

# Effecten van etheen op planten rond lokale bronnen

Een risico-evaluatie

A.E.G. Tonneijck & C.J. van Dijk



Nota 42





# Effecten van etheen op planten rond lokale bronnen

Een risico-evaluatie

A.E.G. Tonneijck & C.J. van Dijk

Plant Research International B.V., Wageningen  
oktober 2000

Nota 42

© 2000 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317-477000  
Fax : 0317-418094  
E-mail : [post@plant.wag-ur.nl](mailto:post@plant.wag-ur.nl)  
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Toxicologische advieswaarden	5
3. DSM monitoringprogramma: vaststelling van de relatie tussen blootstelling en effect	7
4. Situatie rond bronnen van etheen: een vergelijking	11
5. Relevantie van epinastie bij aardappel als gevolg van blootstelling aan etheen	13
6. Risico-evaluatie rond lokale bronnen van etheen	15
6.1 Relevantie DSM veldwaarnemingen	15
6.2 Relevantie van de huidige criteria voor luchtkwaliteit	15
<i>Criteria voor 1-uursgemiddelde concentraties</i>	16
<i>Criteria voor 24-uursgemiddelde concentraties</i>	16
6.3 Afleiding van advieswaarden	16
<i>Korte-termijn advieswaarden voor industriële locaties (voorstel)</i>	17
<i>Lange-termijn grenswaarde voor industriële locaties (voorstel)</i>	17
7. Conclusies	19
Referenties	21



# Samenvatting

Het niveau van de advieswaarden voor etheen met betrekking tot de ecologische risico's rond lokale bronnen staat ter discussie. Naar aanleiding hiervan zijn in opdracht van het ministerie van VROM de actuele risico's voor planten van atmosferisch etheen rond DSM en andere lokale bronnen geëvalueerd. Twee aspecten waren hierbij met name van belang: in hoeverre is de gevoeligheid van aardappel representatief voor andere plantensoorten en in hoeverre zijn de emissies van DSM representatief voor die rond andere bronnen.

Aardappel behoort tot die plantensoorten die relatief gevoelig zijn voor etheen. In het onderzoek rond DSM werd epinastie bij aardappel geconstateerd maar reductie van de knolopbrengst werd niet waargenomen. Het is voornamelijk niet duidelijk hoe epinastie zich verhoudt tot effecten op groei en opbrengst. Met betrekking tot de representativiteit van aardappel voor andere plantensoorten is het aannemelijk te veronderstellen dat indien aardappel niet door etheen wordt beïnvloed ook andere gevoelige plantensoorten worden beschermd tegen negatieve effecten van etheen.

Er zijn nagenoeg geen meetreeksen beschikbaar waarbij effecten op planten onder buitenomstandigheden gecorreleerd zijn aan gemeten etheenconcentraties. Uit biomonitoringprogramma's blijkt echter wel dat effecten van etheen op planten kunnen voorkomen op relatief korte afstand van bronnen. Een inschatting op basis van emissiegegevens laat zien dat er met betrekking tot het risico van etheen voor planten verschillen te verwachten zijn tussen lokale bronnen.

Belangrijkste conclusie van de evaluatie is dat de DSM gegevens bruikbaar zijn voor het vaststellen van advieswaarden ter bescherming van gevoelige planten tegen etheen rond lokale, discontinue, bronnen. Aansluitend is een voorzet gegeven voor een eventuele herziening van interim-grens- en streefwaarden voor etheen waarbij onderscheid is gemaakt tussen korte- en lange-termijn advieswaarden.

## *Korte-termijn advieswaarden voor industriële locaties (voorstel)*

1 uur: 1150  $\mu\text{g m}^{-3}$ .  
24 uur: 75  $\mu\text{g m}^{-3}$  als 90-percentielwaarde.

## *Lange-termijn grenswaarde voor industriële locaties (voorstel)*

Groeiseizoen: 45  $\mu\text{g m}^{-3}$ .





# 1. Inleiding

Eind 1996 heeft AB-DLO (nu Plant Research International) op verzoek van VROM/DGM deelgenomen aan overleg met de provincie Limburg en DSM over de etheenproblematiek in die provincie. Het niveau van de advieswaarden voor situaties in de praktijk staat ter discussie. Als resultaat van dat overleg werd besloten dat er met betrekking tot de ecologische risico's rond lokale bronnen van etheen een evaluatie van de beschikbare kennis zou moeten worden uitgevoerd.

Algemeen doel van het onderzoek is de vaststelling van het actuele risico voor planten van atmosferisch etheen rond DSM en andere lokale bronnen. Belangrijk bij deze evaluatie zijn de gegevens van DSM die inmiddels zijn geëvalueerd. Twee vragen dienden met name te worden beantwoord:

- In hoeverre is de gevoeligheid van aardappel representatief voor andere plantensoorten;
- In hoeverre zijn de emissies van DSM representatief voor die rond andere bronnen.

Op basis van deze evaluatie wordt tevens een aanzet gegeven voor een eventuele herziening van interimgrens- en streefwaarden voor etheen.

In de directe omgeving van DSM komen als gevolg van normale bedrijfsvoering etheenconcentraties voor die hoger zijn dan recent geformuleerde advieswaarden voor het toxisch effect van etheen op planten (Tonneijck & Van Dijk, 1994). De gevolgen van deze overschrijding voor effecten van etheen op planten zijn slecht bekend. In een biomonitoring-onderzoek bij DSM is aangetoond dat aardappel reageerde met epinastie maar niet met verminderde knolopbrengst op een locatie in de omgeving van bronnen.

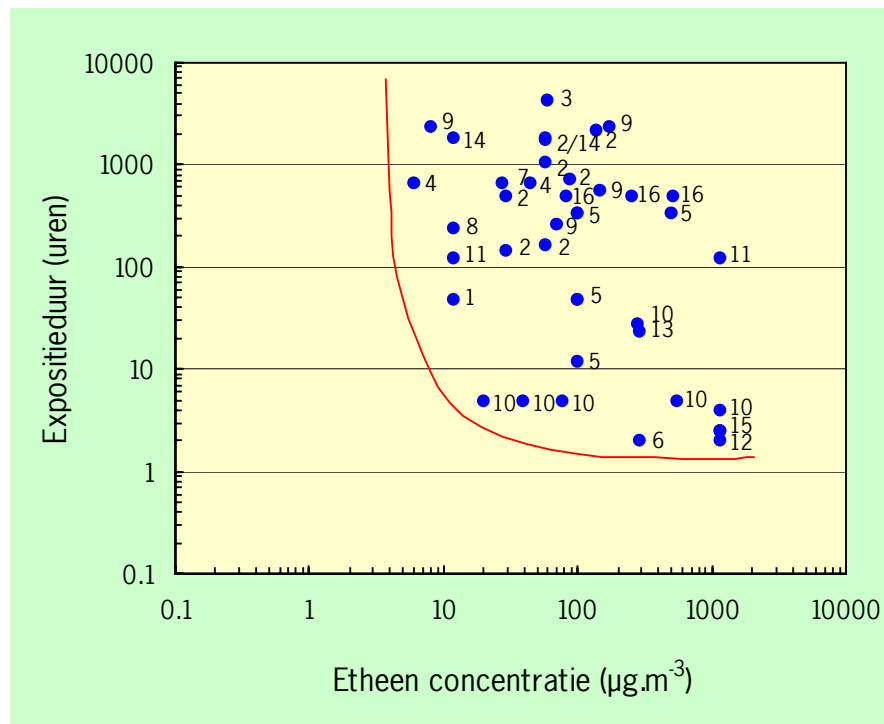
De resultaten van de risico-evaluatie worden in dit rapport beschreven. In Hoofdstuk 2 zijn de toxicologische advieswaarden geactualiseerd en wordt de relevantie ervan voor de praktijk vastgesteld. Hoofdstuk 3 gaat in op de gegevens van het DSM onderzoek en een kwantitatieve relatie tussen blootstelling en effect bij aardappel onder praktijkcondities wordt vastgesteld. In Hoofdstuk 4 wordt de situatie met betrekking tot etheen rond DSM vergeleken met die rond andere bronnen en in Hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de vraag in hoeverre het effect van etheen bij aardappel representatief is voor planten in het algemeen. Op basis van alle informatie wordt in Hoofdstuk 6 het risico van het fytotoxische effect van etheen rond lokale bronnen besproken en wordt een aanzet gegeven voor nieuwe interim-waarden om planten buiten tegen etheen te beschermen. Het rapport wordt afgesloten met een kort overzicht van de belangrijkste conclusies (Hoofdstuk 7).



## 2. Toxicologische advieswaarden

Op basis van literatuurgegevens zijn in 1994 toxicologische advieswaarden voor effecten van atmosferisch etheen op planten geformuleerd (Tonneijck & Van Dijk, 1994). Conform de procedures die in die studie zijn toegepast, zijn de literatuurgegevens geactualiseerd voor het opnieuw vaststellen van advieswaarden. Hierbij zijn de volgende effectparameters aangemerkt als relevant voor het functioneren van soorten op populatieniveau: epinastie, reductie van groei en opbrengst, remming van de fotosynthese, verwelking, chlorose, afwijkende groei en abscissie van plantendelen.

In Figuur 1 wordt een overzicht gegeven van de geactualiseerde gegevens met betrekking tot effectieve blootstellingniveaus van etheen en is de effectgrenslijn aangegeven. Deze effectgrenslijn kan worden beschouwd als een verzameling van blootstellingen, gedefinieerd naar concentratie en tijd, waarboven planten wel en waaronder planten geen risico lopen beschadigd te worden door etheen.



*Figuur 1. Effectieve blootstellingniveaus van etheen met de effectgrenslijn voor het 100 % beschermingsniveau (Uit: <sup>1</sup> Goeschl & Pratt, 1968; <sup>2</sup> Abeles & Heggstad, 1973; <sup>3</sup> Mooi, 1976; <sup>4</sup> Van Raaij, 1978; <sup>5</sup> Van Hant & Prinz, 1979; <sup>6</sup> Kays & Pallas, 1980; <sup>7</sup> Van Raaij, 1980; <sup>8</sup> Palls & Kays, 1982; <sup>9</sup> Reid & Watson, 1985; <sup>10</sup> Squier et al., 1985; <sup>11</sup> Beandry & Kays, 1988; <sup>12</sup> Dostal et al., 1991; <sup>13</sup> Van Essche & De Proft, 1992; <sup>14</sup> Blankenship et al., 1993; <sup>15</sup> Nowak & Fjeld, 1993; <sup>16</sup> Lee & LaRue, 1992).*

Op basis van deze informatie zijn de advieswaarden opnieuw berekend (Tabel 1) volgens de methode van Aldenberg & Slob (1993). Het maximaal toelaatbaar risiconiveau voor een kortdurende blootstelling is wat hoger en voor een langdurende blootstelling wat lager dan de bijbehorende effectgrenswaarde. De advieswaarden blijken nauwelijks gewijzigd ten opzichte van die welke eerder werden geformuleerd. Het enige verschil is dat het maximaal toelaatbare risiconiveau voor een langdurende blootstelling is toegenomen van 3,8 naar 4 µg m<sup>-3</sup>.

Tabel 1. *Advieswaarden ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) ter bescherming van planten tegen negatieve effecten van etheen.*

Blootstellingduur	Effectgrenswaarde <sup>1</sup>	Maximaal toelaatbaar risiconiveau <sup>2</sup>
Kortdurend (8 uur)	13,0	14,3
Langdurend (4 weken)	6,1	4,0

<sup>1</sup> Afgeleid uit Figuur 1

<sup>2</sup> Berekend voor bescherming van 95% van de plantensoorten, betrouwbaarheid 95%

De eerder geuite bezwaren over de relevantie van deze advieswaarden voor de situatie rond lokale bronnen blijven van kracht:

- De berekende advieswaarden voor langdurende blootstelling zijn laag en liggen op het niveau van de natuurlijke achtergrondconcentratie van maximaal  $5 \mu\text{g m}^{-3}$ ;
- De advieswaarden zijn afgeleid uit gegevens van begassingsexperimenten onder laboratorium- of kascondities. In deze omstandigheden zijn planten gevoeliger voor etheen dan in de veldsituatie;
- In de experimenten is sprake van continue blootstelling terwijl blootstelling rond lokale bronnen een discontinu karakter heeft en gekenmerkt wordt door kortdurend hoge pieken afgewisseld met perioden met geen of weinig etheen. Het is aannemelijk dat planten minder sterk reageren op een dergelijke discontinue blootstelling dan op een continue o.a. als gevolg van het optreden van herstelmechanismen (Tonneijck *et al.*, 2000; Van Raay, 1980).

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de berekende advieswaarden een overschatting zijn van de fytotoxische effecten van etheen in de veldsituatie en weinig relevant zijn om deze effecten te kwantificeren.

### 3. DSM monitoringprogramma: vaststelling van de relatie tussen blootstelling en effect

Voor de vaststelling van relevante advieswaarden en voor een goede beoordeling van het risico van effecten van etheen op planten in de veldsituatie zijn gegevens uit de praktijk erg belangrijk. Recent zijn gegevens beschikbaar gekomen uit een meerjarig monitoringprogramma van DSM die geschikt zijn voor een kwantitatieve analyse.

Etheen wordt geëmitteerd tijdens de productie van polyetheen. Van 1982 tot en met 1991 is op een locatie in de omgeving van vijf polyetheenproductie-units onderzoek verricht naar de niveaus van etheen en de resulterende effecten bij aardappel. Aardappel geldt als een voor etheen gevoelig gewas. De effectmetingen betroffen het vaststellen van epinastie aan individuele planten die gestandaardiseerd werden opgekweekt in bakken, en de bepaling van de opbrengst van planten geteeld in de volle grond. Voor nadere informatie over dit programma wordt verwezen naar de publicaties van Tonneijck *et al.* (1999; 2000) waaraan ook de resultaten zijn ontleend. Achtereenvolgens wordt kort ingegaan op het blootstellingregime, de gemeten effecten en de relatie tussen blootstelling aan etheen en de mate van epinastie.

Tabel 2. *Cumulatieve frequentieverdeling en het gemiddelde van uurwaarden van etheen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) gemeten op een locatie op 1000 m afstand van de DSM emissiebronnen voor de groeiseizoenen (mei-augustus) van 1982-1991 (uit: Tonneijck et al., 2000).*

Jaar	Percentiel			Maximum	Gemiddelde
	50	75	95		
1982	9	61	282	7276	61,5
1983	2	15	78	307	15,6
1984	6	23	119	738	24,7
1985	11	41	114	793	29,5
1986	8	47	153	1672	34,9
1987	7	44	120	617	28,5
1988	5	32	101	1330	23,6
1989	2	19	77	522	17,0
1990	2	24	99	3745	22,1
1991	5	38	126	1027	28,3
1982-1991	6	33	127	7276	28,8

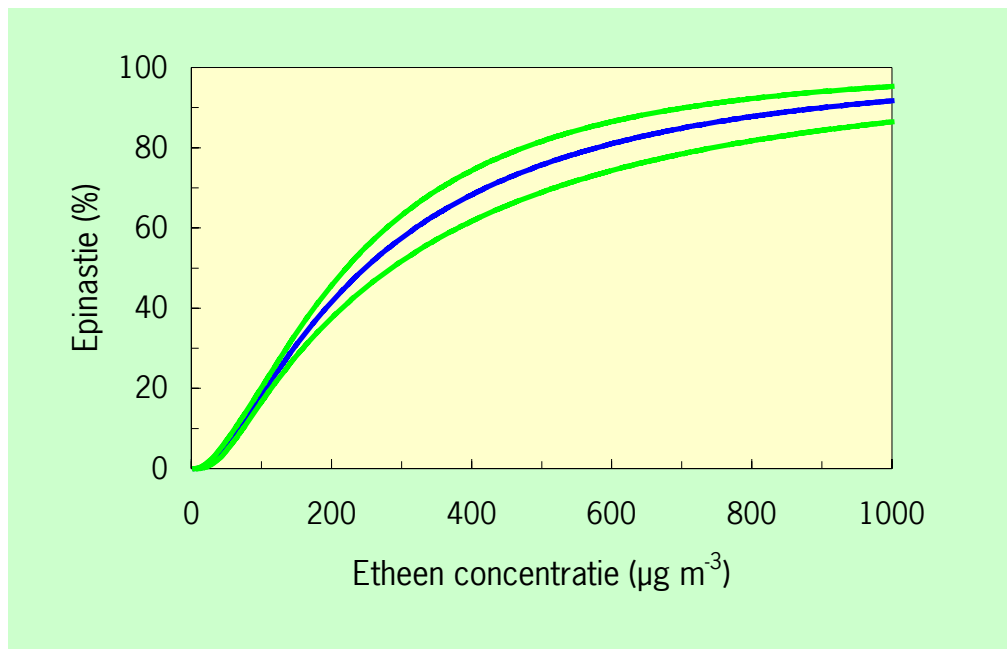
De etheenconcentraties varieerden sterk in de tijd. De maximale uurwaarde van etheen gemeten op de locatie in de periode 1982-1991 bedroeg  $307 \mu\text{g m}^{-3}$  in 1983 en  $7276 \mu\text{g m}^{-3}$  in 1982 (Tabel 2). De 95 percentielwaarde was in het algemeen hoger dan  $100 \mu\text{g m}^{-3}$ . Het groeisezoengemiddelde varieerde van  $15,6 \mu\text{g m}^{-3}$  in 1983 tot  $61,5 \mu\text{g m}^{-3}$  in 1982 en was gemiddeld 4-5 maal hoger dan de 50-percentielwaarde. Dit laatste geeft aan dat het groeisezoengemiddelde niveau sterk wordt beïnvloed door de hogere uurwaarden van etheen. De gemeten etheenniveaus overschrijden duidelijk de advieswaarden die in Hoofdstuk 2 zijn vermeld.

Tabel 3. *Percentage van uren met en zonder epinastie bij aardappel en de overeenkomstige cumulatieve frequentieverdeling en het gemiddelde van uurwaarden van etheen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) gemeten op een locatie op 1000 m afstand van de DSM emissiebronnen voor de groeiseizoenen van 1984-1991 (uit: Tonneijck et al., 2000).*

Jaar	Uren (%)	Perctieel			Maximum	Gemiddelde
		50	75	95		
<u>Epinastie</u>						
1984	5,3	123	157	277	612	132
1985	1,3	110	132	308	690	131
1986	6,3	114	187	263	634	129
1987	4,5	101	125	173	203	103
1988	2,8	66	127	206	551	93
1989	2,7	80	129	231	522	99
1990	4,5	82	135	305	3745	161
1991	17,8	88	123	197	440	96
1984-1991	5,1	99	145	250	3745	116
<u>Geen epinastie</u>						
1984	94,7	7	21	92	738	21
1985	98,7	9	40	108	316	27
1986	93,7	7	41	136	464	30
1987	95,5	9	37	119	256	27
1988	97,2	4	33	98	463	23
1989	97,3	3	19	68	383	16
1990	95,5	1	16	83	277	16
1991	82,2	4	27	89	264	21
1984-1991	94,9	6	29	101	738	23

Op dezelfde locatie werd epinastie (neerwaarts buigen van het blad) bij aardappel geconstateerd als gevolg van blootstelling aan etheen in de buitenlucht maar reductie van de knolopbrengst werd niet waargenomen. Epinastie kwam gemiddeld over alle jaren in circa 5% van de tijd voor (Tabel 3). Op basis van het percentage van uren met epinastie ten opzichte van het totaal aantal uren varieerde epinastie van 1% in 1985 tot 18% in 1991. De 50-percentielwaarden die overeenkwamen met epinastie, waren in het algemeen hoger dan die welke niet met epinastie correspondeerden. Dus, epinastie is meer waarschijnlijk bij hoge dan bij lage niveaus van etheen.

Epinastie is een reversibel effect. Het treedt snel op bij een verhoging van het etheenniveau en verdwijnt weer snel na een verlaging ervan. De mate van epinastie (uitgedrukt als percentage van uren met epinastie ten opzichte van het totaal aantal uren blootstelling bij een bepaald etheenniveau) bleek behalve van de etheenconcentratie ook afhankelijk te zijn van dampdrukdeficit, temperatuur, groeistadium van de plant en uur van de dag waarop de blootstelling plaatsvond. Op basis van urengegevens kon een goede relatie worden beschreven tussen de mate van epinastie bij aardappel en de blootstelling aan etheen voor gemiddelde condities (Figuur 2). Enige resultaten van berekeningen met dit model zijn weergegeven in Tabel 4. Een uurwaarde van  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  etheen komt overeen met 5% epinastie en een uurwaarde van  $70 \mu\text{g m}^{-3}$  met 10% epinastie.



*Figuur 2. Epinastie (%) in aardappel als functie van de uurwaarden van etheen. Het 95-betrouwbaarheidsinterval is eveneens aangegeven (uit: Tonneijck et al., 1999).*

De metingen van etheen gedurende 1982-1991 op de locatie vertoonden een gemiddelde 75-percentiel waarde van  $33 \mu\text{g m}^{-3}$  en een gemiddelde 95-percentiel waarde van  $127 \mu\text{g m}^{-3}$  (zie ook Tabel 2). De niveaus van etheen die corresponderen met 5% en 10% epinastie zijn hoger dan de 75-percentiel waarde en lager dan de 95-percentiel waarde. Dit betekent dus dat slechts de hogere uurwaarden van etheen belangrijk zijn bij het veroorzaken van epinastie bij aardappel. Daarnaast kan worden vastgesteld dat deze waarden veel hoger zijn dan de advieswaarden zoals afgeleid in Hoofdstuk 2. Planten buiten lijken dus inderdaad minder gevoelig voor etheen dan planten onder laboratorium-omstandigheden.

*Tabel 4. Berekende etheenconcentraties in relatie tot verschillende niveaus van epinastie bij aardappel.*

Epinastie (%)	Etheen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Epinastie (%)	Etheen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
5	50	25	125
10	70	50	250





## 4. Situatie rond bronnen van etheen: een vergelijking

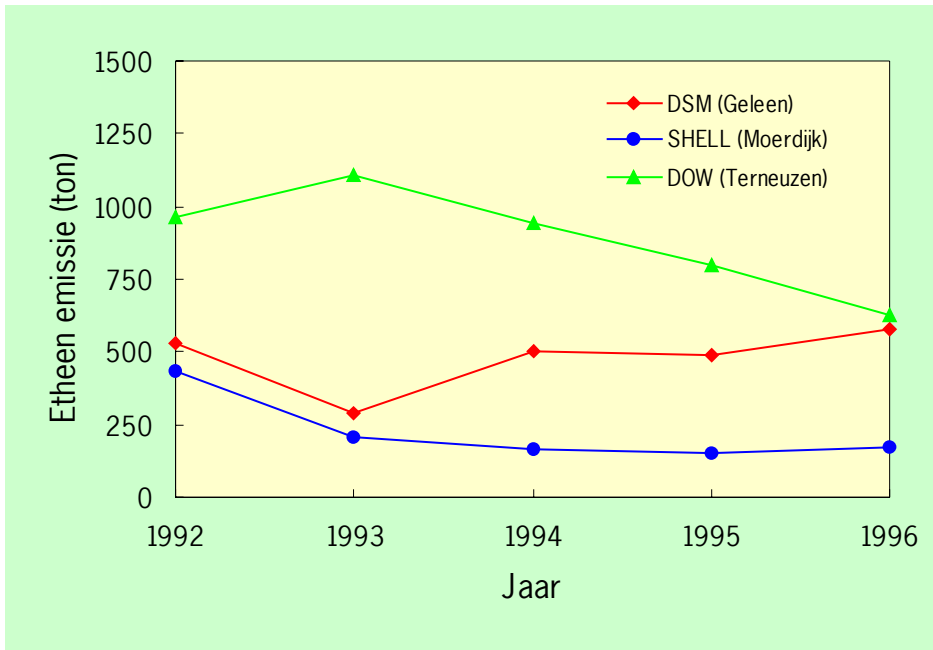
Op een aantal locaties rond verschillende etheenbronnen in Nederland is met behulp van indicatorgewassen onderzoek verricht naar de effecten van etheen op planten.

Op enkele locaties op korte afstand ten Oosten en Zuidoosten van Dow Benelux (Terneuzen) werden in 1978 etheeneffecten waargenomen bij verschillende plantensoorten (Van Raay, 1979a). Bij petunia en afrikaantje werd een afname van het aantal bloemen en de bloemdiameter waargenomen. Epinastie werd waargenomen bij jonge bladeren van aardappel. Eenmaal werd een directe relatie gelegd tussen het stoppen/starten van een productie-eenheid en het optreden van epinastie bij aardappel. Etheenconcentraties in de buitenlucht zijn daarbij niet gemeten.

Rond Shell Nederland Chemie (Moerdijk) werden in de periode 1976-1983 petunia en aardappel blootgesteld aan de buitenlucht. In 1977 werd op een locatie de etheenconcentratie gemeten:  $10 \mu\text{g m}^{-3}$  als 24-uurs gemiddelde (Van Raay, 1976; 1977; 1979b). Vanaf 1981 werden op alle locaties concentratiemetingen verricht. Aan etheen gerelateerde effecten werden niet waargenomen (Van der Eerden & Gremmen, 1981; 1982; 1983). Alleen in 1983 constateerden Van der Eerden & Gremmen (1984) enig verband tussen hogere etheenconcentraties en verkleining van de bloemdiameter bij petunia en verminderd knolgewicht bij aardappel. Het gemiddelde van de tien hoogste uurwaarden op drie locaties varieerde van  $14\text{--}70 \mu\text{g m}^{-3}$  voor de blootstellingperiode van petunia en van  $18\text{--}44 \mu\text{g m}^{-3}$  voor aardappel.

Er zijn nagenoeg geen meetreeksen beschikbaar waarbij effecten op planten onder buitenomstandigheden gecorreleerd worden aan gemeten etheenconcentraties. Uit het bovenstaande blijkt echter wel dat effecten van etheen op planten kunnen voorkomen op relatief korte afstand van discontinue bronnen.

Om toch enig inzicht te krijgen in de representativiteit van de situatie rond DSM voor die rond andere lokale bronnen zijn de etheenjaaremissies van DSM, Shell Ned. Chemie en Dow Benelux over de periode 1992–1996 met elkaar vergeleken (Figuur 3). Op basis van deze globale vergelijking is het niet uitgesloten dat het risico rond Dow Benelux groter is in vergelijking met de situatie rond DSM terwijl rond Shell Ned. Chemie het risico waarschijnlijk lager zal zijn. Dit beeld komt overeen met de aard en frequentie waarmee effecten van etheen op planten zijn waargenomen in verschillende biomonitoringprogramma's rond de betreffende bronnen.



*Figuur 3. Etheen emissies naar de lucht (ton) van DSM (Geleen), Shell Nederland Chemie (Moerdijk) en Dow Benelux (Terneuzen) van 1992 tot en met 1996 (Bron: VROM, afdeling Monitoring en Informatiemanagement. De gegevens zijn ontleend aan de individuele bedrijfsregistraties).*

## 5. Relevantie van epinastie bij aardappel als gevolg van blootstelling aan etheen

Etheen is een plantenhormoon en wordt door planten continu gevormd in kleine hoeveelheden. Blootstellingen aan exogeen etheen geven aanleiding tot een groot scala aan effecten afhankelijk van blootstellingsniveau en van interne en externe factoren.

De reacties van planten op etheen hangen sterk af van de soort en van het plantenorgaan dat in beschouwing wordt genomen (Temple *et al.*, 1998). Effecten van exogeen etheen betreffen reacties zoals groeireductie, epinastie, chlorose, necrose, knopval, bladval en veranderingen in de bloemontwikkeling.

Aardappel behoort tot die plantensoorten die relatief gevoelig zijn voor etheen (Taylor *et al.*, 1987). Indien aardappel niet door etheen wordt beïnvloed, dan geldt dit waarschijnlijk ook voor andere gevoelige planten.

Epinastie is een reversibel effect als gevolg van blootstelling aan verhoogd etheen en betreft het naar beneden krullen van bladeren. Epinastie kan leiden tot een vermindering van het lichtonderscheppend vermogen van bladeren met als mogelijk gevolg een vermindering van groei en opbrengst van planten. Dit indirecte effect van epinastie na blootstelling aan etheen is voor tomaat aangetoond (Woodrow & Grodzinski, 1989). Op de locatie bij DSM werd weliswaar epinastie bij aardappel geconstateerd maar reductie van de knolopbrengst werd hierbij niet waargenomen (Tonneijck *et al.*, 1999). Hoe epinastie zich verhoudt tot effecten van etheen op groei en opbrengst van de plant waarbij epinastie is geconstateerd, is in algemene zin vooralsnog niet duidelijk.

Volgens Gunderson & Taylor (1988) kunnen etheenniveaus die epinastie veroorzaken, ook andere processen in planten beïnvloeden zoals remming van knopgroei, bladval, gasuitwisseling en netto fotosynthese. Het optreden van epinastie bij aardappel kan dus als signaal worden beschouwd dat effectieve hoeveelheden van etheen door planten worden opgenomen en de fysiologie daarvan kunnen beïnvloeden. Epinastie bij aardappel is dus een mogelijk signaal dat ook andere gevoelige plantensoorten door etheen negatief kunnen worden beïnvloed. Bescherming van aardappel tegen epinastie betekent dus mogelijk ook dat gevoelige planten in het algemeen beschermd worden tegen negatieve effecten van etheen.



## **6. Risico-evaluatie rond lokale bronnen van etheen**

### **6.1 Relevantie DSM veldwaarnemingen**

Bij het vaststellen van het belang van de veldwaarnemingen rond DSM voor vaststelling van toxicologische advieswaarden zijn naast plantensoort en effectparameter (zie Hoofdstuk 5) een aantal factoren van belang.

De gegevens uit het DSM onderzoek zijn onder buitenluchtomstandigheden verkregen en zijn dus meer relevant dan gegevens verkregen uit experimenten onder laboratoriumomstandigheden op basis waarvan tot nu toe grenswaarden voor het effect van etheen op planten zijn afgeleid. Gedurende het onderzoek was de vochtvoorziening van de testplanten optimaal voor de reactie op etheen.

Het blootstellingpatroon was discontinu en karakteristiek voor puntbronnen. De resultaten van de veldwaarnemingen bij DSM gelden niet voor locaties waar verhoogde concentraties van etheen continu aanwezig zijn. Zoals al opgemerkt in Hoofdstuk 2 zijn er aanwijzingen dat continue blootstellingen in biologische zin effectiever zijn dan discontinue blootstellingen voor gelijke gemiddelde niveaus van etheen.

Hoewel er vrijwel geen meetreeksen beschikbaar zijn waarbij effecten op planten onder buitenomstandigheden gecorreleerd werden aan gemeten etheenconcentraties blijkt uit de resultaten van verschillende biomonitoringprogramma's echter wel dat effecten van etheen op planten kunnen voorkomen op relatief korte afstand van discontinue bronnen. De relevantie van de situatie rond DSM in relatie tot andere bronnen is bepaald op basis van een globale vergelijking van de etheenjaaremissies van de verschillende bronnen.

Concluderend kan worden gesteld dat de DSM gegevens in principe bruikbaar zijn bij de vaststelling van advieswaarden ter bescherming van gevoelige planten tegen etheen onder buitenluchtomstandigheden in de omgeving van lokale, discontinue, bronnen van etheen.

### **6.2 Relevantie van de huidige criteria voor luchtkwaliteit**

De huidige luchtkwaliteitscriteria voor etheen staan vermeld in Tabel 5. Deze criteria hebben betrekking op continue blootstelling van planten onder laboratoriumomstandigheden. De in Tabel 5 vermelde waarden alsmede die welke berekend zijn door Tonneijck & Van Dijk (1994) zijn dan waarschijnlijk ook een overschatting van de fytotoxische effecten van etheen in het veld. Deze conclusie wordt bevestigd door de waarnemingen bij DSM. De huidige grens- en richtwaarden (zeker die voor een middelingstijd van 1 uur) werden ieder jaar bij DSM overschreden. Aangezien het gemiddelde percentage epinastie circa 5% was, duidt ook deze informatie er op dat de huidige grens- en richtwaarden wel erg stringent zijn.

Tabel 5. *Huidige luchtkwaliteitscriteria voor etheen (Bron.: VROM, 1994).*

Middelingtijd	Grenswaarde	Richtwaarde	Opmerkingen
1 uur	300	120	99,99 percentiel
24 uur	30	12	99,7 percentiel

### *Criteria voor 1-uursgemiddelde concentraties*

De vermelde criteria voor een blootstelling met een middelingtijd van 1 uur zijn in biologische zin mogelijk minder relevant (en als 99,99 percentiel technisch ook niet goed hanteerbaar). Experimentele begassing met een dergelijk korte blootstellingduur zijn niet uitgevoerd. Op basis van de 'envelopbenadering' (Tonneijck & Van Dijk, 1994) is bij een blootstellingduur van 1 uur pas sprake van een risico indien de etheenconcentratie veel groter is dan 1 ppm ( $1150 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Volgens berekeningen met het etheen-epinastiemodel, correspondeert een 1-uurswaarde van  $300 \mu\text{g m}^{-3}$  (grenswaarde) met 58% epinastie en  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  (richtwaarde) met 24 % epinastie. Bij blootstelling gedurende een uur aan deze concentraties is dus de berekende epinastie niet 100 %. Zo moet een blootstelling aan gemiddeld  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  etheen iets langer dan 4 uur duren om 1 uur epinastie te veroorzaken. Een richtwaarde van  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  etheen als 99,99 percentiel betekent overigens voor een groeiseizoen van bijvoorbeeld 5 maanden dat  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  niet eens als uurgemiddelde waarde mag voorkomen. De gegevens wijzen uit dat de genoemde grens- en richtwaarden voor een middelingtijd van 1 uur erg kritisch zijn en qua vorm (99,99 percentiel) slecht hanteerbaar. De middelingtijd van 1 uur lijkt verder te kort te zijn in relatie tot effecten van chronische blootstellingen, met name waar het gaat om een blootstellingregime waar kortdurend hoge niveaus worden afgewisseld met langdurend periodes met geen of weinig etheen.

### *Criteria voor 24-uursgemiddelde concentraties*

Berekeningen met het etheen-epinastiemodel geven aan dat een 1-uursgemiddelde waarde van  $30 \mu\text{g m}^{-3}$  overeenkomt met 1,8% epinastie. Een niveau van  $12 \mu\text{g m}^{-3}$  als 1-uurswaarde komt overeen met circa 0,2% epinastie. Volgens deze berekeningen correspondeert de grenswaarde van  $30 \mu\text{g m}^{-3}$  als 24-uurs-gemiddelde waarde met ongeveer 26 minuten epinastie per etmaal. De richtwaarde van  $12 \mu\text{g m}^{-3}$  als 24-uursgemiddelde waarde komt overeen met circa 3 minuten epinastie per etmaal. Ook de 24-uurs-waarden lijken te kritisch in relatie tot de gevoeligheid van planten voor etheen onder buitenluchtomstandigheden.

## **6.3 Afleiding van advieswaarden**

Bij de afleiding van advieswaarden voor etheen is het belangrijk te differentiëren naar type bron (discontinue versus continue blootstelling). De gegevens van DSM hebben alleen betrekking op discontinue blootstelling rond puntbronnen.

Uitgangspunt bij de afleiding van advieswaarden is dat op basis van de beschikbare informatie blootstellingsniveaus van etheen die leiden tot epinastie bij aardappel, ook voldoende hoog zijn om bepaalde processen bij andere gevoelige planten te beïnvloeden. Omgekeerd betekent dit ook dat er geen of nauwelijks effecten op planten te verwachten zijn bij blootstellingsniveaus van etheen die geen tot weinig epinastie veroorzaken.

### *Korte-termijn advieswaarden voor industriële locaties (voorstel)*

Voor industriële locaties heeft de American Industrial Hygiene Association in 1968 de volgende etheen niveaus aanbevolen (geciteerd uit Abeles *et al.*, 1992): 1-uursmaximum van  $1150 \mu\text{g m}^{-3}$  en een 8-uursmaximum van  $230 \mu\text{g m}^{-3}$ . Beide niveaus zijn aanzienlijk hoger dan de huidige grens- en richtwaarden in Nederland. Met behulp van het etheen-epinastiemodel kan worden berekend dat een maximale uurwaarde van  $1150 \mu\text{g m}^{-3}$  correspondeert met 94% epinastie. Een blootstelling van één uur aan dit niveau van  $1150 \mu\text{g m}^{-3}$  etheen leidt dus niet onder alle omstandigheden tot een negatief effect. Een maximale 8-uurswaarde van  $230 \mu\text{g m}^{-3}$  resulteert in 47% epinastie. Deze laatste waarde komt overeen met maximaal 3,8 uur epinastie per periode van 8 uur en is op het eerste gezicht te hoog voor situaties waar gevoelige gewassen in de buurt van puntbronnen worden geteeld.

Voor kortdurende blootstellingen is het relevant advieswaarden te formuleren voor middelingstijden van 1 uur en 24 uur:

1 uur: De 1-uurs advieswaarde voor industriële locaties zou gesteld kunnen worden op  $1150 \mu\text{g m}^{-3}$ .

24 uur: Bij een middelingstijd van 24 uur wordt rekening gehouden met het optreden van dag-nacht-ritmes. Uitgangspunt is dat de advieswaarde voor het optreden van effecten gelijk is aan maximaal 3 uur epinastie per etmaal hetgeen overeenkomt met 12,5% epinastie. Dit betekent dat gedurende 12,5% van de tijd per etmaal processen bij gevoelige planten beïnvloed kunnen worden door etheen. Een niveau van 12,5% epinastie komt overeen met een 24-uursgemiddelde waarde van circa  $75 \mu\text{g m}^{-3}$ .

Op basis van de gemeten cumulatieve frequentieverdeling bij DSM, is dit niveau circa gelijk aan de 90-percentielwaarde.

De advieswaarde voor 24 uur zou gesteld kunnen worden op  $75 \mu\text{g m}^{-3}$  als 90-percentielwaarde.

### *Lange-termijn grenswaarde voor industriële locaties (voorstel)*

Voor situaties waar gevoelige planten en gewassen in de omgeving van puntbronnen groeien, lijkt het gewenst om naast eventuele grenswaarden voor kortdurende blootstellingen ook een grenswaarde te formuleren voor een blootstellingduur die gekoppeld is aan het groeiseizoen. Voordeel van een dergelijke lange-termijn grenswaarde is dat de variabiliteit van de blootstelling rond puntbronnen (kortdurende pieken met langdurende perioden van geen of weinig etheen) in termen van mogelijke effecten op planten wordt meegenomen.

Groeiseizoen: Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat gemiddeld over het groeiseizoen de effectgrens ligt bij één uur epinastie per etmaal hetgeen overeenkomt met 4,2% epinastie. Dit betekent dat gedurende 4,2% van de tijd per etmaal, gemiddeld over het groeiseizoen, processen bij gevoelige planten beïnvloed kunnen worden door etheen. Dit niveau van epinastie komt overeen met een gemiddeld etheenniveau van  $45 \mu\text{g m}^{-3}$ .





## 7. Conclusies

In dit onderzoek is het actuele risico voor planten van atmosferisch etheen rond DSM en andere lokale bronnen geëvalueerd. Twee vragen dienden met name te worden beantwoord:

- In hoeverre is de gevoeligheid van aardappel representatief voor andere plantensoorten;
- In hoeverre zijn de emissies van DSM representatief voor die rond andere bronnen.

Uit de literatuur is bekend dat aardappel tot die plantensoorten behoort die relatief gevoelig zijn voor etheen. In het onderzoek rond DSM werd epinastie bij aardappel geconstateerd maar reductie van de knolopbrengst werd niet waargenomen. Het is vooralsnog niet duidelijk hoe epinastie zich verhoudt tot effecten op groei en opbrengst van de plant waarbij epinastie is geconstateerd. Met betrekking tot de representativiteit van aardappel voor andere plantensoorten is het aannemelijk te veronderstellen dat indien aardappel niet door etheen wordt beïnvloed ook andere gevoelige plantensoorten worden beschermd tegen negatieve effecten van etheen.

Er zijn nagenoeg geen meetreeksen beschikbaar waarbij effecten op planten onder buitenomstandigheden gecorreleerd worden aan gemeten etheenconcentraties. Uit biomonitoringprogramma's blijkt echter wel dat effecten van etheen op planten kunnen voorkomen op relatief korte afstand van discontinue bronnen.

In hoeverre de emissies van DSM representatief zijn voor die rond andere bronnen is slechts globaal geschat op basis van een vergelijking van de etheenjaaremissies. Deze inschatting laat zien dat er verschillen te verwachten zijn met betrekking tot het risico van etheen voor planten rond de betreffende bronnen.

Op basis van alle verzamelde informatie kan worden gesteld dat de DSM gegevens in principe bruikbaar zijn bij de vaststelling van advieswaarden ter bescherming van gevoelige planten tegen etheen rond lokale, discontinue, bronnen. Aansluitend is een voorzet gegeven voor een eventuele herziening van interimgrens- en streefwaarden voor etheen waarbij onderscheid is gemaakt tussen korte- en lange-termijn advieswaarden.

### *Korte-termijn advieswaarden voor industriële locaties (voorstel)*

1 uur: 1150  $\mu\text{g m}^{-3}$ .  
24 uur: 75  $\mu\text{g m}^{-3}$  als 90-percentielwaarde.

### *Lange-termijn grenswaarde voor industriële locaties (voorstel)*

Groeiseizoen: 45  $\mu\text{g m}^{-3}$ .



## Referenties

- Abeles, F.B., P.W. Morgan & M.E. Salveit Jr, 1992.  
*Ethylene in plant biology*, Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Abeles, F.B. & H.E. Heggestad, 1973.  
 Ethylene: an urban air pollutant. *Journal of the Air Pollution Control Association* 23: 517-521.
- Aldenberg, T. & W. Slob, 1993.  
 Confidence limits for hazardous concentrations based on logistically distributed NOEC toxicity data. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 25: 48-63.
- Beaudry, R.M. & S.J. Kays, 1988.  
 Effect of ethylene source on abscission of pepper plant organs. *HortScience* 23: 742-744.
- Blankenship, S.M., D.A. Bailey & J.E. Miller, 1993.  
 Effects of continuous, low levels of ethylene on growth and flowering of Easter lily. *Scientia Horticulturae* 53: 311-317.
- Dostal, D.L., N.H. Agnew, R.J. Gladon & J.L. Weigle, 1991.  
 Ethylene, simulated shipping, STS, and AOA affect corolla abscission of New Guinea impatiens. *HortScience* 26: 47-49.
- Goeschl, J.D. & H.K. Pratt, 1968.  
 Regulatory roles of ethylene in the etiolated growth habit of *Pisum sativum*. *Proceedings of the 16th International Congress on Plant Growth Substances*, Ottawa, 1229-1242.
- Gunderson C.A. & G.E. Taylor Jr., 1988.  
 Kinetics of inhibition of foliar gas exchange by exogenous ethylene: an ultrasensitive response. *New Phytologist* 110: 517-524.
- Kays, S.J. & J.E. Pallas Jr., 1980.  
 Inhibition of photosynthesis by ethylene. *Nature* 285: 51-52.
- Lee, K.H. & T.A. LaRue, 1992.  
 Exogenous ethylene inhibits nodulation of *Pisum sativum* L. cv. Sparkle. *Plant Physiology* 100: 1759-1763.
- Mooi, J., 1976.  
 Verslag van onderzoek naar de invloed van SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> en C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> op houtige gewassen met behulp van langdurende, kunstmatige begassing gedurende de jaren 1973-1974-1975. IPO Rapport R157, Wageningen, 43 pp.
- Nowak, J. & T. Fjeld, 1993.  
 Light and ethylene effects on assimilate distribution, acid invertase activity and keeping quality of begonia. *Plant Growth Regulation* 13: 47-53.
- Pallas Jr., J.E. & S.J. Kays, 1982.  
 Inhibition of photosynthesis by ethylene - a stomatal effect. *Plant Physiology* 70: 598-601.
- Reid, D.M. & K. Watson, 1985.  
 Ethylene as an air pollutant. In: J.A. Roberts & G.A. Tucker, *Ethylene and plant development*, Butterworths, London, 277-286.
- Squler, S.A., G.E. Taylor Jr., W.J. Selvidge & C.A. Gunderson, 1985.  
 Effect of ethylene and related hydrocarbons on carbon assimilation and transpiration in herbaceous and woody species. *Environmental Science and Technology* 19: 432-437.
- Taylor, H.J., M.R. Ashmore & J.N.B. Bell, 1987.  
 Air pollution injury to vegetation. Institution of Environmental Health Officers, London.
- Tonneijck A.E.G. & C.J. van Dijk, 1994.  
 Toxicologische advieswaarden voor effecten van etheen op planten. AB-DLO rapport 15, Wageningen.
- Tonneijck A.E.G., B.P. Jansen & C. Bakker, 2000.  
 Assessing the effects of atmospheric ethylene on epinasty and tuber yield of potato (*Solanum*

- tuberosum* L.) near polyethylene manufacturing plants. Environmental Monitoring and Assessment 60:57-69.
- Tonneijck A.E.G., W.F. ten Berge, B. Jansen & C. Bakker, 1999.  
Epinastic response of potato to atmospheric ethylene near polyethylene manufacturing plants. Chemosphere 39: 1617-1628.
- Van Esche, A. & M. de Proft, 1992.  
Epinastic responses of *Solanum lycopersicon* plants as a result of ethylene pollution in greenhouses. In: H.J. Jäger, M. Unsworth, L. de Temmerman & P. Mathy (Eds.), Effects of air pollution on agricultural crops in Europe. Proceedings of the final symposium of the European open-top chambers project, Tervuren 1992, E. Guyot SA, Brussels, 611-614.
- Van der Eerden, L.J. & M.H.M. Gremmen, 1981.  
Luchtkwaliteitevaluatie met behulp van indicatorplanten en agrarische gewassen in de omgeving van industrieterrein Moerdijk (maart - november 1980). IPO Rapport R264, Wageningen.
- Van der Eerden, L.J. & M.H.M. Gremmen, 1982.  
Luchtkwaliteitevaluatie met behulp van indicatorplanten en agrarische gewassen in de omgeving van industrieterrein Moerdijk (maart - november 1981). IPO Rapport R279, Wageningen.
- Van der Eerden, L.J. & M.H.M. Gremmen, 1983.  
Luchtkwaliteitevaluatie met behulp van indicatorplanten en agrarische gewassen in de omgeving van industrieterrein Moerdijk (maart - november 1982). IPO Rapport R290, Wageningen.
- Van der Eerden, L.J. & M.H.M. Gremmen, 1984.  
Luchtkwaliteitevaluatie met behulp van indicatorplanten en agrarische gewassen in de omgeving van industrieterrein Moerdijk (maart - november 1983). IPO Rapport R302, Wageningen, 21 pp.
- Van Haut, H. & B. Prinz, 1979.  
Beurteilung der relativen Pflanzenschädlichkeit organischer Luftverunreinigung im LIS-Kurzzeittest. Staub-Reinhaltung der Luft 39: 408-424.
- Van Raay, A., 1976.  
Onderzoek naar het voorkomen van luchtverontreiniging in de omgeving van het industrieterrein Moerdijk in de periode van juni tot en met oktober 1975. IPO Rapport R165. Wageningen, 7 pp.
- Van Raay, A., 1977.  
Onderzoek naar het voorkomen van luchtverontreiniging in de omgeving van het industrieterrein Moerdijk in de periode van juni tot en met oktober 1976. IPO Rapport R181. Wageningen.
- Van Raay, A., 1978.  
Rapport van een begassingsonderzoek met ethyleen bij tomaten- en bonenplanten in proefkasjes van het IPO in de maanden juli en augustus 1976. IPO Rapport R190, Wageningen, 31 pp.
- Van Raay, A., 1979a.  
Onderzoek naar de invloed van de luchtverontreiniging bij Dow Chemical Terneuzen met behulp van een aantal indicatorplanten. IPO Rapport R215. Wageningen, 33 pp.
- Van Raay, A., 1979b.  
Onderzoek naar het voorkomen van luchtverontreiniging in de omgeving van het industrieterrein Moerdijk in de periode van mei tot en met oktober 1977. IPO Rapport R210. Wageningen, 10 pp.
- Van Raay, A., 1980.  
Begassing met etheen. Jaarverslag IPO-DLO, IPO-DLO, Wageningen, 146-147.
- VROM, 1994.  
Environmental quality objectives in the Netherlands. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Den Haag
- Woodrow, L. & B. Grodzinski, 1989.  
An evaluation of the effect of ethylene on carbon assimilation in *Lycopersicon esculentum* Mill. Journal of Experimental Botany 40, 361-368.