

CENTRUM VOOR AGROBIOLOGISCH ONDERZOEK
WAGENINGEN

ANALYSE VAN RISICO BIJ BESTRIJDING VAN
AMERIKAANSE VOGELKERS (*PRUNUS SEROTINA*)
MET *CHONDROSTEREUM PURPUREUM* VOOR PLANTEN
WAARTEGEN DE BESTRIJDING NIET IS GERICHT

M.D. de Jong en P.C. Scheepens

CABO-verslag nr. 58

maart 1985

256056

VERANTWOORDING

Voor u ligt het verslag van onderzoek naar toegevoegd risico ten gevolge van een als biologisch onkruidbestrijdingsmiddel te gebruiken inheemse schimmel. Aan de uitvoering van dit onderzoek is financieel bijgedragen door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en door het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen.

Het primaire doel van dit onderzoek was om een weloverwogen oordeel naar de maatschappelijke aanvaardbaarheid van de voorgenomen activiteit mogelijk te helpen maken. Bij een positief oordeel kan het technisch en economisch perspectief voor de ontwikkeling van *Chondrostereum purpureum* als bestrijdingsmiddel tegen Amerikaanse vogelkers worden voortgezet. Naar verwachting zal mede door dit onderzoek de belangstelling van overheid en bedrijfsleven voor de ontwikkeling van biologische bestrijdingsmiddelen worden vergroot.

In het kader van dit project is ook oriënterend aandacht besteed aan mogelijkheden om de houdbaarheid van gefragmenteerd mycelium van *C. purpureum* te vergroten. De resultaten van dit onderzoek zijn niet in dit verslag opgenomen.

De uitvoering van het onderzoek is wetenschappelijk begeleid door een commissie, bestaande uit dr. J.A. van Haasteren (VROM), dr. J. de Flines (Gist Brocades, Programmacommissie voor Biotechnologie), dr. P. van Halteren (Plantenziektenkundige Dienst) en prof.dr. J.C. Zadoks (Vakgroep Fytopathologie, LH).

Wageningen, maart 1985
M.D. de Jong en P.C. Scheepens

<u>INHOUD</u>	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	5
1.1 Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen	5
1.2 Amerikaanse vogelkers, probleem in de Nederlandse bosbouw	5
1.3 Voorgenomen activiteit: bestrijding van Amerikaanse vogelkers met <i>Chondrostereum purpureum</i>	6
1.4 Infectiecyclus van <i>C. purpureum</i>	7
1.5 Beoordeling van risico ten gevolge van een menselijke activiteit	9
2. IDENTIFICATIE VAN RISICO	11
2.1 Randvoorwaarden	11
2.2 Ongewenste gebeurtenissen en hun gevolgen	11
2.2.1 Directe blootstelling van planten aan het bestrijdingsmiddel	11
2.2.2 Verandering van de virulentie van <i>C. purpureum</i>	11
2.2.3 Optreden van schade na verspreiding van sporen	11
3. METHODEN VOOR SCHATTING VAN RISICO	13
3.1 Percentage zieke bomen of struiken ten gevolge van de voorgenomen activiteit	13
3.1.1 Fructificatie en start van sporen	13
3.1.2 Emissie	13
3.1.3 Transmissie en immissie	15
3.1.4 Infectie en beschadiging	15
3.1.5 Schade	15
3.2 Vergelijking van bestaande en toegevoegde emissie en immissie	16
3.2.1 Fructificatie en start van sporen	16
3.2.2 Relatieve emissiewaarden	16
3.2.3 Transmissie	16
3.3 Relatief risico voor verschillende delen van Nederland	17
4. RESULTATEN RISICO-SCHATTING	18
4.1 Percentage zieke bomen of struiken ten gevolge van de voorgenomen activiteit	18
4.1.1 Fructificatie en start van sporen	18
4.1.2 Emissie	19
4.1.3 Transmissie en immissie	19
4.1.4.1 Maximale kans op infectie en ziekte bij fruit- en sierbomen	20
4.1.4.2 Beschadiging van inheemse, wilde <i>Prunus</i> -soorten na inoculatie	21
4.1.5 Schade	23
4.2 Vergelijking van bestaande en toegevoegde emissie en immissie	23
4.2.1 Fructificatie en start van sporen	23
4.2.2 Relatieve emissiewaarden	23
4.2.3 Transmissie	25
4.3 Relatief risico voor verschillende delen van Nederland	25
5. RISICO-REDUCTIE	28
6. DISCUSSIE	29
SAMENVATTING	31
LITERATUUR	33
Nawoord	35

1. INLEIDING

1.1 Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen

Pathogenen van ongewenste plantesoorten kunnen worden benut om de aantallen, waarin deze soorten voorkomen, te verminderen. Indien het pathogeen reeds in het milieu voorkomt, zal het gewenste effect bereikt kunnen worden door een onnatuurlijk hoge dichtheid op een geschikt tijdstip op het onkruid aan te brengen. De toediening zal herhaald moeten worden op het moment dat het onkruid opnieuw als probleem wordt ervaren en terugdringing tot een aanvaardbaar niveau opnieuw wenselijk wordt geacht (Scheepens & Van Zon, 1982). Op dit moment zijn in de Verenigde Staten twee pathogene schimmels wettelijk als onkruidbestrijdingsmiddel toegelaten, die respectievelijk door Abbott en Upjohn op de markt worden gebracht (Schroeder, 1983). Op dit moment wordt het toepassingsperspectief voor pathogenen van een vijftigtal onkruidsoorten onderzocht.

Toepassing van biologische onkruidbestrijdingsmiddelen biedt perspectief in situaties waarin geen goede alternatieven beschikbaar zijn of indien een alternatieve bestrijdingswijze een ongewenste nevenwerking heeft. Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen worden verondersteld selectiever en daarom milieuvriendelijker te zijn dan chemische bestrijdingsmiddelen. Hoewel door toepassing ervan geen vreemde stoffen aan het milieu worden toegevoegd kunnen ongewenste effecten van andere aard optreden. Een karakteristieke eigenschap van levende organismen is het vermogen tot natuurlijke verspreiding. Hierdoor hoeven werking en eventuele nevenwerking niet tot de plaats van toepassing beperkt te zijn. Bij het vaststellen en beoordelen van het toepassingsrisico dient met verspreiding rekening te worden gehouden.

Doel van dit onderzoek was de evaluatie van de nevenwerking van een als biologisch onkruidbestrijdingsmiddel te gebruiken pathogene schimmel.

1.2 Amerikaanse vogelkers, probleem in de Nederlandse bosbouw

Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina* Ehrh.) is afkomstig uit het oosten van de Verenigde Staten en Canada. In de eerste helft van deze eeuw is hij om verschillende redenen massaal in Nederland en andere Europese landen aangeplant (Bakker, 1963). Zowel in zijn oorsprongsgebied als in Nederland is het een typische pionier, die zich gemakkelijk kan vestigen en uitbreiden (Auclair & Cottam, 1971; Eijsackers & Oldenkamp, 1976).

Als door kaalkap, brand, stormschade of door een andere oorzaak open plekken ontstaan in beplantingen weet Amerikaanse vogelkers die snel op te vullen. De gevolgen hiervan zijn problemen bij bosverjonging en verdringing van inheemse ondergroei in bossen. In een groot deel van Nederland wordt Amerikaanse vogelkers nu dan ook als een ongewenste plantesoort beschouwd. Het onderkennen van de nadelen heeft ertoe geleid dat vrijwel direct na het stoppen met de aanplant is begonnen met bestrijding van Amerikaanse vogelkers.

Recentelijk is een aantal artikelen verschenen waarin de problematiek rond Amerikaanse vogelkers en zijn bestrijding wordt belicht (Werkgroep Amerikaanse Vogelkers NRLO, 1979, 1980; Van den Tweel, 1984). Omdat bestrijding niet eenvoudig uit te voeren en duur is, is het wenselijk om vooraf duidelijk prioriteiten te stellen en de bestrijding planmatig uit te voeren. In het laatstgenoemde artikel, waarin de visie van Staatsbosbeheer is verwoord, wordt geadviseerd om verjongingseenheden enkele jaren voor kaalkap volledig vrij te maken van Amerikaanse vogelkers (minimumbeleid) en/of naast het vrijmaken van verjongingseenheden eerder vrijgemaakte percelen vrij te houden (conserveringsbeleid).

Mechanische bestrijding van Amerikaanse vogelkers is duur en vaak weinig effectief, omdat achtergebleven resten van stammen en wortels opnieuw kunnen uitlopen. Effectieve bestrijding is mogelijk door gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen. Tot voor enkele jaren werd hiertoe vooral 2,4,5-T ester

gebruikt. Op dit moment mogen struiken, die niet hoger zijn dan 1,5 m en geen vruchten dragen, door bladbespuiting met glyfosfaat worden bestreden. Grotere of vruchtdragende bomen en struiken moeten worden afgezet, waarna glyfosfaat of ammoniumsulfamaat op de stobben mag worden toegepast. Deze herbiciden hebben een zeer breed werkingsspectrum tegen hogere planten.

Het onkruidbestrijdingsmiddel 2,4,5-T ester bleek bij direct contact sterfte te veroorzaken bij pissebedden, springstaarten en loopkevers die tot de bodemfauna behoren (Eijsackers, 1978). De levensduur van springstaarten werd bekort na het eten van 2,4,5-T-bevattend strooisel, die van loopkevers na het eten van bestrijdingsmiddel bevattende springstaarten. Dit bestrijdingsmiddel is niet meer toegelaten. Ook ammoniumsulfamaat heeft een nadelige invloed op de bodemfauna (Eijsackers & Chardon, 1979). De levensduur van pissebedden en miljoenpoten werd bekort na direct contact met of consumptie van het bestrijdingsmiddel, terwijl de ei-productie van springstaarten in behandeld strooisel verminderde. Ammoniumsulfamaat is weinig giftig voor warmbloedigen. Van glyfosfaat zijn tot dusverre geen andere nevenwerkingen bekend dan tegen planten die met het middel in aanraking komen.

Omdat het gebruik van milieuvriende stoffen in het bosbiotoop als minder gewenst wordt beschouwd, werd biologische bestrijding overwogen, maar tot voor enkele jaren werd daarin te weinig perspectief gezien. Het toegenomen inzicht in het mogelijk gebruik van inheemse pathogenen als bestrijdingsmiddelen was aanleiding om biologisch bestrijding opnieuw te overwegen. Vanaf 1979 wordt onderzoek verricht naar bestrijding met de inheemse schimmel *Chondrostereum purpureum*.

1.3 Voorgenomen activiteit: bestrijding van Amerikaanse vogelkers met *C. purpureum*

In 1979 en 1980 werden op een groeiplaats in Wageningen bomen van Amerikaanse vogelkers afgezaagd, en de verse stobben met mycelium of sporen van *C. purpureum* behandeld. Nieuwgevormde uitlopers vertoonden het voor de ziekte karakteristieke loodglanssymptoom, werden sterk in hun groei geremd en stierven na enkele maanden af (Scheepens, 1980). Uiteindelijk is meer dan 90% van de behandelde stobben volledig afgestorven. De schimmel kon zowel uit het resterende hout als uit de wortels van de behandelde stobben worden geïsoleerd.

Latere proeven met de schimmel zijn uitgevoerd op enkele sterk door Amerikaanse vogelkers bezette larikspercelen in de gemeente Ede (Scheepens, nog niet gepubliceerd). In deze proeven bedroeg uiteindelijk de sterfte bij met mycelium behandelde stobben 80 tot 100%. Bij meervoudige stobben van Amerikaanse vogelkers, waarvan niet alle takstompen werden behandeld, werd meer dan 90% van de behandelde takstompen ziek en stierf af, en in 60-70% van de gevallen ook alle onbehandelde takstompen van dezelfde stobbe. De natuurlijke sterfte van Amerikaanse vogelkers na afzetten in de herfst in de nabijheid van stobben met veel vruchtlichamen van *C. purpureum* bedroeg maximaal 5%.

Aanbrengen van mycelium van *C. purpureum* op houtwonden aan de zijkant van de stam heeft slechts in één experiment tot meer dan 75% sterfte van Amerikaanse vogelkers geleid; in dit experiment hadden de stammen steeds een diameter van minder dan 15 mm. Behandeling op deze wijze van dikkere stammen leidde slechts incidenteel tot sterfte. Bij deze proeven werd vastgesteld, dat de schimmel zich gemiddeld ca. 4 mm per dag in op- en neerwaartse richting uitbreidde, maar slechts zeer langzaam in laterale richting (cf. Butler & Jones, 1949). Vermoedelijk treedt pas sterfte op nadat de gehele dwarse doorsnede van het hout is gekoloniseerd, en heeft een boom tot het zover is de mogelijkheid zich van de ziekte te herstellen.

Infectie van verse houtwonden kan zowel door sporen als door mycelium plaatsvinden. Infectie met mycelium is effectiever dan met sporen (Grosclaude, 1964), vermoedelijk omdat mycelium beter bestand is tegen uitdrogen of andere ongunstige milieuvloeden. Mycelium van *C. purpureum* kan op relatief eenvoudige

voedingsmedia worden gekweekt (Schlechte, 1978). Voor de produktie van grote hoeveelheden mycelium kan de schimmel ook in vloeistofculture worden gekweekt (De Jong et al., 1982). Uit voorgaand oriënterend onderzoek is gebleken, dat mycelium bestand is tegen drogen in een excicator tot ca. 10% vochtgehalte. Bewaarbare formuleringen zouden door drogen van mycelium verkregen kunnen worden.

Uit het tot nu toe uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd, dat de virulentie van *C. purpureum* groot genoeg is om de schimmel als bestrijdingsmiddel tegen Amerikaanse vogelkers toe te passen.

Indien in het navolgende de term "voorgenomen activiteit" wordt genoemd, wordt daarmee bedoeld dat stobben of takstompen van Amerikaanse vogelkers worden ingesmeerd of bespoten met een suspensie van gefragmenteerd mycelium van *C. purpureum* met als doel het terugdringen van Amerikaanse vogelkers.

1.4 Infectiecyclus van *C. purpureum*

C. purpureum (Basidiomycotinae, Aphyllophorales) leeft in de vorm van mycelium saprofytisch of parasitair in hout van veel loofboomsoorten, zelden in dat van eik of coniferen.

De infectiecyclus van *C. purpureum* is schematisch weergegeven in figuur 1. Onder bepaalde weersomstandigheden kunnen op waardplanten of gezaagd hout, waarin de schimmel voorkomt, vruchtlichamen (basidiocarpen) worden gevormd (a). Indien de relatieve luchtvochtigheid hoog genoeg is worden sporen uit de vruchtlichamen vrijgemaakt waardoor infectiedruk aan de omgeving wordt toegevoegd (b). Na hun start (c) kunnen sporen uit het gewas in de atmosfeer terechtkomen (emmissie in termen van luchthygiëne), en met turbulente stromingen over grotere afstanden worden getransporteerd (vlucht buiten het gewas of transmissie).

Infectie van planten (d) kan plaatsvinden na landing van sporen op verse wonden in het hout (immissie). *C. purpureum* is heterothallisch. Uit eigen onderzoek is gebleken dat, in afwijking van het principe van de heterothallie, monospore-cultures van de schimmel Amerikaanse vogelkers kunnen infecteren en ziek maken. Eén spore is voldoende om een plant te infecteren.

Bij de meeste plantesoorten groeit de schimmel niet verder dan enkele cm in het levende hout; de groei komt dan tot stilstand. In dit geval kan de schimmel wel fructificeren, maar wordt de plant niet beschadigd. Bij vatbare soorten kan de schimmel zich verder uitbreiden en uiteindelijk zelfs alle verhoude delen van de plant koloniseren.

Kolonisatie van plantedelen door *C. purpureum* kan leiden tot ziekte (beschadiging) en, afhankelijk van de functie die de plant heeft, tot schade (e). Als gevolg van aanwezigheid van de schimmel in het levende spinthout wordt daar gom gevormd, dat de vaten verstopt. In een gevorderd stadium van ziekte sterft ook de bast af. Soorten behorend tot de Rosaceae kunnen reageren met het loodglanssymptoom. Dit wordt veroorzaakt door een of meer, nog niet geïdentificeerde toxinen, die de schimmel produceert, en die met de sapstroom in de bladeren komen. Door de toxinerwerking wordt de functie van het blad voor fotosynthese en verdamping verstoord en ontstaat door het loslaten van de epidermis van het parenchym de typische loodglans van het blad. Bij zeer vatbare soorten kan ziekte leiden tot sterfte van takken en zelfs van gehele bomen of struiken. Met toxine-bevattend cultuurfiltraat van *C. purpureum* kan wel het loodglanssymptoom worden opgeroepen, maar treedt geen sterfte op (Brooks & Brenchley, 1929). De mate van vatbaarheid wordt zowel door genetische als door milieu-factoren bepaald.

Op hout, dat na kolonisatie door *C. purpureum* is afgestorven, kunnen één of meer jaren na infectie vruchtlichamen met sporen worden gevormd. Bij hoge uitzondering is fructificatie in juli waargenomen (Scheepens, ongepubliceerde gegevens). Als regel begint de fructificatie, afhankelijk van de weersgesteldheid, in de tweede helft van september. Uit de aangelegde vruchtlichamen kunnen vaak binnen enkele dagen alle sporen vrijkomen (Dye,

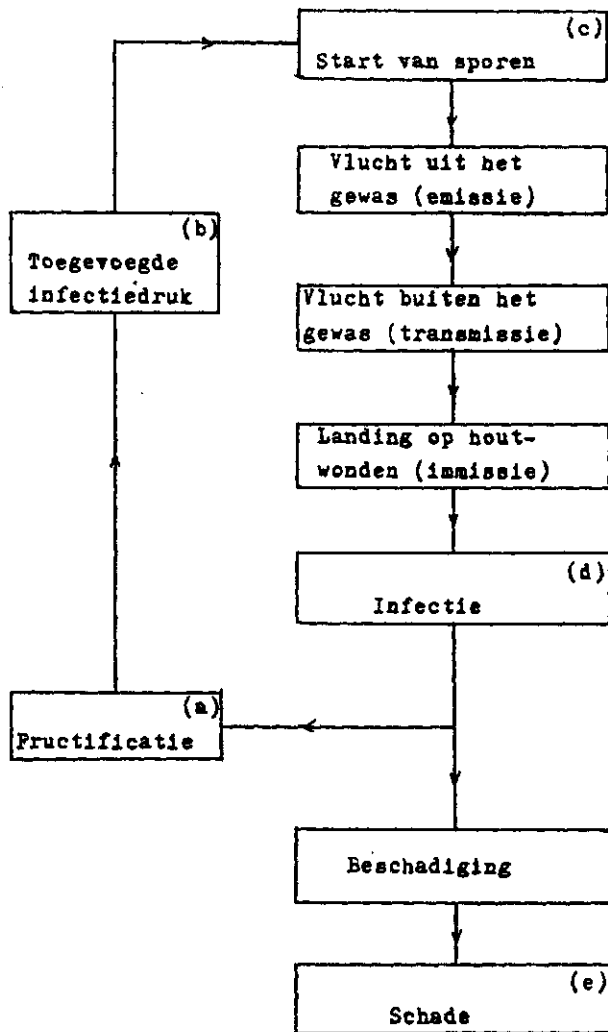


Fig. 1: Infectiecyclus van *Chondrostereum purpureum*

1974). De vruchtlichamen kunnen verder uitgroeien, en op het nieuwgevormde oppervlak worden dan weer nieuwe sporen gevormd. Tijdens een periode van droogte kunnen vruchtlichamen uitdrogen, maar na het opnemen van water kunnen zij opnieuw uitgroeien. Bij matige tot strenge vorst sterven de vruchtlichamen af. Na een vorstperiode worden meestal geen nieuwe vruchtlichamen gevormd. De sporulatieperiode, de periode waarin sporen vrijkomen, valt dus bij benadering samen met het herfstseizoen.

Een aantal schimmels breidt zich vanuit een aanwijsbaar begintpunt uit in ruimte en tijd. Bij *C. purpureum* lijken infecties eerder het gevolg te zijn van een niet nader te definiëren infectiedruk uit de omgeving; de schimmel is endemisch. Uit het frequent voorkomen van *C. purpureum* op dikke stobben van gezaagde loofbomen (vaak op meer dan 50%; Rayner, 1977; Schlechte, 1978; Runge, 1982) kan worden afgeleid, dat het voorkomen van de schimmel in en op hout eerder bepaald wordt door de beschikbaarheid van verse wonden dan door de hoogte van de infectiedruk.

1.5 Beoordeling van risico ten gevolge van een menselijke activiteit

In onze maatschappij worden op velerlei gebieden risico-beoordelingen uitgevoerd om voor- en nadelen van menselijke activiteiten tegen elkaar te kunnen afwegen. Soms gebeurt dit bijna onbewust, maar bij grotere activiteiten zoals de bouw van een kern-centrale of van een pijlerdam in de Schelde is een risico-beoordeling wettelijk voorgeschreven. Bij wettelijke verplichting wordt meestal de procedure van het onderzoek tot en met de verslaglegging van tevoren vastgesteld.

Onder risico wordt verstaan de te verwachten schade ten gevolge van één of meer ongewenste gebeurtenissen. Risico omvat twee aspecten: kans op het optreden van een ongewenste gebeurtenis en omvang van de gevolgen. Hoewel de wijze waarop een risico-beoordeling wordt uitgevoerd van geval tot geval kan verschillen, bestaat er een gemeenschappelijk basispatroon (figuur 2, naar Rowe, 1980). De Nederlandse termen zijn gedefinieerd door een Commissie (1983). Bij de beoordeling van risico na toepassing van een biologisch onkruidbestrijdingsmiddel kan dit patroon ook worden gevolgd.

Ten eerste wordt nagegaan welke ongewenste gebeurtenissen kunnen optreden door de voorgenomen activiteit en wat daarvan de gevolgen kunnen zijn (risico-identificatie = "risk identification"). Hierbij kan sprake zijn van nieuwe risico's of verandering van parameters. Vervolgens worden zowel kans op een ongewenste gebeurtenis als omvang van de gevolgen geschat (risico-schatting = "risk estimation"). Risico (= R) is een functie van kans en omvang: $R = f(\text{kans, omvang})$. Indien subjectieve verschillen in de waardering van risico buiten beschouwing worden gelaten, geldt: $R = \text{kans} \times \text{omvang}$. Identificatie en schatting worden tezamen risico-vaststelling (= "risk determination") genoemd.

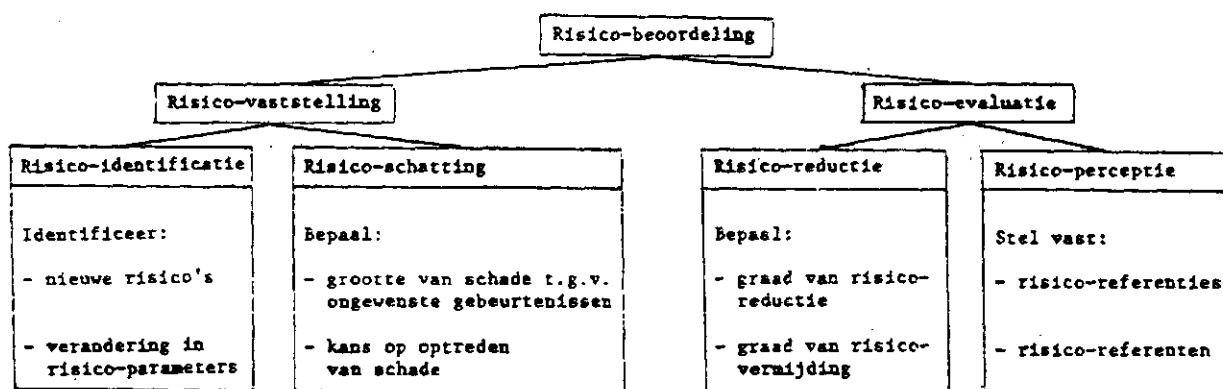
Om een oordeel te kunnen geven over de maatschappelijke aanvaardbaarheid van een activiteit (risico-perceptie = "risk acceptance") dient het risico ergens mee vergeleken te worden (risico-referenties). Omdat voor- en nadelen van een activiteit vaak niet gelijkelijk zijn verdeeld over maatschappelijke groepen dient ook te worden aangegeven voor wie het risico wordt bekeken (risico-referenten).

Een essentieel onderdeel van een risico-beoordeling is het nagaan of risico's vermijdbaar zijn of te verkleinen, hoe dit kan geschieden en met welke kosten-baten verhouding (risico-reductie = "risk aversion"). Risico-reductie en risico-perceptie worden tezamen risico-evaluatie (= "risk evaluation") genoemd. Het gehele proces van risico-vaststelling en risico-evaluatie wordt risico-beoordeling (= "risk assessment") genoemd.

Evaluatie van risico vindt plaats door een persoon of groep van personen die hiertoe bevoegd of aangewezen is.

In dit onderzoek over het risico na toepassing van *C. purpureum* als bestrijdingsmiddel tegen Amerikaanse vogelkers lag de nadruk bij de

risico-vaststelling. Daarnaast heeft de wijze waarop risico verkleind kan worden aandacht gekregen. Tot het vaststellen van prioriteiten bij het onderzoek hebben de leden van de wetenschappelijke begeleidingscommissie een bijdrage geleverd.



Figuur 2. Componenten van een risico-beoordeling (naar Rowe, 1980; Commissie, 1983)

2. IDENTIFICATIE VAN RISICO

2.1 Randvoorwaarden

In dit onderzoek is aandacht besteed aan risico voor planten waartegen bestrijding met *C. purpureum* niet is gericht. Het risico voor het overige milieu (inclusief mens en huisdier) komt niet aan de orde. Ook het risico van genetische veranderingen in de populatie van Amerikaanse vogelkers, waardoor deze resistenter wordt voor het bestrijdingsmiddel, is buiten beschouwing gelaten. Het bevoegde gezag voor de risicobeoordeling is in dit geval de Plantenziektenkundige Dienst ingevolge de uitvoering van de Plantenziektenwet.

2.2 Ongewenste gebeurtenissen en hun gevolgen

2.2.1 Directe blootstelling van planten aan het bestrijdingsmiddel

Tijdens de toediening van *C. purpureum* kunnen verse wonden van andere planten dan Amerikaanse vogelkers met het bestrijdingsmiddel in aanraking komen; vatbare planten kunnen dientengevolge beschadigd worden waardoor schade kan ontstaan. Optreden van schade is een ongewenste gebeurtenis, zodat hier sprake is van risico. Dit risico zal bij biologische bestrijding evenwel kleiner zijn dan na toepassing van een van de beide hiertoe toegelaten chemisch bestrijdingsmiddel, vanwege de grotere selectiviteit van de schimmel.

2.2.2 Verandering van de virulentie van *C. purpureum*

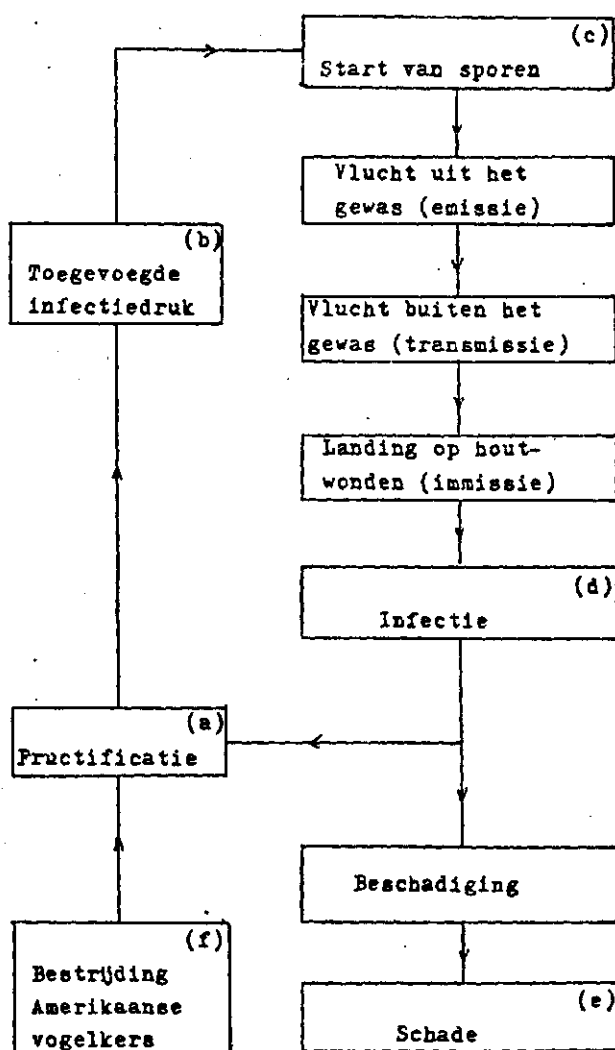
Door toepassing van *C. purpureum* als bestrijdingsmiddel neemt de hoeveelheid schimmel in het milieu en daarmee ook het aantal mutaties toe. Mutaties kunnen aanleiding zijn tot het ontstaan van nieuwe, ongewenste stammen van de schimmel. In onderzoekingen, waarbij de virulentie van verschillende isolaten van *C. purpureum* op verschillende plantesoorten is getoetst, is nooit een isolaat gevonden met een sterk verhoogde virulentie voor één soort of met een groter waardplantenspectrum dan andere isolaten (Bennett, 1962; Schlechte, 1978; Bishop, 1978), terwijl bekend is, dat de schimmel vanaf tenminste het begin van deze eeuw wijd verbreid voorkomt (Bintner, 1919). De kans op het ontstaan van een nieuwe, ongewenste stam in de huidige populatie van *C. purpureum* wordt zeer klein geacht. Het risico ten gevolge van de voorgenomen activiteit is onberekenbaar; het wordt praktisch verwaarloosbaar geacht.

2.2.3 Optreden van schade na verspreiding van sporen

Op stobben van Amerikaanse vogelkers kunnen na toediening van *C. purpureum* vruchtlichamen worden gevormd, die onder bepaalde omstandigheden sporen doen vrijkomen in het milieu. Omdat de schimmel reeds in Nederland voorkomt ontstaat hierdoor een toegevoegde infectiedruk. Figuur 3 is een uitbreiding van figuur 1 waarin de effecten van sporeverspreiding na bestrijding van Amerikaanse vogelkers met *C. purpureum* zijn aangegeven. De keten van deelprocessen f-a-b-c-d-e is een ongewenste gebeurtenis ten gevolge van de voorgenomen activiteit. Het risico ten gevolge van deze ongewenste gebeurtenis is geen nieuw risico maar een toegevoegd risico, omdat het een verhoging geeft van het van nature reeds aanwezige risico (ten gevolge van b-c-d-e).

Vatbare plantesoorten kunnen op pragmatische gronden worden onderscheiden in fruitbomen, sierbomen en wilde soorten. Beschadiging van produktiefruitbomen kan leiden tot minder opbrengst van fruit (economische schade). Beschadiging van een sierboom of -heester kan aanleiding zijn deze te vervangen. Ook dit houdt economische schade in. Boomkwekerijgewassen, voorzover het fruit- en sierbomen betreft, kunnen op grond van aantasting door *C. purpureum* worden afgekeurd; ook hier is dan sprake van economische schade.

In natuurlijke begroeiingen is sterfte van individuen, door wat voor oorzaak dan ook, geen bijzonderheid. Meestal wordt niet het individu, maar het voortbestaan van een soort op een bepaalde groeiplaats als waardevol ervaren. Beschadiging van wilde planten door *C. purpureum* hoeft dus niet altijd schade te betekenen; of al dan niet schade optreedt is moeilijk exact te omschrijven.



Figuur 3. Identificatie van een ongewenste gebeurtenis door bestrijding van Amerikaanse vogelkers met *Chondrostereum purpureum* (proces f-a-b-c-d-e). Er is sprake van een toegevoegd risico (bestaand risico volgens proces b-c-d-e, vergelijk met figuur 1)

3. METHODEN VOOR SCHATTING VAN RISICO

In het voorgaande hoofdstuk is de ongewenste gebeurtenis aangegeven waardoor risico kan optreden (proces f-a-b-c-d-e in figuur 3). Voor het vaststellen van risico dienen zowel kans op het optreden van de ongewenste gebeurtenis als de omvang van de gevolgen te worden gekwantificeerd. Afzonderlijke parameters kunnen experimenteel worden bepaald, uit gelijksoortige model-systemen worden berekend of worden aangenomen. Het geheel van verkregen waarden, de wijze waarop ze zijn verkregen, de referenties waarmee ze zijn vergeleken en de randvoorwaarden waarbinnen uitspraken geldig zijn vormen het scenario voor de risicovaststelling. De wijze waarop afzonderlijke parameters zijn verkregen is in dit hoofdstuk uitgewerkt. Figuur 4 geeft hiervan een gedeeltelijk overzicht met verwijzing naar de paragrafen waarin de methoden zijn beschreven.

3.1 Percentage zieke bomen of struiken ten gevolge van de voorgenomen activiteit

De ongewenste gebeurtenis is opgesplitst in een aantal deelprocessen, die achtereenvolgens plaatsvinden. Ieder deelproces treedt op met een zekere kans; de omvang wordt bepaald door die kans en de omvang van de voorafgaande deelprocessen. Voor de berekeningen is uitgegaan van een modelbos met een oppervlakte van 6,25 ha.

3.1.1 Fructificatie en start van sporen

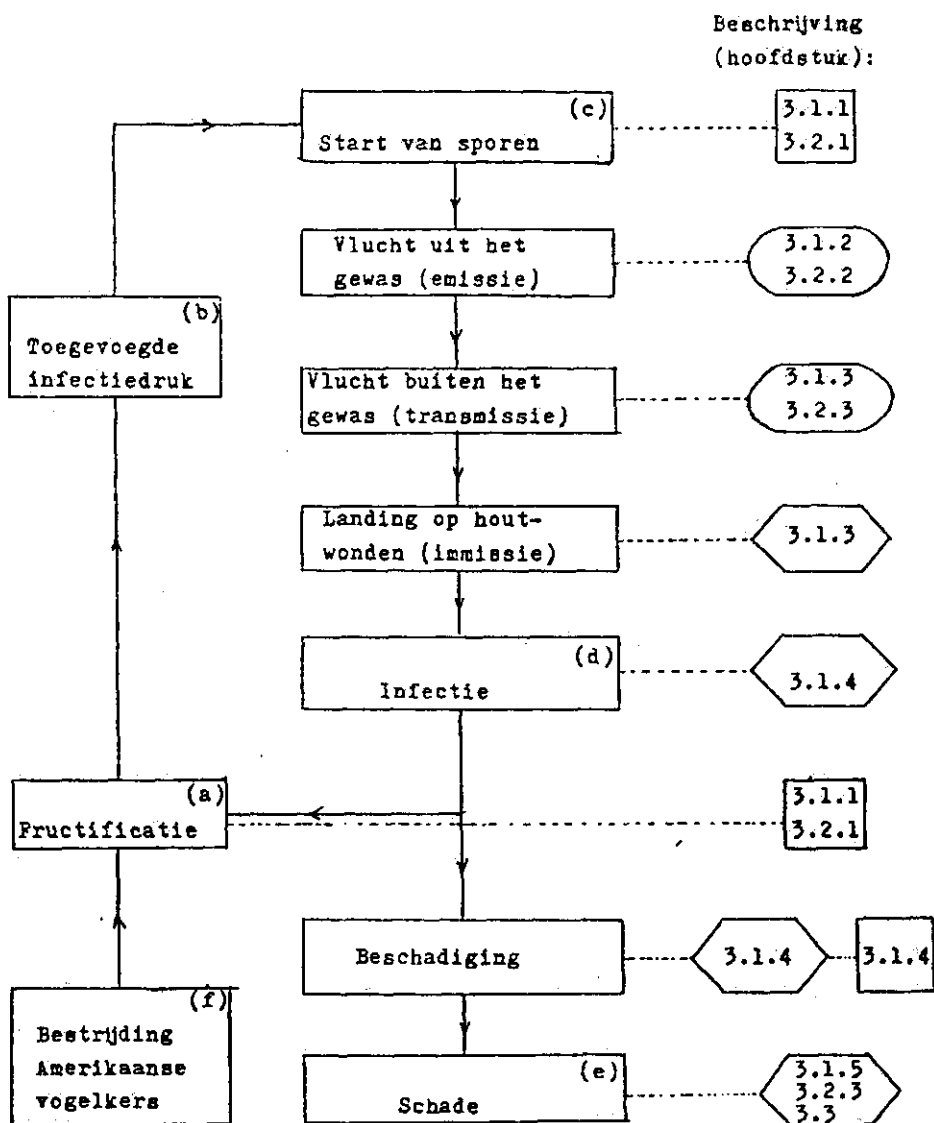
De grootte van de start van sporen (aantal per sec. per m^2 bos) is berekend door vermenigvuldiging van de oppervlakte van het bos met het aantal stobben per m^2 , het oppervlak aan vruchtlichamen per stobbe en het aantal sporen dat per seconde per oppervlakte-eenheid vruchtlichaam start.

Het aantal stobben per m^2 is experimenteel vastgesteld in een dicht met Amerikaanse vogelkers bezet lariksbos in Ede, en bedroeg $0,75 m^{-2}$. De oppervlakte aan vruchtlichamen per behandelde stobbe is geschat in de in § 1.3 beschreven infectieproeven. Voor de berekeningen is uitgegaan van $5 cm^2$ per stobbe; dit is het maximale oppervlak dat gedurende een sporulatieperiode optrad. Voor start van sporen in afhankelijkheid van de temperatuur zijn literatuurgegevens gebruikt die betrekking hebben op laboratorium-proeven (Grosclaude, 1969). Start van sporen is ook experimenteel vastgesteld onder veldomstandigheden en in een klimaatkast met vruchtlichamen uit het veld.

Uit vruchtlichamen starten sporen als de relatieve luchtvochtigheid meer dan 90% bedraagt. Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn gedurende een sporulatie-seizoen gemeten in bovengenoemd lariksbos te Ede.

3.1.2 Emissie

De grootte van de emissie, dit is het aantal sporen dat per tijdseenheid uit het bos in de vrije atmosfeer komt, is een functie van start van sporen, fysische eigenschappen van het bos, micro-klimaat in het bos en windsnelheid boven het bos. Om de grootte van de emissie uit het modelbos te berekenen is een simulatiemodel opgesteld, dat berust op de meest recente wetenschappelijke inzichten. Het komt overeen met een getoetst model voor verspreiding van schimmelsporen in gerst (legg & Powell, 1979). Het bos is voorgesteld als een puntbron van emissie. Het model berekent emissie als fractie van de gestarte sporen in afhankelijkheid van de (klasse van) windsnelheid boven het bos. Er is onderscheid gemaakt in sporen die verticaal en sporen die in zijwaartse richting uit het bos ontsnappen. Voor windsnelheid boven het bos zijn gegevens van het weerstation Wageningen gebruikt. Het model is getoetst door meting van de sporedichtheid op 0,5 m hoogte rond stobben van Amerikaanse vogelkers met vruchtlichamen en meting van de windsnelheid op 2,0 m hoogte in het bos, beide gedurende een herfstseizoen. Verondersteld is, dat lariksbos representatief is voor alle typen bos waarin Amerikaanse vogelkers voorkomt.



Figuur 4. Overzicht van de methoden voor schatting van risico als gevolg van de voorgenomen activiteit. Hoofdstuk 3.1 heeft alleen betrekking op het toegevoegde risico, de hoofdstukken 3.2 en 3.3 zowel op bestaand als toegevoegd risico. Met de symbolen is aangegeven of parameters zijn gemeten (□), berekend (○) of aangenomen (◇).

3.1.3 Transmissie en immissie

De grootte van de transmissie, dit is de vlucht van sporen met de wind mee in de atmosfeer, is een functie van emissie, windsnelheid en -richting, stabiliteit van de atmosfeer, ruwheid van het terrein waarboven de verplaatsing optreedt en de te overbruggen afstand. In de leer van de luchthygiëne wordt voor berekening van transmissie van gassen en deeltjes een model gebruikt, dat ook voor de vlucht van sporen toepasbaar is: het Gaussisch pluimmodel. Er bestaan meerdere versies van dit model, die onder de gestelde randvoorwaarden zijn getoetst.

De dichtheid van sporen in de lucht op referentiepunten (immissiedichtheid, aantal sporen per m³ lucht), werd hier berekend met de korte-termijn versie van het Gaussisch pluimmodel (Nieuwstadt, 1980). Voor ieder uur werd de immissiedichtheid berekend voor referentiepunten op 500 en 5.000 m van het bos in de meest voorkomende windrichting; voor afstanden kleiner dan 500 m is het model niet geldig. Uit de uurwaarde werd een etmaalgemiddelde D₂₄ berekend voor de beide referentiepunten. Van de waarden van D₂₄ die gedurende de meetperiode (omstreeks 100 dagen) zijn verkregen is een cumulatieve frequentieverdeling opgesteld voor de beide referentiepunten. Hieruit is grafisch D 90% bepaald, de maximale dichtheid die kan optreden gedurende 90% van het totaal aantal dagen.

Immissie, gedefinieerd als het aantal sporen dat op verse houtwonden van een boom landt, is een functie van de immissiedichtheid, het totale wondoppervlak per boom, de depositiesnelheid en de expositieduur.

De gemiddelde wondoppervlakte van een pas gesnoeide pruimeboom werd experimenteel vastgesteld in een boomgaard te Elst en bedroeg 0,001 m². Voor de depositiesnelheid is een constante waarde gebruikt van 0,01 m.s⁻¹, verkregen uit depositie van schimmelsporen op takjes van abrikoos in windtunnel-experimenten (Carter, 1965). Berekend werd hoeveel sporen per dag maximaal aanwezig konden zijn op de wonden van een boom gedurende 90% van de tijd.

3.1.4 Infectie en beschadiging

Alleen verse houtwonden kunnen geïnfecteerd worden door *C. purpureum*. Hoe lang wonden na hun ontstaan "vers" genoemd mogen worden is niet bekend. Voor mycelium van *C. purpureum* werd in één experiment een waarde vastgesteld, die lag tussen 6 en 18 dagen. Over de relatie tussen het aantal sporen dat op een wond landt en de kans op infectie en beschadiging is weinig bekend. Bishop (1978) stelde vast, dat inoculatie van verse houtwonden van kers met 100 sporen leidde tot minimaal 90% infectie en maximaal 40% ziekte. Verondersteld werd dat de kans op ziekte bij fruit- en sierplanten van het geslacht *Prunus* maximaal 40% is, en dat dan kans op ziekte aanwezig is als het aantal sporen dat gedurende een bepaalde tijd gelijktijdig op de wonden van een boom aanwezig is in de orde van grootte van 100 (of meer) ligt. De maximale kans op ziekte bij andere fruit- en sierplanten wordt kleiner verondersteld.

Over de mate van vatbaarheid van wilde plantesoorten is vrijwel niets bekend. Verondersteld werd, dat vatbare wilde planten in het bos kunnen voorkomen. De infectiedruk aldaar is slecht berekenbaar; zij kan hoog zijn. Verondersteld werd verder, dat wilde *Prunus*-soorten vatbaarder zijn dan andere wilde soorten. De mate van vatbaarheid van boskriek (*P. avium*), vogelkers (*P. padus*) en sleedoorn (*P. spinosa*) werd experimenteel vastgesteld door inoculatie van verse houtwonden met mycelium van *C. purpureum*.

3.1.5 Schade

De omvang van de schade, die als gevolg van de voorgenomen activiteit kan optreden werd niet gekwantificeerd. Er werd wel een verband aangegeven tussen kans op ziekte en kans op schade.

3.2 Vergelijking van bestaande en toegevoegde emissie en immissie

Voor vijf landelijke gebieden in Nederland werd de emissie van toegevoegde infectiebronnen vergeleken met die van bestaande infectiebronnen. Voor één van deze gebieden werden ook immissiedichtheden (grootte van de transmissie op referentiepunten) door toegevoegde en bestaande infectiebronnen met elkaar vergeleken.

3.2.1 Fructificatie en start van sporen

Gebieden weergegeven op topografische kaarten van Olst, Oosterbeek, Valkenburg, Wageningen en Weert (schaal 1:25.000) werden verdeeld in rastercellen van 250 x 250 m. Per rastercel werd aan de hand van de kaart een code toegekend voor het daar voorkomende type houtige begroeiing: 0 = bouwland, weiland, bebouwing of water; 1 = naaldbos; 2 = gemengd bos; 3 = loofbos; 4 = klein bos; 5 = lintvormige begroeiing; 6 = fruitboomgaard; 7 = boomkwekerij. Verondersteld werd, dat toegevoegde infectiebronnen voorkomen in alle cellen met code 1 en bestaande infectiebronnen in cellen met code 2, 3, 4 of 5.

Fructificatie werd uitgedrukt in aantal cm^2 vruchtlichaam per cel. Voor code 1 werd fructificatie berekend volgens de in § 3.1.1 beschreven methode onder de aanname, dat jaarlijks 1% van Amerikaanse vogelkers wordt bestreden met *C. purpureum*. Dit percentage is gebaseerd op de omlooptijd van naaldbos in Nederland (ir. G. van Tol, mondelinge mededeling). In het gebied rond Oosterbeek werden gedurende één sporulatieperiode loofbos, klein bos en linten bemonsterd op het voorkomen van vruchtlichamen. Per vegetatietype per cel werd hieruit een meetkundig gemiddelde berekend. Verondersteld werd, dat het aantal sporen, dat per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid vruchtlichaam start in alle typen begroeiing gelijk is.

3.2.2 Relatieve emissiewaarden

Verondersteld werd, dat in cellen met code 5 alle gestarte sporen in de vrije atmosfeer komen. De emissie per cel van code 5 is op 1 gesteld. Emissie uit bos is het aantal gestarte sporen vermenigvuldigd met de ontsnappingsfractie. Voor naaldbos, gemengd bos en loofbos (code 1, 2 of 3) werd de ontsnappingsfractie gelijkgesteld aan de totale verticale ontsnappingsfractie + 0,25 x de horizontale ontsnappingsfractie, zoals berekend voor een lariksbos (zie 3.1.2). Voor klein bos (code 4) is de ontsnappingsfractie gelijkgesteld aan de som van horizontale en verticale ontsnappingsfracties. De relatieve emissie per cel is uitgedrukt als het aantal malen de emissie van cellen met code 5.

Voor de vijf gebieden werden de totale toegevoegde en totale bestaande emissie per gebied berekend.

3.2.3 Transmissie

Voor transmissieberekeningen voor het gebied rond Oosterbeek werd gebruik gemaakt van de lange-termijn versie van het Gaussisch pluimmodel (TNO, Subcommissie Luchtverontreiniging, 1976). Ingevoerd werden ligging en relatieve emissie per cel en gemiddelde gegevens over het weer gedurende 20 herfstseizoenen, afkomstig van het KNMI. Het gebied werd verdeeld in cellen van 1 x 1 km; het centrum van iedere cel werd beschouwd als referentiepunt. Voor alle referentiepunten werd de seizoengemiddelde, relatieve immissiedichtheid afkomstig van toegevoegde en bestaande infectiebronnen afzonderlijk berekend. Hieruit werd log (toegevoegde/bestaande immissiedichtheid) berekend, een getal dat de orde van grootte van toegevoegde ten opzichte van bestaande immissiedichtheid aangeeft.

3.3 Relatief risico voor verschillende delen van Nederland

Op een bestaande rasterkaart van Nederland, bestaande uit cellen van 5 x 5 km (uurhokken), werd aan iedere cel een code toegekend voor het al dan niet voorkomen van bos met Amerikaans vogelkers, en een code voor het al dan niet voorkomen van peer. Gegevens over het voorkomen van Amerikaanse vogelkers per gemeente waren afkomstig van een inventarisatie door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN); zij werden bewerkt tot gegevens per uurhok. Gegevens over de teelt van peer in Nederland waren afkomstig van het Landbouw-Economisch Instituut (LEI). Het voorkomen van peer werd representatief geacht voor fruitgewassen in het algemeen. Het economisch belang van de loodglansziekte is waarschijnlijk na pruim het grootst bij peer. Het voorkomen van Amerikaans vogelkers, peer of beide werd met verschillende coderingen per uurhok voor heel Nederland aangegeven.

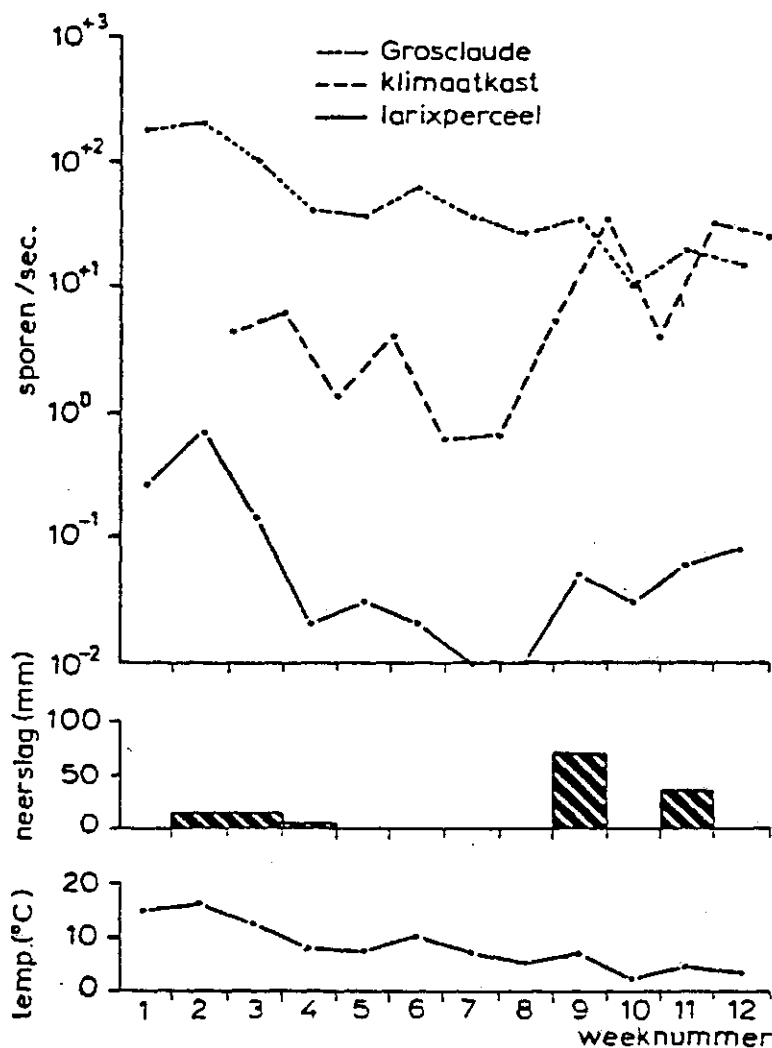
4. RESULTATEN RISICO-SCHATTING

4.1 Percentage zieke bomen of struiken ten gevolge van de voorgenomen activiteit

4.1.1 Fructificatie en start van sporen

In het modelbos van 250 x 250 m kwamen 62.500 x 0,75 stobben voor met elk maximaal 5 cm² aan vruchtlichamen; in totaal 3,3.10⁵ vruchtlichamen.

De start van sporen (per cm² vruchtlichaam per seconde) zoals bepaald door Grosclaude (1969) in het laboratorium, en door ons gemeten in het bos in de herfst van 1983 en in een klimaatkast met vruchtlichamen uit hetzelfde bos is weergegeven in Figuur 5. De uitkomsten werden per week gemiddeld. De relatieve luchtvochtigheid was in de meetperiode altijd groter dan 90%.



Figuur 5. Start van sporen uit vruchtlichamen van *Chondrostereum purpureum* in een larixperceel, in een klimaatkast en volgens Grosclaude (1969). De aantallen hebben betrekking op 1 cm² vruchtlichaam en werden per week gemiddeld. Voor elk weeknummer is de gemiddelde temperatuur en de totale hoeveelheid neerslag aangegeven. Week 1 begon op 26 september 1983.

Uit deze resultaten blijkt, dat de in het veld gemeten waarden steeds tenminste een factor 10^2 lager waren dan die volgens Grosclaude. De in de klimaatkast gemeten waarden na een periode van regenval in week 9 waren bij benadering gelijk aan die volgens Grosclaude (1969); vóór week 9 waren ze een factor 10 lager dan volgens Grosclaude. De in het veld gevonden waarden zijn mogelijk niet geheel overeenkomstig de werkelijkheid, omdat steeds aan dezelfde stobben werd gemeten, die gedurende de gehele periode waren afgedekt met glazen bekerglazen.

Voor de verdere berekeningen werden de waarden volgens Grosclaude aangehouden; deze worden beschouwd als maximale waarden voor de start van sporen.

4.1.2 Emissie

De door het simulatiemodel berekende waarden voor sporedichtheid in het bos op 0,5 m hoogte en windsnelheid op 2,0 m hoogte kwamen goed overeen met gemeten waarden. De toetsing van het model moet evenwel als zeer globaal worden beschouwd, omdat de sporedichtheden aan de grens van het meetbare lagen en de windsnelheid in het bos vaak lager dan de aanspreekgevoeligheid van de gebruikte windsnelheidsmeter.

Resultaten van modelberekeningen voor 3 klassen van windsnelheid boven het bos zijn weergegeven in tabel 1. Van de sporen, die niet uit het bos ontsnappen komt het overgrote deel op de bodem terecht, een klein deel wordt op takken en bladeren afgezet. Uit de cijfers in de tabel blijkt, dat bij toenemende windsnelheid zowel de horizontale als de verticale ontsnappingsfractie toenemen.

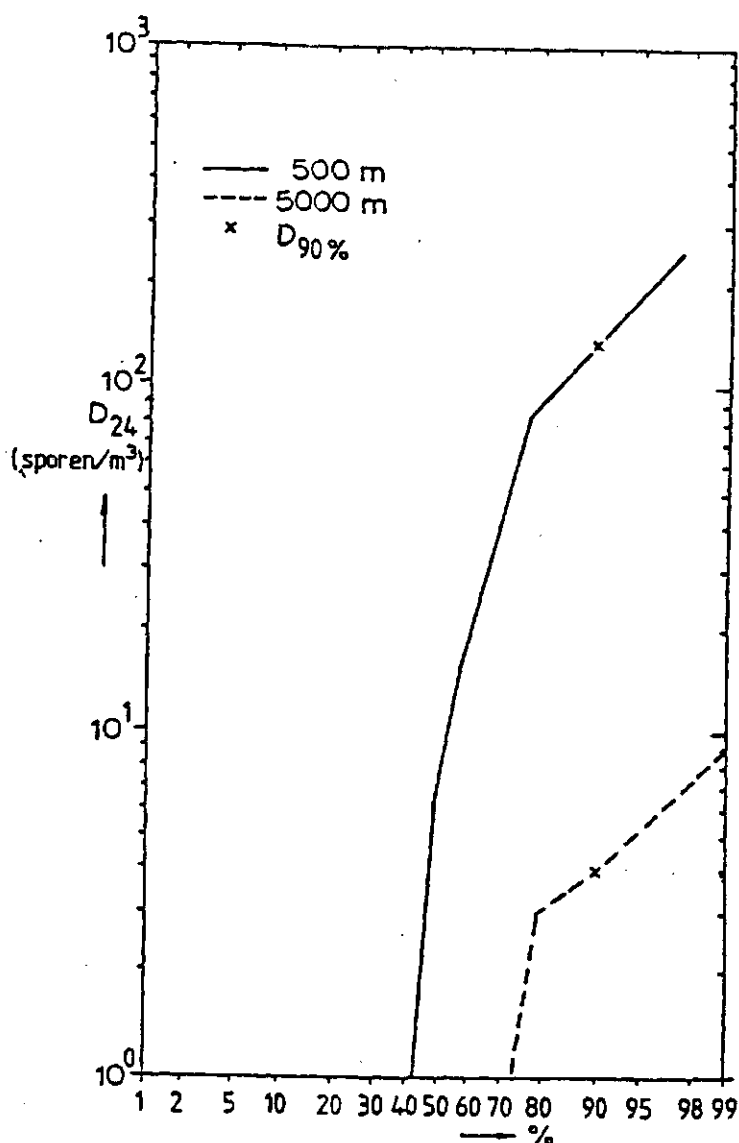
Tabel 1. Ontsnappingsfracties van sporen van *Chondrostereum purpureum* uit een lariksbos bij verschillende windsnelheidsklassen, berekend met een simulatiemodel.

windsnelheid boven het bos (m.s ⁻¹):	ontsnappingsfractie:	
	horizontaal	verticaal
0,5 - 2,5	0,19	0,07
2,5 - 5,5	0,36	0,17
> 5,5	0,47	0,23

4.1.3 Transmissie en immissie

Wind kwam het meest uit het zuid-oosten. Gedurende 67% van de tijd was er geen wind of wind uit een andere richting. De referentiepunten werden gekozen ten noordwesten van het modelbos. De grootte van de transmissie (immissiedichtheid op de referentiepunten) werd uurlijks berekend; uit de uurwaarden werd een daggemiddelde D_{24} berekend. In figuur 6 is D_{24} uitgezet tegen het percentage van het aantal dagen waarin hij maximaal voorkomt. Uit de grafieken kan worden afgelezen, dat op 500 m de immissiedichtheid gedurende 90% van de tijd ($D_{90\%}$) 160 sporen.m⁻³ of minder bedroeg, op 5.000 m 4 sporen.m⁻³ of minder.

Immissie, het aantal sporen dat per etmaal op de wonden van een pruimeboom kan landen, bedroeg volgens de berekeningen voor 500 en 5.000 m maximaal respectievelijk 144 en 4.



Figuur 6. Frequentieverdeling van daggemiddelde sporedichtheden D_{24} van *Chondrostereum purpureum* op 500 en 5.000 m van een toegevoegde infectiebron in de meest voorkomende windrichting. $D_{90\%}$ is de maximale dichtheid die gedurende 90% van het aantal dagen optreedt.

4.1.4.1 Maximale kans op infectie en ziekte bij fruit- en sierbomen

In de modelsituatie, waarin voor een aantal parameters zoals start van sporen, emissie en richting van referentiepunten ten opzichte van het bos maximale waarden werden gekozen, kan op 500 m van het bos de maximale kans op ziekte bij pruim (40%) reeds worden bereikt als wonden minder dan 24 uur aan infectie worden blootgesteld. Dezelfde uitspraak geldt ook voor andere fruit- en sierbomen, die tot het geslacht *Prunus* behoren, onder de extra veronderstelling dat het wondoppervlak per boom gelijk is aan dat van pruim.

Op 5.000 m van het bos is het aantal sporen, dat de wonden van een fruitboom kan bereiken 1/40 deel van het aantal op 500 m. De kans op infectie en ziekte is op 5.000 m aanzienlijk kleiner dan op 500 m; de waarde van 100 sporen per boom wordt bereikt als wonden minimaal 28 dagen aan infectie worden blootgesteld.

4.1.4.2 Beschadiging van inheemse, wilde *Prunus*soorten na inoculatie

De vatbaarheid van inheemse, wilde *Prunus*soorten werd getoetst door inoculatie van verse houtwonden met mycelium van *C. purpureum*. Tabel 2a geeft een overzicht van de uitgevoerde experimenten met *P. avium*, *P. padus* en *P. spinosa*.

Bomen van *P. avium* (code 11 in tabel 2a) van 5 -10 m hoog en een stamdiameter van 6-10 cm bevonden zich in een bos bij Oosterbeek. Wonden werden gemaakt door een schuin neerwaarts gerichte zaagsnede van 1-2 cm diep in de stam.

In een beukebos in Hemmen komt *P. padus* voor als boom of struik. Wonden werden gemaakt door afzetten van bomen met een stamdiameter van 2-3 cm (code 21), insnijden van de stam van bomen met een stamdiameter van 1-2 cm (code 22) of inzagen van de stam van bomen met een stamdiameter van 6-10 cm (code 23). Bij *P. padus* in een jonge beplanting te Wageningen (code 24) werden wonden gemaakt door afknippen van de top van verticaal staande takken met een diameter van 1-2 cm.

P. spinosa met code 31 kwam voor in een jonge wegbeplanting te Oosterhout (G). Struiken werden verwond door afknippen van de top van verticaal staande takken met een diameter van 1-2 cm. *P. spinosa* met code 32 kwam voor als struik in een haag aan de rand van een bos te Rhenen. Wonden werden gemaakt door inzagen van stammen met een diameter van 4-6 cm of door afknippen van verticaal staande takken met een diameter van 2-4 cm. *P. spinosa* met code 33 kwam voor als struik aan de rand van een eikehakhoutbosje te Wageningen. Wonden werden aangebracht door afzagen van de top van stammen met een diameter van 3-6 cm op ongeveer 1 m boven de grond.

Inoculatie van de wonden vond plaats in de herfst. De proeven werden 1 en 2 jaar na inoculatie beoordeeld. In tabel 2b zijn de resultaten weergegeven als percentage behandelde bomen of struiken met of zonder symptomen. Bij verwonde, niet geïnoculeerde controles werd nooit loodglans vastgesteld. In één experiment (code 21) trad sterfte op bij een niet geïnoculeerde controle (1 stobbe = 10%).

Bij *P. avium* vertoonden alle geïnoculeerde bomen in het eerste jaar loodglans; in het tweede waren ze alle hersteld. Hieruit kan worden geconcludeerd, dat betrekkelijk forse bomen van *P. avium* weinig vatbaar zijn voor *C. purpureum*.

Bij *P. padus* trad na inoculatie van stobben betrekkelijk veel sterfte (33%) op in het tweede jaar. Na aanbrengen van de schimmel op tak- of stamwonden trad bij 1 individu loodglans op (minder dan 4%) en geen sterfte. Ook *P. padus* kan als weinig vatbaar worden gekwalificeerd.

Na behandeling van *P. spinosa* met *C. purpureum* trad in het eerste jaar bij minimaal 70% van het aantal struiken loodglans op. In een aantal gevallen (12-23%) trad in het tweede jaar sterfte op, de overige struiken waren in de meeste gevallen hersteld. *P. spinosa* kan worden gekwalificeerd als weinig tot matig vatbaar voor *C. purpureum*.

4.1.5 Schade

Voor fruit- en sierbomen die tot het geslacht *Prunus* behoren kan worden aangenomen, dat beschadiging steeds leidt tot schade. Uitspraken over kans op beschadiging gelden dan ook voor kans op schade. Van andere vatbare fruit- en sierbomen is bekend, dat ze zich vaak herstellen van ziekte; de kans op schade is voor deze soorten kleiner dan de kans op beschadiging.

Bij wilde, inheemse *Prunus*soorten trad na aanbrengen van een onnatuurlijke hoge infectiedruk weinig of geen sterfte op. Het toegevoegde risico voor deze en andere wilde soorten achten wij daarom verwaarloosbaar klein.

Tabel 2a. Overzicht van experimenten waarbij inheemse, wilde *Prunus*soorten zijn behandeld met mycelium van *Chondrostereum purpureum*

Soort	Code	Aantal behandeld	Aantal gescoord na:	
			1 jaar	2 jaar
<i>P. avium</i>	11	6	6	6
<i>P. padus</i>	21	26	24	18
	22	15	15	15
	23	10	10	9
	24	8	8	4
<i>P. spinosa</i>	31	20	20	9
	32	14	14	13
	33	20	20	12

Tabel 2b. Beoordeling van de in tabel 2a beschreven experimenten na 1 en 2 jaar: percentage bomen of struiken zonder symptomen, met loodglans of afgestorven.

Code	% na 1 jaar			% na 2 jaar		
	gezond	loodglans	dood	gezond	loodglans	dood
11	0	100	0	100	0	0
21	17	75*	8	50	17*	33
22	100	0	0	100	0	0
23	100	0	0	89	11*	0
24	100	0	0	100	0	0
31	25	75	0	44	44	12
32	14	86	0	77	0	23
33	30	70	0	83	0	17

* loodglans niet eenduidig vast te stellen bij *P. padus*

4.2 Vergelijking van bestaande en toegevoegde emissie en immissie

4.2.1 Fructificatie en start van sporen

In het gebied rond Oosterbeek werd op 25 aselekt gekozen plaatsen, in loofbos (code 3) en op 6 plaatsen in klein bos (code 4) steeds 1.000 m² bemonsterd. Op 3 plaatsen werd gemiddeld 251 cm² aan vruchtlichamen gevonden.

Het oppervlak aan vruchtlichamen in gemengd bos (code 2) werd gesteld op de helft van dat in loofbos of klein bos.

In het proefgebied werden 55 aselekt gekozen lintvormige, houtige begroeiingen langs openbare wegen bemonsterd. In één lint werden vruchtlichamen aangetroffen (170 cm²). In en buiten het proefgebied werden 10 linten bemonsterd waar in het voorafgaande jaar bomen waren gekapt. In alle gevallen werden vruchtlichamen gevonden, gemiddeld 135 cm² per lint. De gevonden waarden voor select en aselekt gekozen linten zijn gemiddeld.

In cellen met code 0, in fruitboomgaarden (inclusief windschermen, code 6) en boomkwekerijen (code 7) werd het oppervlak aan vruchtlichamen op 0 gesteld.

4.2.2 Relatieve emissiewaarden

Op basis van aanwezige vruchtlichamen en ontsnappingsfractie werd per cel en per code een relatieve emissiefactor (REF) berekend. REF-waarden en de frequenties waarmee iedere code voorkwam in het proefgebied rond Oosterbeek zijn weergegeven in tabel 3.

In tabel 4 zijn REF-waarden voor toegevoegde en bestaande infectiebronnen gesommeerd voor de gebieden rond Olst, Oosterbeek, Valkenburg, Wageningen en Weert. De toegevoegde emissie lag in dezelfde orde van grootte als bestaande emissie (Oosterbeek, Weert) of was lager dan bestaande emissie (Olst, Valkenburg, Wageningen).

4.2.3 Transmissie

In figuur 7a is de ligging van de bestaande infectiebronnen, toegevoegde (extra) infectiebronnen en fruitteelt in het gebied rond Oosterbeek aangegeven. Bestaande bronnen kwamen verspreid over het hele gebied voor, toegevoegde infectiebronnen alleen in het noordelijk deel, fruitteelt alleen in het zuidelijk deel van het gebied.

Resultaten van transmissieberekeningen zijn vermeld in figuur 7b. In het noordelijk deel lag de toegevoegde immissiedichtheid op de meeste punten in dezelfde orde van grootte als bestaande immissiedichtheid (0), op enkele punten een orde van grootte hoger (+ 1) en op enkele punten een orde van grootte lager (-1). In het zuidelijk deel van het gebied was de toegevoegde immissiedichtheid op alle punten een orde van grootte lager dan bestaande immissiedichtheid.

Tabel 3. Frequentie waarmee rastercellen met onderscheiden vegetatietypen voorkomen op een topografische kaart van Oosterbeek en relatieve emissiewaarde (REF) per cel en per gecodeerde vegetatietype

Code	Type bron	Aantal malen voorkomend	REF-waarde
0	-	933	0
1	toegevoegd	118	26
2	bestaand	274	8
3	bestaand	101	17
4	bestaand	43	11
5	bestaand	79	1
6	-	47	0
7	-	5	0

Tabel 4. Gesommeerde, relatieve emissiewaarden voor bestaande infectiebronnen (code 2, 3, 4 of 5) en toegevoegde infectiebronnen (code 1) in landelijke gebieden van 10 x 10 km. De namen van de landelijke gebieden verwijzen naar gelijknamige topografische kaarten (schaal 1:25.000)

Landelijk gebied	Gesommeerde, relatieve emissie	
	bestaand	toegevoegd
Olst	2279	260
Oosterbeek	4461	3068
Valkenburg	2837	0
Wageningen	3008	1040
Weert	2311	5122

4.3 Relatief risico voor verschillende delen van Nederland

In figuur 8 is per uurhok voor heel Nederland aangegeven of peer, Amerikaanse vogelkers of beide voorkomen. Uit andere, hier niet getoonde gegevens van het LEI bleek, dat appel, pruim en kers in dezelfde gebieden worden geteeld als peer. In 20% van de uurhokken met fruitteelt komt ook Amerikaanse vogelkers voor. In deze uurhokken is het risico voor de fruitteelt vergelijkbaar met dat in de vijf landelijke gebieden waarvoor toegevoegde en bestaande emissie zijn vergeleken. Dit houdt in, dat hier de toegevoegde emissie maximaal dezelfde orde van grootte kan hebben als de bestaande emissie. In de overige uurhokken is het risico voor de fruitteelt kleiner. Het geschetste beeld is van een hoog abstractieniveau; het geeft een globale benadering van de werkelijkheid. Voor operationele toepassing is gedetailleerdere kennis van lokale situaties noodzakelijk.

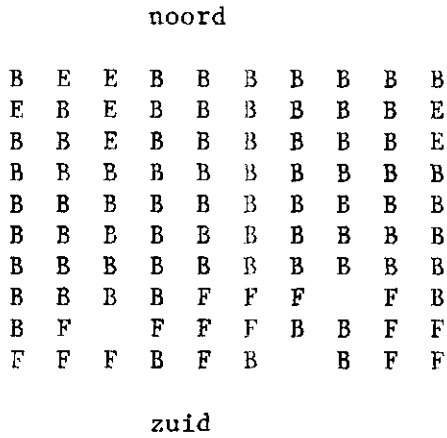


Fig. 7a. Ligging van bestaande infectiebronnen (B), extra infectiebronnen (E) en fruitteelt (F) op een topografische kaart van Oosterbeek (10 x 10 km)

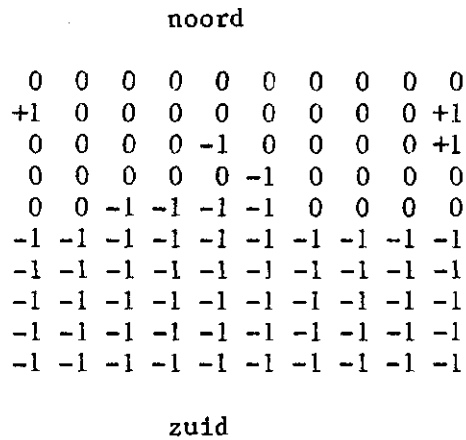


Fig. 7b. Relatieve immissiewaarden (log toegevoegd/bestaand) ten gevolge van emissie door toegevoegde en bestaande infectiebronnen in een gebied van 10 x 10 km rond Oosterbeek

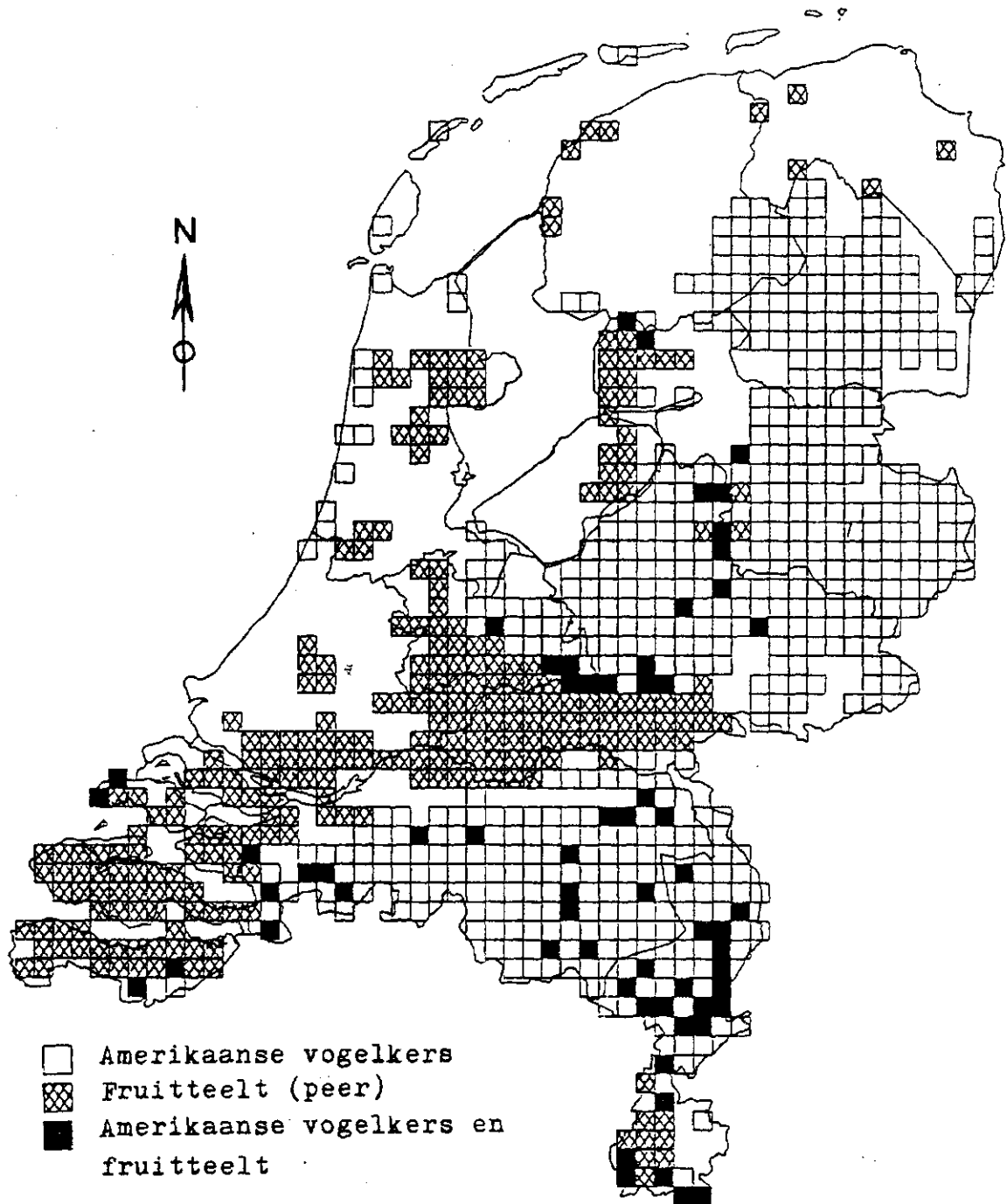


Fig. 8. Voorkomen van Amerikaanse vogelkers, teelt van fruit (peer) of beide in uurhokken in Nederland

5. RISICO-REDUCTIE

In het voorgaande hoofdstuk is het risico geschat, dat kan optreden na toepassing van *C. purpureum* als bestrijdingsmiddel. Het is voorstelbaar, dat voor enkele locale situaties reductie van risico wenselijk wordt geacht. Daarom wordt hieronder een overzicht gegeven van de mogelijkheden voor reductie van risico. Het risico, dat ten gevolge van infectie van vatbare bomen door *C. purpureum* schade optreedt kan worden verkleind door deze bomen te snoeien in een seizoen waarin de schimmel niet sporuleert, of de houtwonden na snoei in de herfst af te dekken (Dye, 1972; Van der Scheer & Wondergem, 1981). Deze maatregelen worden reeds aanbevolen aan telers van vatbare fruitgewassen om het bestaande risico te verkleinen. Ze verkleinen uiteraard in gelijke mate ook het toegevoegde risico.

Het toegevoegde risico kan worden gereduceerd door gebruik van een isolaat van *C. purpureum*, dat minder sporen produceert dan de tot nu toe gebruikte isolaten. Bij gebruik van een isolaat, dat een factor 10 minder sporen produceert, zal de toegevoegde immismissie eveneens met een factor 10 worden gereduceerd; de toegevoegde infectiekans zal minder dan tienmaal zo klein zijn. Bij toetsing van twee isolaten en enkele monospore-cultures van *C. purpureum* bleek het ene isolaat significant minder vruchtlichamen te produceren dan het andere isolaat en de monospore-cultures. Het verschil was minder dan een orde van grootte, en dus zal bij gebruik van dit isolaat als bestrijdingsmiddel het toegevoegde risico in dezelfde orde van grootte liggen als bij gebruik van het andere isolaat of een van de monospore-cultures.

Een asporogene stam van *C. purpureum* kan worden verkregen door selectie binnen de huidige populatie van de schimmel. De frequentie waarmee asporogene stammen in de natuur voorkomen is waarschijnlijk zeer klein, omdat ze door selectie snel verdwijnen. Mutaties kunnen in het laboratorium worden opgewekt, waardoor de frequentie van asporogene mutanten in een mengsel kan worden verhoogd. Asporogene mutanten in een mengsel van sporen of isolaten kunnen worden opgespoord door isolatie en toetsing van het sporulatievermogen op hout. In de genetica bestaan technieken om het opsporen van mutanten te vereenvoudigen (Stahl & Esser, 1976). Deze technieken zijn niet eerder bij *C. purpureum* of een verwante schimmel toegepast. Aan de toepassing zal daarom enig fundamenteel genetisch onderzoek aan *C. purpureum* vooraf moeten gaan.

Aan een asporogene mutant van *C. purpureum* moet de eis worden gesteld, dat zijn virulentie niet aanzienlijk kleiner is dan die van het oorspronkelijke isolaat. De frequentie, waarmee asporogene, virulente stammen van *C. purpureum* voorkomen in een mengsel van stammen, is niet voorspelbaar. De hoeveelheid tijd en geld, die moet worden geïnvesteerd om een dergelijke stam te isoleren is dan ook niet goed te schatten.

6. DISCUSSIE

Het basispatroon van de risico-analyse (Rowe, 1980) werd niet eerder gebruikt als denkmodel om de nevenwerking van een biologisch bestrijdingsmiddel te beoordelen. Het basispatroon bestaat uit risico-vaststelling (identificatie en schatting) en risico-evaluatie (reductie en perceptatie).

Chondrostereum purpureum is reeds lang bekend als saprofiet en als verwekker van ziekte bij een aantal houtige plantesoorten. Door het economisch belang van de ziekte in de fruitteelt, met name bij pruim, is reeds veel onderzoek verricht aan de biologie van de schimmel en de mogelijkheden om ziekte te vermijden (Van der Scheer & Wondergem, 1981). Identificatie van het toegevoegde risico ten gevolge van de voorgenomen activiteit leverde daarom weinig problemen op; de ongewenste gebeurtenis, die leidt tot toegevoegd risico kon vrij nauwkeurig worden omschreven. Risico ten gevolge van andere ongewenste gebeurtenissen werd verwaarloosbaar klein geacht.

Aan de hand van gemeten, berekende en aangenomen waarden voor parameters werd vastgesteld in welke orde van grootte de kans op schade voor fruit- en sierbomen maximaal kan zijn ten gevolge van de voorgenomen activiteit. De resultaten maken duidelijk hoe het aantal sporen, dat de wonden van een fruit- of sierboom bereikt, afneemt naarmate de afstand tot het bos met Amerikaanse vogelkers toeneemt. Bovendien is gedemonstreerd hoe het aantal sporen, dat gemiddeld per dag een wond kan bereiken, binnen een sporulatieseizoen van *C. purpureum* kan variëren.

In de directe omgeving van het bos is de sporedichtheid in de lucht moeilijk berekenbaar; zij kan hoog zijn. Fruit- en sierbomen komen in het algemeen niet direct naast bos voor; voor wilde plantesoorten kan dat anders zijn. De vatbaarheid van inheemse, wilde *Prunus*soorten is experimenteel vastgesteld door inoculatie van verse houtwonden met mycelium van *C. purpureum*. Uit de geringe vatbaarheid van deze soorten en het gegeven, dat *Prunus*soorten in het algemeen vatbaarder zijn dan andere soorten, is geconcludeerd, dat het risico voor wilde plantesoorten als gevolg van de voorgenomen activiteit verwaarloosbaar klein is.

Voor vijf landelijke gebieden van elk 10 x 10 km werd de gesommeerde, toegevoegde emissie vergeleken met bestaande emissie. De toegevoegde emissie was steeds in dezelfde orde van grootte als de bestaande emissie of zelfs lager. Voor een van de vijf gebieden (Oosterbeek) werden ook de immissiedichtheden vergeleken die het gevolg zijn van toegevoegde en bestaande emissie. In het noorden van het gebied, waar alle toegevoegde infectiebronnen voorkwamen, was de toegevoegde immissiedichtheid op de meeste referentiepunten in dezelfde orde van grootte als de bestaande immissiedichtheid, op enkele punten een orde van grootte hoger, en op enkele andere punten een orde van grootte lager. In het zuidelijke deel van het gebied, waar alle fruitteelt voorkomt, was de toegevoegde immissie op alle punten een orde van grootte lager dan de bestaande immissie. In deze benaderingswijze werd er van uitgegaan, dat vruchtlichamen, die voor een bepaald vegetatie-type zijn vastgesteld, regelmatig over alle vegetatie-eenheden van dat type in het gebied zijn verdeeld. In werkelijkheid was dit niet het geval. Uitspraken aan de hand van seizoen-gemiddelde immissiewaarden zijn alleen geldig als ze betrekking hebben op een groot deel van het gebied. Uitspraken over afzonderlijke referentie-punten zijn alleen geldig als ze betrekking hebben op een groot aantal herfst-seizoenen.

Een kaart van Nederland werd verdeeld in rastercellen van 5 x 5 km (uurhokken). Per uurhok werd aangegeven of daar al dan niet bos met Amerikaanse vogelkers voorkomt, en of er peer wordt geteeld. De teelt van peer is representatief voor die van fruitgewassen in het algemeen. In 20% van de uurhokken met fruitteelt kwam ook bos met Amerikaanse vogelkers voor. Het toegevoegde risico voor de fruitteelt in deze uurhokken is vergelijkbaar met dat in de gebieden waarvoor toegevoegde en bestaande emissie werden vergeleken. In de overige uurhokken met fruitteelt is het risico kleiner.

Het uitgevoerde onderzoek omvat een deel van een risico-beoordeling. Wij verwachten, dat op basis van de hier gegeven resultaten een verantwoord oordeel over de maatschappelijke aanvaardbaarheid van de voorgenomen activiteit mogelijk zal zijn. Als die beslissing positief uitvalt, kan de technische en economische evaluatie van de toepassing van *C. purpureum* als bestrijdingsmiddel worden voortgezet.

Het basisschema van de risico-beoordeling bleek een goed denkmodel te zijn, dat voor de evaluatie van de nevenwerking van een biologisch bestrijdingsmiddel toepasbaar was. Naar verwachting wordt door toepassing van dit schema de problematiek inzichtelijk, zowel voor de beoordelaar als voor een groter publiek. Het is wel wenselijk, dat in toekomstige, soortgelijke gevallen, in een vroeger stadium overleg plaatsvindt tussen uitvoerder van het onderzoek en beoordelaar over de aandacht, die aan afzonderlijke onderwerpen moet worden besteed. Dan zal ook aan een breder publiek duidelijk worden welke argumenten bij de beoordeling meespelen, en wordt het onderwerp nog beter bespreekbaar.

SAMENVATTING

Sinds enkele jaren wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheid om de schimmel *Chondrostereum purpureum* toe te passen als bestrijdingsmiddel tegen Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) in Nederland, om daarmee deze vaak als ongewenst beschouwde plantesoort terug te dringen tot een door beheerders gewenst niveau. Doel van het in dit verslag beschreven onderzoek was het vaststellen van het risico, dat als gevolg van deze voorgenomen activiteit kan optreden voor planten waartegen de bestrijding niet is gericht.

Als gevolg van de voorgenomen activiteit ontstaan op stobben van Amerikaanse vogelkers vruchtlichamen met sporen van *C. purpureum*, die met de wind kunnen worden verspreid. *Er is sprake van een ongewenste gebeurtenis als de sporen vatbare bomen infecteren via verse houtwonden, de bomen ziek worden en ziekte leidt tot schade. Omdat de schimmel reeds in het milieu voorkomt is geen sprake van een nieuw risico maar van een toegevoegd risico.* De grootte van het risico, het produkt van kans op de ongewenste gebeurtenis en omvang van de gevolgen, werd zo goed mogelijk gekwantificeerd.

De ongewenste gebeurtenis werd opgesplitst in een aantal deelprocessen, die achtereenvolgens plaatsvinden. Aan de hand van gemeten, berekende en aangenomen waarden werd berekend hoeveel sporen maximaal per etmaal de wonden van vatbare fruitbomen op 500 en op 5000 m van het bos kunnen bereiken. *Uit de berekeningen en vergelijking met in de literatuur beschreven resultaten van infectieproeven is geconcludeerd, dat de maximale kans op ziekte voor fruitbomen op 500 m afstand van het bos betrekkelijk groot is. Op 5000 m van het bos was volgens de berekeningen het aantal sporen, dat op de wonden van een fruitboom kan landen 1/40 van het aantal op 500 m van het bos.*

Inheemse, wilde planten kunnen in de directe omgeving voorkomen van plaatsen waar Amerikaanse vogelkers wordt bestreden. De infectiedruk, waaraan deze wilde planten dan worden blootgesteld, is moeilijk berekenbaar; zij kan hoog zijn. De mate van vatbaarheid van de inheemse, wilde soorten boskriek (*Prunus avium*), vogelkers (*P. padus*) en sleedoorn (*P. spinosa*) werd experimenteel vastgesteld. Bij *P. avium* vertoonden alle geïnoculeerde bomen na 1 jaar loodglans; na 2 jaar waren ze alle weer hersteld. Bij *P. padus* werd na inoculatie van wonden op stam of tak minder dan 4% loodglans vastgesteld, zonder sterfte. Bij *P. spinosa* trad na inoculatie van wonden op stam of tak minimaal 70% loodglans op, gevolgd door sterfte in 12-23% van het aantal gevallen. *Onder de aanname, dat wilde Prunussoorten vatbaarder zijn dan andere wilde soorten is geconcludeerd, dat het risico voor wilde soorten ten gevolge van de voorgenomen activiteit verwaarloosbaar klein is.*

Voor gebieden bij Olst, Oosterbeek, Valkenburg, Wageningen en Weert werd aan de hand van schattingen van hoeveelheden vruchtlichamen van *C. purpureum* en berekeningen vastgesteld hoeveel sporen in de atmosfeer komen (emissie) na bestrijding van 1% Amerikaanse vogelkers (gebaseerd op de omlooptijd van naaldbos). Deze aantallen werden vergeleken met emissie uit bestaande infectiebronnen. *In twee van de vijf gebieden lag de toegevoegde emissie in dezelfde orde van grootte als de bestaande emissie, in de overige drie gebieden was zij lager.*

Na verdeling van een kaart van Nederland in rastercellen van 5 x 5 km (uurhokken) werd voor ieder uurhok aangegeven of daar Amerikaanse vogelkers en/of peer (representatief voor vatbare fruitgewassen) voorkomt. *In 20% van het aantal uurhokken met fruitteelt bleek Amerikaanse vogelkers voor te komen. Het risico voor de fruitteelt in deze uurhokken is vergelijkbaar met dat in de gebieden waarvoor bestaande en toegevoegde emissie zijn vergeleken; in de overige uurhokken is het risico kleiner.*

Risico als gevolg van de voorgenomen activiteit kan worden verkleind door vatbare bomen buiten het herfstseizoen te snoeien. Deze maatregel wordt reeds geadviseerd aan fruittelers om het bestaande risico te verkleinen. Het toegevoegde risico kan ook worden gereduceerd door gebruik van een asporogene

stam van *C. purpureum*. Er zijn twee werkwijzen aangegeven die kunnen leiden tot het verkrijgen van een asporogene stam.

De Plantenziektenkundige Dienst is ingevolge de Plantenziektenwet bevoegd om een oordeel te geven over de aanvaardbaarheid van de voorgenomen activiteit. Wij verwachten, dat mede op basis van de resultaten van dit onderzoek een weloverwogen oordeel mogelijk zal zijn.

LITERATUUR

- Auclair, A.N., & G. Cottam, 1971. Dynamics of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) in southern Wisconsin oak forests. Ecol. Monographs 41, 153-177.
- Bakker, J., 1963. De ontwikkelingsgeschiedenis van *Prunus serotina* Ehrh. in Nederland. RIVON-Mededeeling 147, 201-206.
- Bennett, M., 1962. An approach to the chemotherapy of silver leaf disease (*Stereum purpureum* (FR.)Fr.) of plum trees. Ann. Appl. Biol. 50, 515-524.
- Bintner, J., 1919. Silver leaf disease. Kew Bulletin (1919), 241-263.
- Bishop, G.C., 1978. Studies on silver leaf disease of stone and pome fruit trees. Ph.D. Thesis, Univ. of Adelaide, Australië.
- Brooks, F.T., & M.A. Brenchly, 1929. Injection experiments on plum trees in relation to *Stereum purpureum* and silver leaf disease. New Phyt. 28, 218-224.
- Butler, E.J., & S.G. Jones, 1949. Silver leaf of plum, *Stereum purpureum* (Fr.) Fr. In: Plant Pathology. MacMillan & Co., Londen, pp. 763-767.
- Carter, M.V., 1965. Ascospore deposition in *Eutypa armeniaca*. Austr. J. Agric. Res. 16, 825-836.
- Commissie ter bestudering van de maatschappelijke en ethische aspecten van werkzaamheden met erfelijkheidsmateriaal, 1983. Recombinant DNA. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Dye, M.H., 1972. Silver-leaf disease of fruit trees. Bull. 104 New Zealand Ministry of Agriculture and Fishery, 20 pp.
- Dye, M.H., 1974. Basidiocarp development and spore release by *Stereum purpureum*. N.Z. J. Agricult. Res. 17, 93-100.
- Eijsackers, H., 1978. Mogelijke nadelige invloeden van het onkruidbestrijdingsmiddel 2,4,5-T op de bodemfauna. Dissertatie, R.U. Leiden.
- Eijsackers, H., & W.J. Chardon, 1979. Nevenwerking van ammoniumsulfamaat op de bodemfauna. Ned. Bosbouw tijdschr. 50, 1-6.
- Eijsackers, H., & L. Oldenkamp, 1976. Amerikaanse vogelkers, aanvaarding of beperking? Landbouwkundig Tijdschrift 88, 366-375.
- Grosclaude, C., 1964. Le plomb des arbres fruitiers. IV. L'infection du pêcher et du prunier par le *Stereum purpureum*. Résultats d'inoculations artificielles et d'essais in vitro. Ann. Epiphyties 15, 5-9.
- Grosclaude, C., 1969. Note sur l'influence de la lumière sur la libération des basidiospores du *Stereum purpureum*. Ann. Phytopathol. 1, 107-111.
- Jong, M.D. de, C.J.E.A. Bulder, C.A.G.M. Weijers, & P.C. Scheepens, 1982. Myceliumproductie van *Chondrostereum purpureum* in vloeistofcultures. Intern verslag CABO, 12 pp.
- Legg, B.J., & F.A. Powell, 1979. Spore dispersal in a barley crop: a mathematical model. Agricult. Meteorol. 20, 47-67.
- Nieuwstadt, F.T.M., 1980. Prediction of air pollution frequency distribution. Atmospher. Envir. 1, 259-265.
- Rayner, A.D.M., 1977. Fungal colonization of hardwood stumps from natural sources. II. Basidiomycetes. Trans. Brit. Mycol. Soc. 69, 303-312.
- Rowe, W.D., 1980. Risk assessment approaches and methods. In: G. Conran (ed.), Society, Technology and Risk Assessment. Academic Press, New York, pp. 3-29.
- Runge, A., 1982. Pilzsukzession auf Stümpfen verschiedener Holzarten. In: H. Dierschke (ed.), Struktur und Dynamik von Wäldern. J. Cramer, Braunschweig.
- Scheepens, P.C., 1980. Bestrijding van Amerikaanse vogelkers met pathogene schimmels, een perspectief. CABO-Verslag 29, 14 pp.
- Scheepens, P.C., & J.C.J. van Zon, 1982. Microbial herbicides. In: E. Kurstak (ed.), Microbial and Viral Pesticides. Marcel Dekker, New York, pp. 623-641.
- Scheer, H.A.Th. van der, & H.J. Wondergem, 1981. Het optreden van loodglans en mogelijkheden tot bestrijding. De Fruitteelt 71, 242-245.

- Schlechte, G., 1978. Untersuchungen zur Biologie des Bleiglanzerregers *Stereum purpureum* (Pers. ex Fr.) Fr. und zu seiner Verbreitung in Niedersachsen. Dissertatie, Universiteit Hannover, 204 pp.
- Schroeder, D., 1983. Biological control of weeds. In: W.W. Fletcher (ed.), Recent Advances in Weed Research. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, pp. 41-78.
- Stahl, U., & K. Esser, 1976. Genetics of fruit body production in higher Basidiomycetes. Molec. Gen. Genet. 148, 183-197.
- TNO, Subcommissie Luchtverontreiniging, 1976. Modellen voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging inclusief aanbevelingen voor de waarden van parameters in het lange-termijnmodel. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Tweel, P.A. van den, 1984. *Prunus serotina*: van uitroeiing naar beheersing. Bosbouwvoorlichting 23, 77-81.
- Werkgroep Amerikaanse Vogelkers NRLO, 1979. De Amerikaanse vogelkers (I-III). Bosbouwvoorlichting 18, 88-89; 18, 103; 18, 122.
- Werkgroep Amerikaanse Vogelkers NRLO, 1980. De Amerikaanse vogelkers (IV-VII). Bosbouwvoorlichting 19, 5; 19, 19; 19, 36-37; 19, 65-67.

NAWOORD

In dit onderzoek hadden wij te maken met een ongewenste interactie tussen een schimmel en planten. Deze interactie is in dit verslag uitvoerig aan de orde geweest. Er was echter ook interactie tussen onszelf en een groot aantal andere personen. Deze interactie waarderen wij als zeer positief, omdat zij veel aan de originaliteit van dit onderzoek heeft bijgedragen. Enkele van deze personen willen wij hier met name noemen en bedanken, daarbij het risico nemend (grote kans met hopelijk gevolgen van geringe omvang) één of meer personen te vergeten.

In de eerste plaats geldt onze dank dr. J. de Flines (Programmacommissie Biotechnologie), dr. J.A. van Haasteren (DCMH, Hoofdafdeling Stoffen), dr. P. van Halteren (PD) en prof.dr. J.C. Zadoks (Fytopathologie LH), die het project wetenschappelijk hebben begeleid. Met name prof. Zadoks heeft veel bijgedragen tot de aanpak van het onderzoek.

Het onderzoek lag op de grens van veel verschillende vakgebieden. Aan het tot stand komen van dit verslag zijn vruchtbare discussies met vertegenwoordigers van die vakgebieden voorafgegaan: ing. C.G. Booy (Luchthygiëne en -Verontreiniging LH), prof.dr. P.A. Burrough (Bodemkunde en Geologie LH, nu R.U. Utrecht), ing. F. Douma (Rekencentrum LH), dr. H. Eijsackers (RIN), ir. H.D. Frinking (Fytopathologie LH), dr. J. Goudriaan (Theoretische Teeltkunde LH), ir. P. Hofschreuder (Luchthygiëne en -Verontreiniging LH), mw. dr. A.E. Jansen (Biologisch Station Wijster LH), ir. C.A.R. Meijneke (PD), ir. K. Nieuwert (SBB), ir. F.H. Rijdsdijk (SOW, voorheen Fytopathologie LH), drs. H.A.Th. van der Scheer (Proefstation voor de Fruitteelt), ir. G. van Tol (voorheen "De Dorschkamp"), G. Verhoek (SBB) en prof.dr. P. Zonderwijk (Vegetatiekunde, Planteoecologie en Onkruidkunde LH).

Trix Merkx, Arie Hoogerbrugge en Roel Groeneveld hebben op enthousiaste en vaardige wijze een bijdrage geleverd aan het experimentele gedeelte van het onderzoek. Jolanda ten Thijs, Frans Tromp, Jaqueline Vet en Patricia Wagenmakers hebben in het kader van hun studie aan het project meegewerkt.

M.D. de Jong en P.C. Scheepens