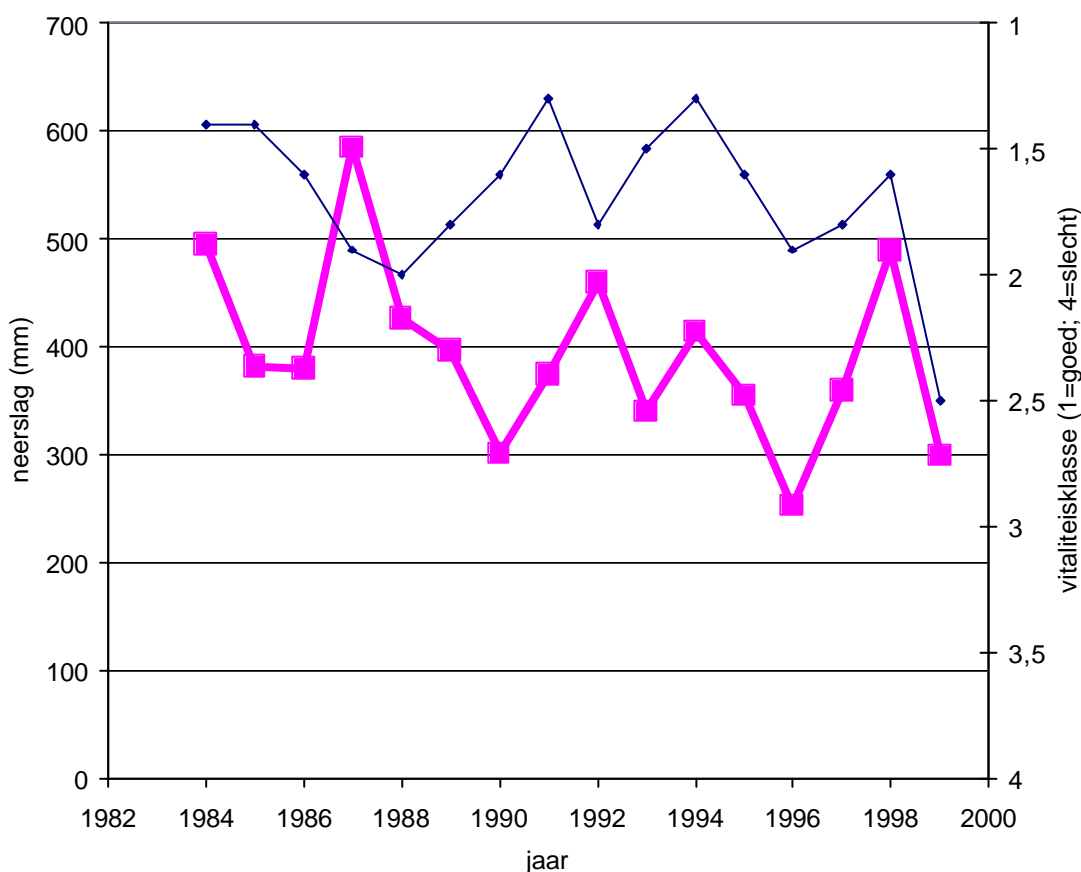
dicht = afstand tot de dichtstbijstaande boom

6 Resultaten van het vervolgonderzoek naar verband met weersomstandigheden

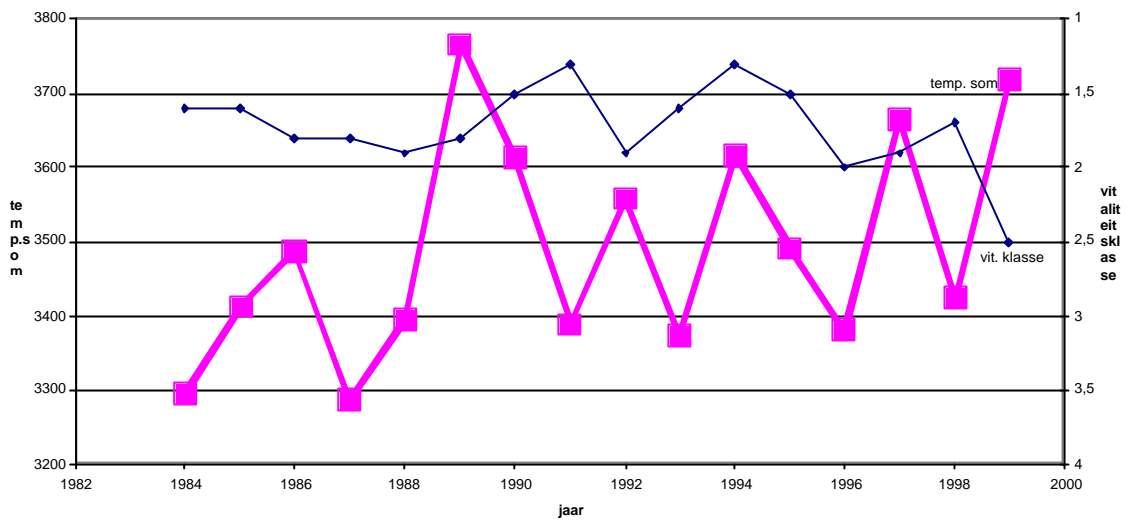
Het is niet onwaarschijnlijk dat de variatie in vitaliteit voor een deel met weersomstandigheden samenhangt. Om na te gaan of de trend in vitaliteit correspondeert met trends in weersomstandigheden is de gemiddelde vitaliteit (landelijk net) met de gemiddelde neerslag (totaal en in het groeiseizoen) en temperatuur uitgezet voor de periode 1984-2000 (zie figuren 6 en 7).

Uit figuren 6 en 7 blijkt dat er vooral de laatste 10 jaar een opvallende parallelliteit is tussen de neerslag en de vitaliteit. Wat dit betreft is er geen duidelijk verschil tussen droge en natte gronden.

Er lijkt de laatste 10 jaar een verband te bestaan tussen de neerslag en de vitaliteit van eiken.



Figuur 6 Vitaliteit en neerslag in het groeiseizoen op alle gronden

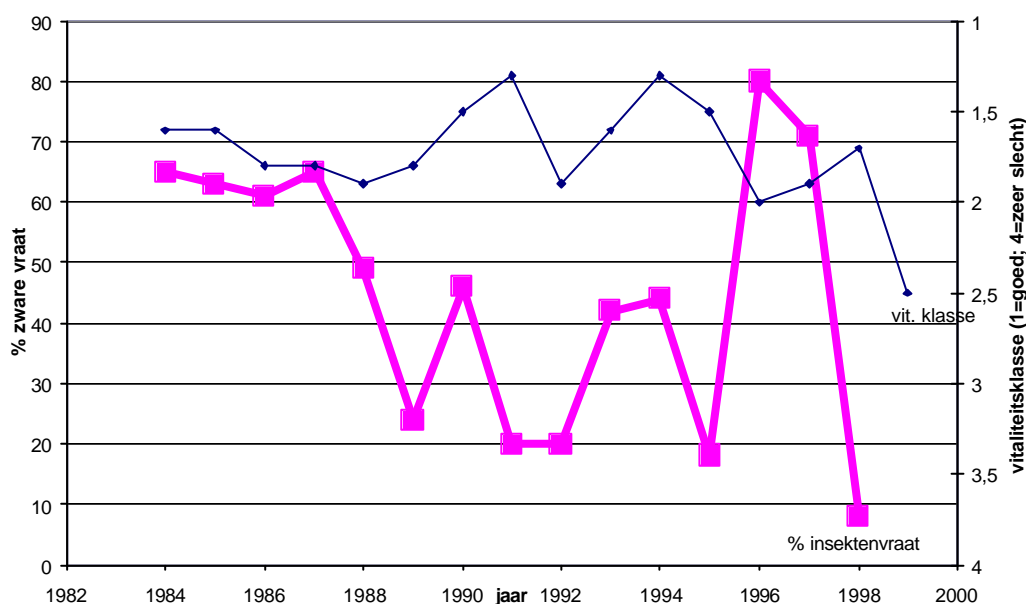


Figuur 7 Vitaliteit en temperatuursom

7 Resultaten van de literatuurstudie naar relaties tussen stikstofdepositie en insectenplagen op eik

Sinds medio de tachtiger jaren wordt in Europa een slechte vitaliteit en een overmatige sterfte bij eiken waargenomen. De problemen worden in verband gebracht met een reeks van stressfactoren: het samenvallen van herhaalde ontbladering ten gevolge van insectenplagen (*Operophtera brumata*, *Tortrix viridana* en *Lynantria dispar*) met klimaatextremen, zoals strenge vorst, late vorst of droogte.

Uit het landelijk vitaliteitsonderzoek blijkt dat er vanaf 1984 een golfbeweging in de vitaliteit van de zomereik (en ook de beuk) zit. In figuur 8 is de gemiddelde vitaliteit van zomereik vanaf 1984 uitgezet samen met het percentage meldingen van zware ontbladering door insecten. De zware vraat van 1996 en 1997 lijken zich duidelijk te vertalen in een vitaliteitsverslechtering in de jaren erna. Het is overigens niet duidelijk waarom de zware vraat van 1984-1988 niet heeft geresulteerd in een vitaliteitsverslechtering.



Figuur 8 Landelijk vitaliteitscijfer en percentage meldingen zware insectenvraat

Ook aantastingen door bepaalde bodemschimmels, *Collybia fusipes* en *Phytophthora spp.*, die wortelziekten veroorzaken, worden als verzwakkende factoren genoemd. Het relatieve belang daarvan kan van regio tot regio verschillen, daaromtrent bestaat trouwens in wetenschappelijke kringen nog geen eensgezindheid. Van bepaalde groeiplaatsfactoren, bijvoorbeeld een dunne of met tussenpozen uitdrogende bodem, wordt gedacht dat zij de kwetsbaarheid van eikenbestanden vergroten. Daarnaast worden in Europa de secundaire aantastingen van de eikenprachtkever, *Agrilus*

biguttatus, de honingzwam, *Armillaria mellea*, het ontbreken van aangepaste bosbouwkundige maatregelen en het beplanten van ongeschikte locaties, met de ongunstige vitaliteit en verhoogde mortaliteit in verband gebracht (BFH, 2000).

Ook luchtverontreiniging, met name een continue atmosferische stikstoftoevoer, wordt wel genoemd als een predisponerende factor. In deze literatuurstudie wordt nagegaan in hoeverre stikstofdepositie van invloed kan zijn op de ontwikkeling van insectenplagen op eiken.

Insectenplagen op eik

In Nederland worden periodiek grote plagen van de kleine wintervlinder, *Operophtera brumata* en de groene eikenbladroller, *Tortrix viridana*, in eiken waargenomen. De fases van de plaagpieken van de wintervlinder komen redelijk goed overeen met die van Duitsland en Zuid-Engeland (Altenkirch, 1990). Maar de amplitude van de pieken, met andere woorden de intensiteit van de plagen, lijken in Nederland de laatste decennia toe te nemen (Moraal, 1999). Hiervoor is geen verklaring voorhanden en men zou een verband met bijvoorbeeld een toename van N-depositie kunnen suggereren.

Stikstofdepositie in Nederland

In Europa is de stikstofdepositie het hoogste in Nederland. Van de totale depositie bestaat tweederde uit NH₃ en NH₄ (Van der Eerden et al., 1998).

In Nederland ontbreken experimentele gegevens over de invloed van stikstof op loofboomsoorten. Bij de zomereik en de Amerikaanse eik is wel een stimulerend effect van K- en Mg-bemesting op bladeren en groei gevonden in Zuidoost-Nederland. Dit is een duidelijke indicatie dat ook deze loofboomsoorten op voedselarme zandgronden zeer gevoelig zijn voor een verstoorde nutriëntenbalans ten gevolge van hoge NH_x-depositie (Bobbink & Lamers, 1999). Bij hoge beschikbaarheid van stikstof (met name van ammonium) zal op een gegeven moment meer stikstof in de boom terecht komen dan besteed kan worden aan nieuwe biomassa, waardoor de N-gehalten in naald of blad sterk gaan stijgen en supra-optimaal worden. Hierbij wordt stikstof vooral opgeslagen in de vorm van stikstofrijke aminozuren (vooral arginine), aangezien ammonium toxisch is in de plantencel. Verhoogde arginine-gehalten in naalden of bladeren zijn een betrouwbare indicator voor het optreden van een verstoorde nutriëntenbalans in bomen ten gevolge van te hoge NH_x-beschikbaarheid (div. auteurs in: Bobbink en Lamers, 1999).

Door de jarenlange atmosferische depositie van stikstof is de eventuele stikstof-limitatie van bosesystemen in ons land opgeheven. Bij een voortzetting van de verhoogde stikstofaanvoer in een stikstofverzadigd ecosysteem kunnen negatieve verschijnselen gaan optreden. Samen met nitraat spoelen essentiële voedingsstoffen (K en Mg) weg, hetgeen tot verstoring van de mineralenbalans in de bodem leidt, met gebrekverschijnselen tot gevolg. Ook kunnen aluminiumoxiden in oplossing gaan. Deze verschijnselen kunnen een vermindering van de boomvitaliteit tot gevolg hebben.

Stikstofdepositie en insectenplagen

In het verleden werd het optreden van insectenplagen in bossen soms in verband gebracht met luchtverontreiniging. Het ging vaak om waarnemingen in industriële gebieden in Oost-Europese landen met hoge concentraties van een mix van diverse gasvormige stikstofverbindingen en andere componenten.

In Polen werd toenemende vraat door de groene eikenbladroller, *Tortrix viridana* en de kleine wintervlinder, *Operophtera brumata*, waargenomen, vooral in industriegebieden met veel uitstoot van ondermeer stikstofdioxide (Sierpinski, 1979, In: Huttunen, 1984).

Eveneens in Polen werd het effect van luchtverontreiniging op de ontwikkeling van bovengenoemde insecten nader onderzocht. Op verschillende afstanden van een vervuilingsbron, een hoogoven, werd eikenblad verzameld waarmee de rupsen werden gevoed. De ijzer- en loodconcentratie in het blad en de pH van de bodem namen af met toenemende afstanden van de hoogoven. De precieze samenstelling van de vervuilende stoffen in de atmosfeer werd echter niet bepaald. De resultaten suggereren dat een stijging van de bladkwaliteit (verhoudingen van monosacchariden / tanninen en stikstof / tanninen) de larvale ontwikkeling verkort en tot zwaardere poppen leidt van de wintervlinder. Maar het omgekeerde lijkt te gelden voor de groene eikenbladroller, een harde relatie tussen de vervuilende stof en de plagen werd niet gegeven (Witkowski et al., 1992). Het meeste onderzoek werd gebaseerd op correlatieve waarnemingen en niet om experimenteel onderzoek (diverse auteurs in: Smith, 1981 en Treshow, 1984).

Stikstofbemesting en insectenplagen

Er is er veel onderzoek verricht naar de invloed van bemestingen op populaties van schadelijke bosinsecten. Uit een literatuurstudie van Schuring (1982) blijkt dat met name stikstofbemestingen een grote invloed hebben. Het maakt in dit verband niet veel uit of de bemesting wordt gegeven in minerale of organische vorm. Ook de wijze van toediening, grond- of bladbemesting, lijkt niet veel invloed te hebben op de uiteindelijke resultaten. De aard van de meststoffen en de vorm waarin zij worden toegediend zijn echter wel belangrijk. Zo zal men van een meststof die gemakkelijk door een boom wordt opgenomen, eerder een effect mogen verwachten dan van een langzamer werkende stof. In hun reactie zijn de insecten min of meer in twee groepen te verdelen. Vretende insecten zoals rupsen worden door een stikstofgift vaak in hun ontwikkeling benadeeld terwijl zuigende insecten zoals cicaden en luizen gunstig beïnvloed worden. Over de werkingsduur van een bemesting op de insecten is weinig bekend. Deze is afhankelijk van vele, meest bodemkundige factoren, en kan enige jaren bedragen (Schuring, 1982).

Van verschillende kanten is verondersteld dat insectenplagen bij bomen gestimuleerd zouden worden door een verhoogde N-depositie, aangezien bladeren of naalden dan voedzamer (meer eiwitten) en beter verteerbaar zouden worden. Daarnaast stimuleert stikstof de groei van plantendelen en niet de productie van afweerstoffen zoals fenolen, althans bij beuk. Zo daalde de hoeveelheid fenolen in beukenblad met meer dan 30% als de bomen in proefvelden behandeld werden met ongeveer 60 kg N ha-

1jr-1 (Balsberg Pahlsson, 1992 in: Bobbink & Lamers, 1999). In een ander experiment bleek dat de beukenbladluis, *Phyllaphis fagi* (een zuigend insect) positief beïnvloed werd door een stikstofbemesting (Flückiger & Braun, 1998.). Voor een ander insect zoals de beukenspringkever, *Rhynchaenus fagi* (een bladvreterend insect), ligt de zaak gecompliceerder. Bij N-bemestingen met ammonium of nitraat bleek dat nitraat een significant positief effect op het aantal bladmijnen had, terwijl ammonium een positief effect had op het gewicht van dit insect (Port et al., 1995).

In een buitenproef met 2-jarige opgepotte zomereiken en wintereiken werd deze gedurende twee maanden onderworpen aan droogte en aan stikstofbemestingen. Hierbij werd een normale en een excessieve stikstofbemesting toegepast. In september werden de bladeren onderzocht op secundaire plantenstoffen: vaatremmende fenolen en tannines. Daarnaast werden ook de eiwitten gemeten. Er werden slechts zwakke correlaties gevonden tussen de N-concentraties en de secundaire plantenstoffen in het blad. Het sterkste effect werd waargenomen bij de combinatie stikstofovermaat en droogtestress die een sterke verlaging van tannines en eiwitten veroorzaakte bij zomereik maar niet bij wintereik. Hiermee werd de hypothese geformuleerd dat een hoog N-gehalte in het blad, zomereiken gevoeliger kunnen maken voor zware insectenvraat als er tevens droogtestress optreedt (Thomas & Schafellner, 1999). Maar deze hypothese is niet getoetst.

Stikstof en bodemschimmels

Eikensterfte werd eerst ook wel toegeschreven aan het optreden van vaatverstoppende schimmels zoals *Ceratocystis* en *Ophiostoma*-soorten. Uit later onderzoek is echter gebleken dat deze schimmels niet verantwoordelijk waren voor de sterfte (diverse auteurs in: Jung, 1998). In verschillende Europese landen is vastgesteld dat bij veel eiken de haarwortels en secundaire wortels zijn aangetast of afgestorven. De vorming van nieuw blad na herhaalde aantastingen door bladvreterende insecten hebben de bomen veel energie gekost. Dit is mogelijk ten koste gegaan van de vorming van nieuwe haarwortels. Deze kunnen gevoelig geworden zijn voor bodemschimmels zoals *Phytophthora spp.*, die de haarwortels geïnfecteerd hebben. Deze bodemschimmels kunnen zich juist op vochtige en vernatte groeiplaatsen uitbreiden. De pas sinds kort onderkende *Phytophthora*-schimmels worden er in Midden-Europa van verdacht een belangrijke rol bij de eikensterfte te spelen. Hierbij zou een relatie met N-depositie mogelijk zijn, omdat een eenzijdig stikstofaanbod de vorming van mycorrhiza's aan de haarwortels zou remmen. Hierdoor valt een effectieve mechanische en biochemische barrière tegen de *Phytophthora*-schimmels weg, waardoor de eiken verder verzwakken en gevoelig worden voor de eikenprachtkever (diverse auteurs in: Jung, 1998). De *Phytophthora*-schimmels zijn weliswaar op kalkrijke groeiplaatsen in Zuid-Duitsland gevonden, maar niet in Noord-Duitsland, dit mogelijk ten gevolge van de lage pH-waarden aldaar (Hartmann & Blank, 1998). Voorzover bekend is het voorkomen van *Phytophthora spp.* in de Nederlands bossen nooit onderzocht, maar uit het voorgaande blijkt dat de condities voor deze aantasting in Nederland niet erg gunstig zijn.

Verschillen tussen N-bemesting en N-depositie

Atmosferische stikstofdepositie (NO_x en NH_y) kan de werking hebben van plantenmeststof. En uit de bemestingsleer is bekend dat stikstofgiften een belangrijk effect op het metabolisme van de plant hebben. De N-depositie kan de insectenfauna dus beïnvloeden door veranderingen die optreden in de kwaliteit van de voedselplant. Er zijn in het verleden heel veel onderzoeken met bemestingsgiften van stikstof uitgevoerd maar die zijn niet vergelijkbaar met de effecten van atmosferische stikstofdepositie:

1. De stikstofverbindingen zijn chemisch niet vergelijkbaar; in bemestingsproeven wordt bijna nooit alleen puur stikstof gebruikt.
2. De concentraties zijn niet vergelijkbaar
3. Atmosferische stikstofbelasting is continu terwijl stikstofbemesting incidenteel worden uitgevoerd.
4. Eenzijdige minerale voeding, zoals met stikstofdepositie wordt bereikt, leidt tot een gebrek aan bijna alles, behalve aan stikstof.

Andere indirecte effecten

Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor een directe relatie tussen zure depositie en bodemverzuring en aantastingen door de Amerikaanse eikenprachtkever, *Agilus bilineatus* (Leblanc, 1998). Maar er kunnen wel andere indirecte effecten zijn.

Om het verhoogde aanbod van NH_x voor de assimilatie te kunnen gebruiken moet door de plant ook meer CO₂ worden opgenomen. Dat verlangt een grotere opening van de huidmondjes maar daardoor treedt er een hogere verdamping op. Daarnaast stimuleert NH_x vooral de bladgroei en in mindere mate de groei van haarwortels. Daardoor kan de waterleverantie in een droogteperiode gemakkelijk ontoereikend worden (Ortloff & Schlaepfer, 1996). Het is dus niet onmogelijk dat bomen op deze wijze gevoelig kunnen worden voor bepaalde secundaire aantasters zoals de eikenprachtkever.

Discussie

Er is veel literatuur over de relatie tussen luchtverontreiniging en insectenplagen. Maar bijna alle waarnemingen zijn veldobservaties die retrospectief zijn. De beschreven relaties zijn meer correlatief dan causaal. Hierbij doemen een aantal problemen op. Het gaat in gebieden met luchtverontreiniging vaak om een mix van verontreinigingen zoals CO₂, NH_x, NO_x, SO_x en O₃. Deze verschillende componenten hebben elk potentieel verschillend biotische effecten (Smith, 1981, Treshow, 1984). De afzonderlijke effecten zijn meestal niet eens bekend, laat staan de combinaties hiervan (Alstad et al., 1982). Er is wel veel experimenteel onderzoek gedaan naar de effecten op landbouwgewassen (Dohmen, 1988; Heliövaara & Väisänen, 1993). Er is echter opvallend weinig experimenteel onderzoek verricht naar luchtverontreiniging in relatie met insectenplagen op bomen.

De potentiële effecten van excessieve stikstof-input in bosesystemen zijn complex omdat stikstof door de plant voor verschillende functies gebruikt wordt: zowel voor hoogwaardige voedingsstoffen alsook voor giftige vrattremmers. Verder kunnen

hoge stikstofgehaltenes verschillende effecten hebben op de verschillende insectengroepen (Skeffington & Wilson, 1988).

Conclusie

Stikstof is een zeer belangrijke component voor de vorming van planteneiwit en daarmee bestaat een positieve samenhang met de voedselkwaliteit voor insecten. Daarom zou verwacht kunnen worden dat insectenlagen in ons land toenemen, omdat ons land een relatief hoge stikstofdepositie kent. Aan de andere kant is stikstof ook een belangrijk element voor de vorming van afweerstoffen zoals fenolen en tannines. Het is dus moeilijk in te schatten hoe de gevoeligheid van planten door verhoogde N-depositie beïnvloed wordt (Ortloff & Schlaepfer, 1996).

Er blijkt te weinig informatie beschikbaar te zijn om algemene conclusies met betrekking tot stikstofdepositie in relatie met insectenplagen op eiken te trekken.

Literatuur

Alstad, D.N., G.F. Edmunds & L.H. Weinstein. 1982. Effects of air pollutants on insect populations. *Ann. Rev. Entomol.* 27: 369-384.

Altenkirch, W., 1990. Zyklische Fluktuationen beim kleinen Frostspanner (*Operophtera brumata* L.). *Allg. Forst- u. J.Ztg.* 162 (1): 2-7.

Bobbink, R. & L.P.M. Lamers. 1999. Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties: een overzicht. Rapport Technische Commissie Bodembescherming R13. Den Haag. 77 pp.

BFH, 2000. De toestand van de bossen in Europa: Syntheserapport 1999. Europese Commissie & Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH).

Dohmen, G.P., 1988. indirect effects of air pollutants: changes in plant/parasite interactions. *Environmental Pollution* 53: 197-207.

Eerden, L. van der, W. de Vries & H. van Dobben. 1998. Effects of ammonia deposition on forests in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 32 (3): 525-532.

Flückiger, W. & S. Braun, 1998. Nitrogen deposition in Swiss forests and its possible relevance for leaf nutrient status, parasite attacks and soil acidification. *Environmental Pollution* 102: 69-76.

Hartmann, G. & R. Blank. 1998. Aktuelles Eichensterben in Niedersachsen - Ursachen und Gegenmassnahmen. *Forst und Holz* 53: 733-735.

Heliövaara, K. & R. Väisänen. 1993. *Insects and pollution*. CRC Press, Boca Raton. 393 pp.

- Huttunen, S., 1984. Interactions of disease and other stress factors with atmospheric pollution. In: (M. Treshow, ed.) Air pollution and plant life. Wiley and sons, Chicester. p.321-356.
- Jung, T., 1998. Die Phytophthora-erkrankung der europäischen Eichenarten. Lincom Studien zur Forstwissenschaft nr. 02, München. 138 pp.
- Leblanc, D.C., 1998. Interactive effects of acidic deposition, drought and insect attack on oak populations in the midwestern United States. Can. J. For. Res. 28: 1184-1197.
- Moraal, L.G., 1999. Insectenplagen op bomen en struiken in 1998: in bossen, natuurgebieden en wegbeplantingen. Nederlands Bosbouw tijdschrift 71 (3): 138-143.
- Ortloff, W. & R. Schlaepfer. 1996. Stickstoff und Waldschäden: eine Literaturübersicht. Allg. Forst- u. J.-Ztg 167 (9/10): 184-201.
- Port, G.R., K. Barrett, E. Okello & A. Davison. 1995. Gaseous air pollutants: can we identify critical loads for insects ? In: R. Harrington & N.E. Stork (eds). Insects in a changing environment. Academic Press, London. p. 441-453.
- Schuring, W., 1982. De invloed van bemestingen op de ontwikkeling van schadelijke bosinsecten: een literatuurstudie. Dorschkamp-rapport nr. 304. 79 pp.
- Skeffington, R.A. & E.J. Wilson. 1988. Excess nitrogen deposition: issues for consideration. Environmental Pollution 54: 159-184.
- Smith, W.H., 1981. Forest stress: influence of air pollutants on phytophagous insects. p. 228-240. In: Air pollution and forests - interactions between air contaminants and forest ecosystems. Springer Verlag, New York.
- Thomas, F.M. & C. Schafellner. 1999. Effects of excess nitrogen and drought on the foliar concentrations of allelochemicals in young oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). Journal of Applied Botany 73 (5/6): 222-227.
- Treshow, M., 1984. Air pollution and plant life. Wiley & sons, Chicester. Watt, A.D., J.D. Whittaker, M. Docherty, G. Brooks, E. Lindsay & D.T. Salt. The impact of elevated atmospheric CO₂ on insect herbivores. In: R. Harrington & N.E. Stork (eds). Insects in a changing environment. Academic Press, London. p. 198-215.
- Witkowski, Z., J. Grzybek & P. Plonka. 1992. Effect of air pollution on the oak leaf biochemistry and herbivorous insect abundance in the Niepolomice forest. Ekológia 11 (1): 59-77.

8 Conclusies

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

1. De sterfte van eiken is een langzaam voortschrijdend proces dat al sinds 1983 aan de gang is. De jaarlijkse sterfte bedraagt meestal niet meer dan 0.5-1 % van het stamtal. Gemiddeld is de jaarlijkse sterfte laag (0-0.5 %), maar cumulatief over meerdere jaren is de sterfte in een kwart van de opstanden hoog (> 10 %), in enkele opstanden zeer hoog (> 20 %). De meeste dode bomen zijn al langer dood dan ca. 2 jaar.
2. Op de locaties waar hoge sterftepercentages zijn vastgesteld, hangen deze vooral samen met ongunstige factoren in de waterhuishouding (grote schommelingen in grondwaterstand, storende lagen in het bodemprofiel, terreindepressies e.d.), waardoor vernatting en/of verdroging is opgetreden.
3. De eikenprachtkever (*Agrilus biguttatus*) is een fenomeen van de laatste paar jaar. Hij wordt voornamelijk op recent dode bomen gevonden. Dit insect, waarvan de larven gangen maken onder de schors, kan verzwakte bomen versneld doen afsterven. Mogelijk heeft het insect plaatselijk extra sterfte veroorzaakt.
4. De honingzwam (*Armillaria* spp.) wordt op veel dode bomen gevonden, maar de bijdrage aan de sterfte wordt niet groot geacht, omdat het op armere, zure gronden vrijwel altijd om de niet-pathogene soorten gaat.
5. Nog veel (gemiddeld 10 %) bomen vertonen een slechte vitaliteit. Daarom kan worden verwacht dat er in de komende jaren plaatselijk nog veel bomen dood zullen gaan.
6. In de literatuur blijkt te weinig betrouwbare informatie aanwezig te zijn om conclusies te trekken over verbanden tussen stikstofdepositie en insectenplagen bij eik.
7. Voor een volledige verklaring van de variatie in sterftepercentage is van de onderzochte opstanden te weinig bekend. Zo ontbreken de cijfers over de mate van kaalvraat door insecten (in 1996 en 1997 trad uitzonderlijk zware vraat op). Daarnaast kunnen er nog andere factoren een rol spelen zoals bijvoorbeeld de stikstofdepositie en bodemverzuring, die via wortelsterfte de droogtegevoeligheid van eiken beïnvloeden. Ook kunnen wortelparasitaire schimmels zoals *Phytophthora*, waarvoor men in andere landen aanwijzingen heeft gevonden, een rol spelen.

9 Richtlijnen voor het beheer

Met betrekking tot de eikenprachtkever zijn voor Nederland in 1999 beheersrichtlijnen gepubliceerd (Nijland 1999). Deze kunnen in principe worden gehandhaafd.

In Duitsland hebben de inzichten geleid tot een verfijning, die hieronder wordt besproken.

Het verdient aanbeveling de eiken zoveel mogelijk in gesloten ongestoorde opstanden te laten opgroeien. Het plotseling vrijstellen van bomen kan de prachtkever namelijk in de kaart spelen (Wachtendorf 1955).

Verder is in de praktijk gebleken dat eikenopstanden met een goed ontwikkelde struiklaag, minder worden aangetast. Beschaduwning van de eikenstammen is kennelijk ongunstig voor de ontwikkeling van de larven (Hartmann 1996). Een ondergroei met andere houtsoorten biedt echter geen garantie omdat de eikenprachtkever ook hoog in de stam kan worden aangetroffen (Hartmann, mond. med.).

De eikenprachtkever is in staat om verzwakte eiken te doden. In die gevallen waar het voortbestaan van eiken gewenst is, zouden volgens Hartmann (1996) boshygiënische maatregelen kunnen worden uitgevoerd. Door prachtkevers zwaar aangetaste stammen zouden dan uit de opstand moeten worden verwijderd. Aanwijzingen voor een zware aantasting: meer dan 60% bladverlies vaak met vergeling van het restblad, verlies van twijgen, dode takken boven in de kroon, veel plekken met afgestorven bast aan de zuidzijde van de stam met veel larven onder de bast. Een plotselinge sterfte in de zomer wijst ook op een zware aantasting (Hartmann & Kontzog 1994).

Het verwijderen van de stammen zou voor juni moeten gebeuren, dus voordat de nieuwe kevergeneratie uitvliegt en verzwakte bomen in de nabije omgeving aantast. Al het takmateriaal kan blijven liggen omdat dit nauwelijks door prachtkevers wordt benut. In takken broedende insecten zoals de eikenspintkever, *Scolytus intricatus*, spelen geen rol bij eikensterfte (Hartmann & Kontzog 1994).

Het afsterven of overleven van verzwakte eiken hangt vooral samen met het al dan niet optreden van de eikenprachtkever. Daarom is volgens Hartmann en Kontzog (1994) met het reduceren van de keverpopulatie, door het verwijderen van stammen met een hoge bezetting aan larven, een vermindering van eikensterfte te verwachten. Dit is overigens niet bewezen.

Bovendien moet bedacht worden dat het tijdig verwijderen van alle door de kevers aangetaste bomen, economisch gezien, nauwelijks realistisch is te noemen. Daar komt bij dat ook eiken met intacte kronen al door de kevers kunnen zijn aangetast, terwijl dit uitwendig nog niet zichtbaar is.

Gezond uitziende bomen met slijmuittrekking bij de bastnecroses hoeven al helemaal niet te worden verwijderd omdat slijmuittrekking wijst op een afweerreactie van vitale bomen waarin de larven zich toch niet volledig kunnen ontwikkelen. Wel kunnen deze bomen verder verzwakken en daarom moeten ze in de gaten worden gehouden: ze kunnen namelijk nogmaals door de kever worden aangetast (Altenkirch & Hartmann 1995).

Bomen die in het najaar al een jaar of nog langer dood zijn, hoeven in het geheel niet te worden verwijderd omdat de meeste kevers dan al zijn uitgevlogen. Dit is te zien aan de talrijke typische halfcirkelvormige uitvlieggaatjes. Deze bomen vertonen vaak veel sporen van spechtenactiviteit. Verder kan men onder de bast vaak boktorlarven en het mycelium van honingzwammen, *Armillaria spp.*, aantreffen. Deze dode bomen kunnen een waardevolle bijdrage leveren aan de ontwikkeling van fauna die aan dood hout is gebonden (Hartmann & Kontzog 1994).

Voor het Nederlandse bosbeheer zijn de volgende zaken van belang:

Dunning

Bij dunning moet onderscheid worden gemaakt in gezonde opstanden, aangetaste opstanden en opstanden met veel sterfte.

Min of meer gezonde opstanden kunnen gewoon worden gedund mits er geen door eikenprachtkever aangetaste opstanden in de directe omgeving zijn. Zijn die er wel dan is het raadzaam slechts lichte dunningen uit te voeren om de eikenprachtkever zo weinig mogelijk kans voor uitbreiding te geven.

In opstanden met nog niet al te veel sterfte en niet al te veel bomen met een slechte vitaliteit moet de nodige terughoudendheid worden betracht met dunning. In gezonde delen van de opstand kan licht worden gedund. In de aangetaste delen kan beter niet worden om te voorkomen dat er gaten ontstaan, waardoor eikenprachtkever meer kans kan krijgen. Doordat de meeste sterfte boomgewijs en niet groepsgewijs optreedt is dunning niet nodig.

Voor opstanden waarin door sterfte reeds grote gaten zijn gevallen kan het beste een verjongingsplan worden opgesteld (natuurlijke verjonging, bijplanten met soorten afhankelijk van groeiplaats).

In alle gevallen moet het blespen in augustus/september worden uitgevoerd. Dan zijn de bomen hersteld van een eventuele bladvreterij door de groene eikenbladroller of de kleine en de grote wintervlinder en kan de vitaliteit van de bomen beter beoordeeld worden.

Verjonging

Op de plekken met veel sterfte is het zaak een inschatting te maken welk aandeel de eik in de volgende generatie zou moeten hebben. Op veel plaatsen is de eik nu in een veel hoger percentage aanwezig dan in een natuurlijke bossamenstelling het geval zou zijn. De vraag is dan met welke boomsoorten wel teruggekomen kan worden.

De soorten die in aanmerking komen op de arme groeiplaatsen met Gt III en V zijn: zachte berk, zwarte els en grove den, op de matig rijke groeiplaatsen beuk, zwarte els, en de rijke groeiplaatsen beuk, haagbeuk en linde.

Afhankelijk van het zaadaanbod uit de omgeving en de wilddruk zal een deel via natuurlijke verjonging tot stand kunnen komen. In veel gevallen zal hiervoor moeten worden afgerasterd. In andere gevallen zal moeten worden (bij)geplant.

Waterhuishouding

Uit het onderzoek zijn sterke aanwijzingen gekomen dat de gezondheidsverslechtering van de eiken samenhangt met verdroging of juist vernatting. Zowel verdroging als vernatting kan op een natuurlijke wijze, door klimatologische factoren in samenhang met bodemfactoren, optreden. Daarnaast treedt er, door wateronttrekking, landelijk verdroging op. Daarom wordt de laatste jaren op veel plaatsen een op natuurherstel gericht beleid gevoerd. Sommige beheerders houden het water met stuwtejes in het bos vast. Op andere plaatsen worden de rabatten niet meer onderhouden waardoor de geulen dichtslibben en de waterhuishouding verandert. Inmiddels is uit praktijkgevallen bekend dat zelfs kleine veranderingen grote gevolgen kunnen hebben. Dit bleek bijvoorbeeld in de boswachterij Gees, waar een kleine verandering grootschalige bossterfte tot gevolg had.

Op gronden met een grondwaterprofiel (profiel waarin boomwortels constant in contact staan met het grondwater) is het dus zaak na te gaan of er de laatste decennia veranderingen van de waterhuishouding zijn opgetreden. Indien dit het geval is, en het aanemelijk is dat dit ook een oorzaak is voor verzwakking en sterfte van de eiken dan kan worden nagegaan of deze te corrigeren zijn (bijv. het schonen van sloten en greppels).

Bij opzettelijke vernatting is het belangrijk deze langzaam door te voeren (liever over 10-20 jaar dan over 5 jaar) tenzij men bossterfte accepteert.

Literatuur

Altenkirch, W. & G. Hartmann 1995. Waldschutzsituation 1994/95 in Nordwestdeutschland. Forst und Holz 50, 8: 27-233.

Hackett, D.S. 1995. *Agrilus pannonicus* (Pill & Mitt.) (Col., Buprestidae) currently widespread in London. Entomologist's Monthly Magazine 131: 166.

Hartmann, G. & H.G. Kontzog 1994. Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in vom 'Eichensterben' geschädigten Beständen. Forst und Holz 49, 8: 216-217.

Hartmann, G. 1996. Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland: Versuch einer bisherige Befunde. zie pag. 125-151 in: Wulf & Kehr, 1996.

Hartmann, G. & R. Blank. 1998. Aktuelles Eichensterben in Niedersachsen - Ursachen und Gegenmassnahmen. Forst und Holz 53 (24): 733-735.

Jung, T., 1998. Die Phytophthora-erkrankung der europäischen Eichenarten. Lincom Studien zur Forstwissenschaft nr. 02, München. 138 pp.

Kam, M. de, B.C. van Dam, C.M. Versteegen & C.C.G. van Doorn. 1990. De rol van pathogene schimmels bij het afsterven van zomereik in Nederland. Dorschkamp-rapport 578. Wageningen. 38 pp.

Moraal, L. 1997. De eikenprachtkever. IBN-Rapport 320. Wageningen

Moraal, L.G., 1998. Eikensterfte en de eikenprachtkever. Bosbouwvoorlichting 37 (2): 34-38.

Moraal, L.G., 1999. Insectenplagen op bomen en struiken in 1998: in bossen, natuurgebieden en wegbeplantingen. Nederlands Bosbouw tijdschrift 71 (3): 138-143.

Natuurmonumenten 1999. Vitaliteitsonderzoek Natuurmonumenten. Afdeling Onderzoek & Beheerplannen rapport nr 1999/23.

Nijland, G.J. 1999. Eikenprachtkever en beheersmaatregelen. Een voorlopig praktijkadvies. Vakblad Natuurbeheer 1: 11-13

Oosterbaan, A.; Borgesius, J.J. Sterfte bij zomereik 1984/1985. Rapport 'De Dorschkamp', nr. 464, 1986. 45 p.

Oosterbaan, A.; Berg, C. van den. De vitaliteit van eiken in Nederland. Bosbouwvoorlichting 1989, 28 (9): 125.

Oosterbaan, A.. Eikensterfte in Europa. *Bosbouwvoorlichting* 1989, 28 (9): 130.

Oosterbaan, A.; Nabuurs, G.J.; Maas, G.J.. Een onderzoek naar verbanden tussen sterfte in zomereikenopstanden in Nederland en de grondwatertrap. Rapport De Dorschkamp Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer, Wageningen, nr. 601, 1990. 61 p.

Kesteren, H. van en A. Oosterbaan. Gezondheidsproblemen van eik in Europa. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 1993, 65 (4): 4197

Wachtendorf, W. 1955. Beiträge zur Kenntnis der Eichenprachtkäfer, *Agrilus biguttatus* Fabr. Und *Coraebus undatus* Fabr. (Col., Bupr.). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 37: 327-339.

Wulf, A. & R. Kehr (eds). 1996. Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Heft 318. Parey Buchverlag, Berlin. 157 pp.

Bijlage 1 De belangrijkste opnameresultaten

nr	x-coord.	y-coord.	leeftijd	bodem	vegetatie	Gt	recente sterfte	totale sterfte	perc. met honingzw.	recent dood met eikenpr.k.
1	80	397	59	Droog arm zand	3	6	8	11	6	4
2	65	430	99	Droog rijk zand	4	7	0	0	0	0
3	64	435	55	nat rijk zand	1	4	0	0	0	0
4	35	401	36	nat rijk zand	1	4	0	0	0	0
5	191	407	44	nat arm zand	1	4	0	9	3	0
6	202	321	124	droge zavel of lichte klei	1	6	0	2	2	0
7	203	348	62	droog arm zand	1	8	0	0	0	0
8	198	330	59	nat rijk zand	1	5	0	0	0	0
9	198	331	80	droog rijk zand	1	7	0	4	0	0
10	207	354	62	droog arm zand	5	7	0	0	0	0
11	199	412	45	droog arm zand	1	8	0	4	3	0
12	192	418	80	droge zavel of lichte klei	1	8	0	0	0	0
13	188	422	56	droog arm zand	1	8	0	0	0	0
14	224	504	90	droog arm zand	2	6	4	14	2	2
15	224	503	91	droog arm zand	5	6	1	5	4	0
16	235	509	73	droog arm zand	3	6	0	1	1	0
17	234	523	50	droog arm zand	5	6	0	7	4	0
18	247	476	61	droog arm zand	3	6	8	13	1	3
19	226	461	70	droog arm zand	5	7	0	1	0	0
20	224	470	49	nat rijk zand	5	5	0	1	0	0
21	164	386	60	natte zavel of lichte klei	3	3	3	10	4	0
22	174	359	44	droog arm zand	5	7	0	0	0	0
23	172	372	54	nat veen	6	2	0	12	1	0
24	98	481	49	droog rijk zand	5	6	0	0	0	0

25	*	*	55	droge zavel of lichte klei	4	6	2	3	2	0
26	*	*	61	droge zavel of lichte klei	5	6	0	4	0	0
27	*	*	52	droge zavel of lichte klei	4	6	0	1	1	0
28	139	404	79	natte zavel of lichte klei	3	5	0	1	1	0
29	138	409	50	droog arm zand	5	7	2	2	1	2
30	174	430	95	natte zavel of lichte klei	1	3	0	7	5	0
31	174	430	55	droge zavel of lichte klei	1	7	0	0	0	0
32	146	450	110	zware klei	1	2	2	3	3	2
33	151	448	100	natte zavel of lichte klei	3	3	0	0	0	0
34	156	448	89	droog arm zand	5	7	2	6	2	1
35	191	521	52	droge zavel of lichte klei	5	6	0	3	3	0
36	190	521	47	natte zavel of lichte klei	5	5	0	1	1	0
37	181	534	46	droog arm zand	4	6	0	3	3	0
38	182	535	51	droge zavel of lichte klei	4	6	0	4	3	0
39	224	560	89	nat veen	3	5	6	19	7	4
40	23	561	89	nat veen	2	5	2	25	25	1
41	223	564	81	droog veen	3	6	3	11	9	2
42	224	560	81	droog veen	2	6	0	5	2	0
43	222	547	96	droog arm zand	3	6	0	2	1	0
44	215	434	34	droog arm zand	5	7	0	0	0	0
45	211	432	122	droog arm zand	3	7	1	7	7	1
46	223	555	85	nat veen	1	5	0	7	7	0
47	223	554	76	droog veen	1	6	1	23	6	0
48	223	565	83	nat veen	3	3	1	4	0	0
49	231	529	44	nat arm zand	3	3	0	4	3	0
50	239	531	74	nat rijk zand	3	5	2	13	11	1
51	241	531	72	droog rijk zand	5	7	2	26	24	0
52	255	532	75	droog arm zand	5	8	0	6	0	0

53	185	472	110	droog arm zand	6	7	2	7	1	0
54	177	467	62	droog arm zand	2	7	0	8	0	0
55	159	452	82	nat rijk zand	3	3	0	0	0	0
56	172	472	71	droog arm zand	3	7	0	0	0	0
57	204	455	74	nat rijk zand	1	3	2	27	13	0
58	217	456	92	nat rijk zand	1	3	3	17	7	1
59	189	471	100	wintereik	3	7	0	4	1	0
60	188	310	53	wintereik	1	6	0	0	0	0
61	197	308	44	wintereik	3	6	0	0	0	0
62	196	310	54	zware klei	3	6	1	13	8	0
63	194	310	77	wintereik	3	6	0	0	0	0
64	*	*	44	wintereik	1	6	0	4	4	0
65	*	*	50	droge zavel of lichte klei	3	6	0	0	0	0
66	196	309	52	wintereik	3	6	2	13	11	0
67	132	548	52	droog veen	1	6	0	0	0	0
68	130	546	52	droog arm zand	5	6	0	1	1	0
69	165	541	74	nat arm zand	3	5	1	4	4	0
70	167	543	62	droog arm zand	3	6	0	0	0	0
71	213	558	44	nat arm zand	5	3	0	1	1	0
72	*	*	160	wintereik	1	7	1	1	1	1
73	175	452	153	wintereik	3	7	0	5	1	0
74	189	473	71	wintereik	6	7	1	5	0	0
75	154	401	54	nat rijk zand	3	5	0	1	1	0
76	148	397	80	natte zavel of lichte klei	2	2	2	10	3	0
77	138	383	84	droog arm zand	5	6	4	7	1	3
78	112	396	52	droog rijk zand	3	6	2	3	0	2
79	115	396	117	nat rijk zand	5	5	0	15	7	0
80	261	572	30	droog arm zand	1	6	0	0	0	0
81	232	564	82	droog rijk zand	3	6	0	3	1	0
82	198	538	59	droog arm zand	5	6	0	2	2	0

83	204	536	50	droog arm zand	5	7	0	9	5	0
84	189	470	130	droog arm zand	6	7	0	0	0	0
85	189	471	70	droog arm zand	6	7	7	12	1	3
86	199	451	84	droog arm zand	6	7	0	1	1	0
87	187	485	89	droog arm zand	5	7	1	4	3	0
88	208	436	109	zware klei	3	3	5	13	4	3
89	247	439	111	zware klei	3	5	4	12	2	3
90	248	439	100	zware klei	1	5	3	5	3	3
91	236	437	41	droog arm zand	5	7	0	0	0	0
92	245	440	100	droog rijk zand	5	6	0	0	0	0
93	*	*	67	droge zavel of lichte klei	1	7	0	0	0	0
94	*	*	162	droge zavel of lichte klei	5	7	0	2	1	0
95	214	447	44	natte zavel of lichte klei	1	3	2	4	4	0
96	*	*	51	natte zavel of lichte klei	1	5	0	0	0	0
97	181	428	90	zware klei	1	5	0	6	0	0
98	*	*	150	droge zavel of lichte klei	5	7	0	0	0	0
99	186	434	84	droge zavel of lichte klei	4	6	3	11	11	2
100	186	434	84	droge zavel of lichte klei	5	6	4	8	4	0
101	234	469	99	nat veen	1	2	3	11	10	0
102	257	485	64	nat veen	5	2	0	2	2	0
103	188	369	50	nat veen	5	3	1	1	0	1
104	175	393	34	nat veen	5	2	1	2	1	0
105	175	393	90	nat veen	1	2	1	2	2	0
106	189	367	60	nat arm zand	1	3	0	0	*	*
107	188	369	64	nat veen	1	3	0	2	1	0
108	257	489	129	zware klei	1	5	2	11	2	2

109	*	*	99	zware klei	1	5	0	0	*	*
110	224	562	92	nat veen	5	2	0	8	6	0
111	224	562	72	nat veen	5	2	1	8	1	1
112	263	530	50	droog veen	3	7	0	0	*	*
113	263	530	32	droog veen	3	6	0	13	13	0
114	*	*	65	nat arm zand	5	3	4	50	7	0
115	*	*	70	nat arm zand	2	5	2	20	12	0
116	*	*	48	droog veen	1	6	0	0	0	0
117	*	*	131	droog veen	3	6	2	11	3	2
118	*	*	50	wintereik	3	6	0	0	*	*
119	207	484	57	natte zavel of lichte klei	1	5	2	4	1	0
120	211	448	87	droge zavel of lichte klei	1	7	0	13	12	0
121	208	444	57	droge zavel of lichte klei	1	6	1	6	6	0
122	*	*	80	zware klei	1	6	0	3	3	0

