

Onderzoek naar de oorzaken van schade aan boombeplantingen in de omgeving van Westerbroek

Onderzoek naar de oorzaken van schade aan boombeplantingen in de omgeving van Westerbroek

**Verslag van een onderzoek, uitgevoerd in opdracht van de Dienst Ruimte
en Milieu van de Provincie Groningen**

J. Kopinga

Alterra-rapport 570

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

J. Kopinga 2002. *Onderzoek naar de oorzaken van schade aan boombeplantingen in de omgeving van Westerbroek* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 570. .36 blz. .2 fig.; 3 tab.; 21 ref.

Alhoewel schade door luchtverontreinigingscomponenten in stedelijke en landschappelijke groenvoorzieningen in Nederland doorgaans weinig, of althans in weinig opvallende mate voorkomt, kunnen er zich incidenteel en plaatselijk situaties voordoen waarbij een zichtbare vermindering van de conditie van bomen kan worden toegeschreven aan de invloed van rookgassen van industrieën. Om diverse redenen kan het nodig zijn om dit met voldoende mate van zekerheid te vast te stellen. Dit onderzoek beschrijft een praktijkvoorbeeld van een strategie die daarbij is gevolgd bij een geval dat zich heeft afgespeeld in de provincie Groningen. Hierbij bleek dat schade aan boombeplantingen in de buurt van een glasvezelfabriek hoofdzakelijk kon worden toegeschreven aan de uitstoot van fluorbevattende verbindingen.

Trefwoorden: luchtverontreiniging, fluoridenschade, bladmonsteranalyse, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Tilia x vulgaris*

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €15,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 570. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Achtergrond en probleemstelling	9
2 Werkwijze	11
2.1 Globale inventarisatie van schade aan bomen	11
2.2 Keuze van de bemonsteringsobjecten	12
2.3 Wijze van bemonstering	12
2.4 Chemische analyse	13
2.5 Monitoring van de symptoomontwikkeling in de lente/zomer van 2000	13
3 Resultaten	15
3.1 Veldopnames	15
3.2 Monitoring van het ontstaan van het schadebeeld door de bewoners van Westerbroek	16
3.3 Chemische analyse	17
4 Bespreking van de resultaten	19
4.1 Veldopnames	19
4.2 Monitoring van het ontstaan van het schadebeeld	19
4.3 chemische bladanalyse	20
4.3.1 Algemeen	20
4.3.2 Zomereik	20
4.3.3 Hollandse linde	20
4.3.4 Gewone beuk	20
5 Discussie	23
5.1 Verklaring van de waargenomen symptomen	23
5.2 De gevoeligheid van bomen voor fluoride	25
6 Conclusies	27
Literatuur en bronvermelding	29

Bijlagen

1. Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van zomereik.	31
2. Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van beuk op Langwijck.	33
3. Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van Hollandse linde	35

Samenvatting

In de zomer van 2000 is een onderzoek uitgevoerd naar de oorzaken van de schadebeelden (bladrandnecrose en bladverdorring in gedeelten van de boomkroon), die reeds enige jaren is waargenomen in Westerbroek, in het gebied ten noorden, noordoosten en westen van de glasvezelfabriek PPG, te Hoogezand-Sappemeer.

Daarbij is een globale inventarisatie uitgevoerd naar het voorkomen van schadebeelden en de intensiteit daarvan bij verschillende, in het gebied voorkomende boomsoorten.

Bij drie boomsoorten, beuk (*Fagus sylvatica*), linde (*Tilia x vulgaris*) en zomereik (*Quercus robur*), zijn tevens chemische bladanalyses uitgevoerd op de gehalten aan stikstof (N), fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl) zwavel (S) en fluoride (F).

Op basis van:

- vergelijking van de schadesymptomen met de in de literatuur genoemde specifieke schadesymptomen voor fluor;
- vergelijking van de intensiteit van de waargenomen schadebeelden op de diverse boomsoorten met literatuurdata over de gevoeligheid van boomsoorten voor fluor (als gasvormige component);
- de negatieve correlatie tussen de intensiteit van het de schadebeelden in het algemeen en de afstand tot de fabriek;
- de significante negatieve correlatie tussen het bladfluorgehalte en de afstand tot de fabriek bij de in het gebied verspreid staande solitaire eiken;
- de (in absolute zin) overschrijdingen van meerdere, in de literatuur genoemde grenswaarden voor het bladfluorgehalte waarboven bij diverse boomsoorten zichtbare schade kan optreden;
- de waarnemingen waarbij bleek dat de schade bij beschutte bomen geringer is dan bij de niet beschutte bomen en dat de schadebeelden aan het aan de overheersende wind geëxponeerde gedeelten van de kroon doorgaans intenser zijn dan die in het van de wind afliggende gedeelte,

is geconcludeerd dat de waargenomen schadebeelden in hoofdzaak moeten worden toegeschreven aan de fluorcomponent van de rookgas. Het is niet uitgesloten dat andere rookgascomponenten daarop nog een versterkende invloed hebben gehad, maar dit aspect is verder, vanwege het ontbreken van voldoende (literatuur)gegevens verder niet onderzocht. Wel is mogelijk dat plaatselijke groeiplaatsomstandigheden, zoals het gebruik van strooizout bij linde en (licht) kaliumgebrek bij beuk enige invloed heeft gehad, maar de rol daarvan in het algehele schadebeeld is vooralsnog van ondergeschikt belang. Het vermoeden dat mogelijk storingen in de vochtvoorziening (droogte) in het gebied een rol zouden kunnen spelen kan, mede op basis van de in 2000 uitgevoerde monitoring van de grondwaterstandsveranderingen niet worden onderbouwd. Hieruit bleek in het algemeen dat sprake was van een voldoende vochtvoorziening.

1 Achtergrond en probleemstelling

Reeds enig jaren worden aan boombeplantingen in de omgeving van Westerbroek verschijnselen waargenomen die globaal zijn te omschrijven als een “vroege herfst” (Butter, 2000). Van sommige bomen wordt het blad reeds gedurende het eerste gedeelte van het groeiseizoen bruin en valt (soms) voortijdig af. Dit verschijnsel is vooral opvallend op het landgoed Langwijck, maar ook elders is het schadebeeld waargenomen, zowel aan beuken elders in de omgeving als aan andere boomsoorten zoals linde en paardekastanje.

Als bron van de schade werd gedacht aan de rookgasuitstoot van de zuid westelijk gelegen glasvezelfabriek PPG. In 1998 is door het (toenmalige) AB-DLO (instituut voor Agrobiologische Onderzoek te Wageningen), in opdracht van de Provincie Groningen, onderzoek uitgevoerd naar de oorzaken van het schadebeeld op Langwijck (van Eerden, 1998; van Eerden & van Alfen, 1998). Hieruit kwam naar voren dat er weliswaar een invloed was van de rookgassen van PPG dat tot uiting kwam in een verhoogd fluorgehalte in de bladeren en een zgn. afstandsgradiënt (in relatie tot de fabriek) van het zwavelgehalte in het blad, maar dat de hoofdoorzaak moest worden gezocht in wateroverlast (als gevolg van de relatief zware regenval in 1998) en niet in de invloed van fluor of zwaveldioxide (hoewel niet werd uitgesloten dat daardoor de bomen meer stressgevoelig zouden zijn geworden). De auteurs baseerden deze conclusie onder meer op:

- de (relatieve) ongevoeligheid van beuk voor gasvormige fluoriden en zwaveldioxiden;
- het feit dat er geen fluoridenschade aan andere plantensoorten dan beuk was waargenomen
- de (vrij hoge) gevoeligheid voor beuk voor wisselende grondwaterstanden.

Het laatste kon echter niet worden bevestigd aan de hand van eventuele storingen in de kaliumvoorziening van de bomen.

In 1999, een jaar na dit onderzoek, traden echter opnieuw de schadebeelden naar voren, eveneens bij andere boomsoorten, en dit vormde voor de bewoners van Westerbroek aanleiding om de zaak opnieuw onder de aandacht te brengen van de Provincie, die vervolgens contact heeft opgenomen met Alterra te Wageningen om een vervolgonderzoek uit te voeren naar de oorzaken van bovengenoemde schadebeelden, waarbij niet alleen de beuken zouden worden betrokken, maar tevens overige bomen in de omgeving van Westerbroek.

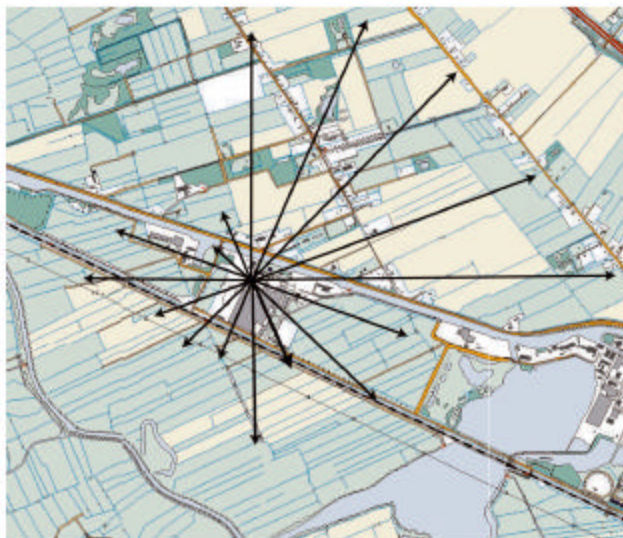
Dit onderzoek is uitgevoerd in het groeiseizoen van 2000. In deze rapportage zijn de werkwijze en de resultaten van het onderzoek beschreven alsmede de conclusies die daaraan kunnen worden verbonden.

2 Werkwijze

Op 12 april 2000 is een eerste terreinbezoek uitgevoerd waarbij door de Provincie de achtergronden van de problematiek nader is toegelicht. Tevens vond daarbij een interview plaats met een van de vertegenwoordigers van de Dorpsvereniging Westerbroek die nadere informatie verstreekte over onder meer de in 1999 waargenomen schadebeelden aan de bomen en de ontwikkeling daarvan. Op basis daarvan is besloten om gedurende de zomer van 2000 de situatie nader in kaart te brengen en een reeks van bladmonsters uit te voeren ten behoeve van chemische analyse. Dit werd uitgevoerd op 15 en 16 augustus 2000. Daarnaast is aan de Dorpsvereniging gevraagd om door middel van regelmatig uitgevoerde foto-opnames gedurende het groeiseizoen van 2000 een 'monitoring' uit te voeren van de ontwikkeling van het schadebeeld aan een aantal objecten waarbij zich in 1999 in meer opvallende mate schade had voorgedaan.

2.1 Globale inventarisatie van schade aan bomen

In eerst instantie zijn opnames uitgevoerd van het voorkomen van de bovengenoemde schadebeelden op de diverse boom- en struiksoorten die min of meer "onder de rook" liggen van de uitstoot van PPG. Dit gebied komt ruwweg overeen met het door de zwarte lijn ingesloten gebied op de topografische kaart die is afgebeeld op figuur 1. Het doel van deze opname was om te bezien in hoeverre deze beelden overeenstemden met de door bepaalde rookgascomponenten veroorzaakte schadebeelden en of de bestaande verschillen tussen de diverse boomsoorten in aantastinggraad c.q. gevoeligheden voor bepaalde componenten een aanwijzing zouden kunnen geven om welke stof(fen) het zou kunnen gaan.



Figuur 1: Diagram van de verdeling van de gemiddeld opgetreden windrichtingen in de periode eind januari – begin oktober 2000, samengesteld op basis van de relatieve verhoudingen (percentages) van het totaal. Gegevens : Meteorstation Eelde.

2.2 Keuze van de bemonsteringsobjecten

Als te bemonsteren bomen is, naar aanleiding van de terreinopnames op 15 augustus, gekozen voor de beuk (*Fagus sylvatica*), de Hollandse linde (*Tilia x vulgaris*) en de zomereik (*Quercus robur*).

De **beuk** is gekozen vanwege het nogal opvallende schadebeeld bij deze boomsoort, met name op het landgoed Langwijck, en de gradaties daarin. Bij bemonstering van de bomen is geen onderscheid gemaakt tussen de bomen met enigszins rood blad en de groene beuken.

De **linde** is eveneens gekozen vanwege de gradatie in het schadebeeld langs het traject Nevelslaan-Oudeweg, het relatief sterke schadebeeld langs de Oudeweg direct ten westen van huisnr. 104 én het vermoeden dat hier wellicht ook sprake kon zijn van chloridenschade, veroorzaakt door strooizout.

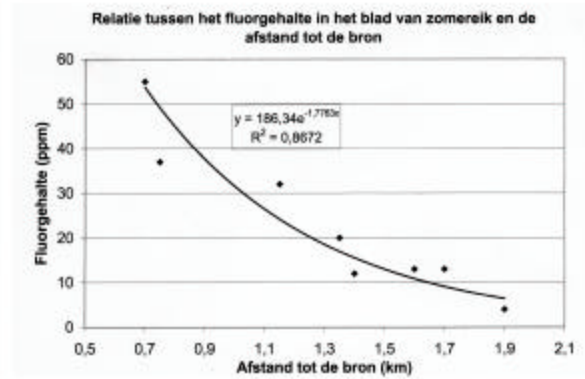
De **zomereik** is gekozen omdat de boom topografisch gezien redelijk verspreid voorkomt en zodoende wellicht informatie kon geven over de aanwezigheid van een bestaande (en inmiddels uit de literatuur bekende) relatie tussen de afstand van de boom, de shadesymptomen en de (vermeende) bron.

Overige boomsoorten zijn vooralsnog buiten beschouwing gebleven vanwege onder meer het incidentele voorkomen van deze soorten, de afwezigheid van opvallende shadesymptomen (onder meer bij de eenbladige es, de zwarte els en de Robinia), het voorkomen van bladziekten die het schadebeeld zouden kunnen vertekenen (o.a. de bladvlekkenziekte van paardekastanje) en een onvoldoende beschikbaarheid van literatuurgegevens m.b.t. grenswaarden voor de elementengehalten in de bladeren. Ook zijn jonge, recent geplante bomen buiten beschouwing gebleven, vanwege eventuele effecten die zouden kunnen worden toegeschreven aan de aanlag c.q. hergroei na verplanten (o.a. de wijk Boekhorst).

2.3 Wijze van bemonstering

Per object c.q. situatie zijn groepen van (minimaal) twee tot vijf bomen bemonsterd. Daarbij zijn per boom uit middenkroon, aan de zuidwestzijde drie tot vijf takken geknipt. De bladeren werden per object verzameld en vormden één monster. Bij de beuk is in twee gevallen per monster één boom bemonsterd, waarvan één beuk in twee afzonderlijke monsters (n.l. aan de zuidwestzijde en aan de noordoostzijde). Bij de linde is eveneens een aantal bomen als sub-object afzonderlijk bemonsterd (de groep 1A t/m 1G). Een overzicht is gegeven in tabel 1 en een overzicht van de locaties waar de monsters zijn genomen is gegeven in de figuren 1 t/m 3.

De monsters zijn gedurende minimaal 48 uur gedroogd bij 70 graden C, vervolgens verkruid en voor analyse aangeboden aan het ALNN (Agrarisch Laboratorium Noord Nederland) te Wergea.



Figuur 2: De Relatie tussen het fluorgehalte in het blad van zomereik en de afstand van de bomen tot de bron.

2.4 Chemische analyse

De bladmonster zijn geanalyseerd op de gehalten aan N, P, K, Ca, Mg, Cl en S, volgens de gangbare standaardmethoden. Als aanvulling daarop is tevens het fluorgehalte geanalyseerd. Dit werd uitgevoerd volgens een combinatie van de zgn. Willard/Winter-methode (ISO 1693) en spectrofotometrische detectie volgens NEN 3104.

2.5 Monitoring van de symptoomontwikkeling in de lente/zomer van 2000

Door enkele bewoners van Westerbroek zijn, vanaf het in blad komen van de bomen, van een aantal objecten op regelmatige tijden foto-opnamen gemaakt van enkele objecten, waarbij de bomen en gedeelten van de kroon zijn gefotografeerd. Het ging hier om de soorten: beuk, haagbeuk (beide op Langwijck) en linde en een vrijstaande paardekastanje (beide langs de Oudeweg).

3 Resultaten

3.1 Veldopnames

Evenals in 1999 kenmerkte het schadebeeld zich bij loofbomen door een verbruining (necrose) van het blad, doorgaans beginnend vanuit de top en de rand van de bladeren. Bij naaldbomen (o.a. lariks en den) was vooral verdorring van de toppen van de naalden waarneembaar.

Bij de aangetaste bomen was het schadebeeld aan de zuidwestelijke zijde van de kroon als regel aanmerkelijk intenser dan aan de noordoostelijke zijde.

Eveneens was opvallend dat in de kronen van bomen die aan de zuidwest of zuid zijde min of meer in de luwte staan van bebouwing of opgaande beplanting de intensiteit van de symptomen beduidend minder was dan bij in de buurt staande bomen die “vol in de wind” staan en dat bij bomen waarvan de boomkronen hoog uitsteken vooral het bovenste gedeelte verhoudingsgewijs zware symptomen vertoonde. Dit betrof onder meer:

- de linden langs de Nevelsloaan en de Oudeweg;
- de verspreid staande paardekastanjes langs ondermeer de Oudeweg en de Meestersloaan;
- de beuken langs de padenstructuur van landgoed Langwijk;
- (in iets mindere mate) de eiken langs de Meestersloaan en de Borgweg.

Met name lang de Oudeweg nam gemiddeld genomen het schadebeeld af in noordwestelijke richting (gerekend vanaf het kruispunt met de Nevelsloaan) en een zelfde beeld gaf de eikenbeplanting langs de Meestersloaan in Noordoostelijke richting.

Boomsoort/-geslacht	Nederlandse naam	Symptoomexpressie
Acer pseudoplatanus	gewone esdoorn	matig
Aesculus hippocastanum	paardekastanje	matig-zwaar
Alnus spp.	els	geen-licht
Carpinus betulus	haagbeuk	zwaar-zeer zwaar
Fagus sylvatica	gewone beuk	zwaar-zeer zwaar
Fraxinus spp.	es	geen-licht
Larix spp.	lariks	matig
Malus spp.	(sier)appel	matig-zwaar
Pinus strobus	Weymouthden	matig-zwaar
Pinus sylvestris	grove den	matig-zwaar
Populus spp.	populier/abeel	geen-licht
Prunus spp.	(sier)kers	matig
Quercus robur	zomereik	matig-(zwaar)
Quercus rubra	Amerikaanse eik	matig
Robinia pseudoacacia	(valse) acacia	geen
Rhododendron/Azalea	rhododendron/azalea	matig-zwaar

De waargenomen schade-intensiteit c.q. symptoomexpressie van diverse boom- en struiksoorten in de tuinen van Langwijk, langs de Oudeweg (tot aan de Hesselinkslaan), Vonderpad en het gebied 'Hoflaan' is weergegeven in bovenstaande tabel.

3.2 Monitoring van het ontstaan van het schadebeeld door de bewoners van Westerbroek

De resultaten van de monitoring zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Datum	Ontwikkelingsstadium	Schade / symptomen
Beuk		
18-april	Barsten van de nopschubben	geen
25-april	Zwellen van de knoppen	geen
2-mei	Tegen uitlopen aan	geen
9-mei	Uitlopend blad	geen
16-mei	Uitlopend blad	geen
23-mei	Uitgelopen blad	Beginnende bladrandnecrose aan topbladeren
30-mei	Uitgelopen blad (jong)	Beginnende bladrandnecrose
14-juni	Uitgelopen blad	Matige bladrandnecrose aan topbladeren
Haagbeuk		
14-juni	Uitgelopen blad	Matige tot zware bladrandnecrose
30-mei	Uitgelopen blad	Matige tot zware bladrandnecrose
23-mei	Uitgelopen blad	Matige tot zware bladrandnecrose
Linde		
21-april	Zwellen van de knoppen	geen
28-april	Uitlopende knoppen	geen
5-mei	Uitlopend blad	geen
13-mei	Uitlopend blad	geen
19-mei	Uitgelopen blad (jong)	geen
26-mei	Volledig ontwikkeld blad	geen
2-juni	idem	geen
9-juni	idem	geen
2-juni	idem	geen
7-julie	idem	Beginnende bladrandvergeling
14-julie	idem	Matige bladrandnecrose
25-julie	idem	Zware bladrandnecrose
4-augustus	idem	idem, enig bladverlies in de top van de kroon
Paardekastanje		
25-maart	Knopschubben barsten	geen
1-april	Knoppen "schuiven"	geen
8-april	Knoppen barsten open	geen
14-april	Ontwikkeling van jong blad	geen
21-april	"Strekend" jong blad	geen
29-april	(bijna) Volle ladontwikkeling	geen
6-mei	Bloei, volgroeid blad	geen
13-mei	Bloei, volgroeid blad	geen
2-juni	Einde bloei, volgroeid blad	Beginnende bladrandvergeling
15-juni	Volgroeid blad	Matige bladrandnecrose
24-juli	Volgroeid blad	Matige tot zware bladrandnecrose, bladval in de top

3.3 Chemische analyse

De resultaten van de chemische bladanalyse zijn weergegeven in tabel 1. Naast de gevonden “absolute” waarden zijn eveneens de kalium:stikstof-verhouding en die van kalium:calcium en zwavel:stikstof weergegeven, omdat deze aanvullende informatie geven over de relatieve tekorten of overmaat. In de tweede kolom staat een waardering aangegeven voor de (visueel beoordeelde) intensiteit van het gemiddelde schadebeeld van de kroongedeelten die zijn bemonsterd, waarbij de volgende codes zijn gehanteerd:

1. geen of lichte aantasting;
2. “matige” tot matig zware aantasting;
3. zware tot zeer zware aantasting.

Tabel 1: resultaten van de chemische bladanalyse (bemonsterd op 15 en 16 augustus 2000) van beplantingen in de omgeving van Westerbroek. N t/m S als g element per kg droge stof; F als mg element per kg droge stof. Bij de cijfers die in de kolommen N t/m Mg onderstreept, schuin gedrukt staan, is de voorziening te beoordelen als “laag”(maar nog niet als “onvoldoende”) en bij de kolom Cl als “liggend in het grenswaardengebied waarbij zichtbare schade kan optreden” (doch nog niet als “te hoog”). Bij de vet gedrukte cijfers is er sprake van een relatief tekort aan kalium.

Linde	Symptomen	N	P	K	Ca	Mg	Cl	S	K/Ca	K/N	N/S	F
1A	2	29,7	2,1	13,6	16,1	3,6	<u>8,3</u>	2,2	0,84	0,46	13,5	71
1B	3	27,5	2,7	11,5	15,6	3,7	<u>7,0</u>	2,1	0,74	0,42	13,1	99
1C	2	26,5	2,4	<u>9,8</u>	15,7	3,6	<u>6,7</u>	1,9	0,62	0,37	13,9	79
1D	3	26,9	3,1	13,9	14,5	2,9	<u>8,1</u>	2,0	0,96	0,52	13,5	66
1E	3	27,9	2,4	11,9	14,9	3,2	<u>7,2</u>	2,0	0,80	0,43	14,0	99
1F	2	23,5	2,0	<u>8,8</u>	14,2	3,9	5,7	2,0	0,62	0,37	11,8	60
1G	3	26,9	2,2	<u>9,5</u>	16,4	3,8	<u>8,0</u>	2,3	0,58	0,35	11,7	127
1H	2	27,6	3,0	14,2	21,3	3,9	<u>8,0</u>	2,1	0,67	0,51	13,1	91
2	2	30,8	2,3	13,4	20,5	3,7	5,8	2,3	0,65	0,44	13,4	120
3	1	26,7	2,2	<u>9,8</u>	16,1	3,4	2,8	2,0	0,61	0,37	13,4	35
4	1	27,5	2,4	10,6	18,4	4,2	4,1	2,2	0,58	0,39	12,5	29
5	1	27,9	2,9	11,0	16,7	4,1	3,7	2,0	0,66	0,39	14,0	59
6	2	26,8	1,6	<u>9,1</u>	11,3	3,4	4,9	2,4	0,81	0,34	11,2	113
7	2	25,9	1,5	<u>8,5</u>	19,1	3,9	5,8	2,4	0,45	0,33	10,8	100
8	1	24,4	1,9	<u>9,9</u>	18,0	4,1	4,6	2,2	0,55	0,41	11,1	59
Beuk	Symptomen	N	P	K	Ca	Mg	Cl	S	K/Ca	K/N	N/S	F
1L	2	24,4	1,6	<u>5,3</u>	13,2	2,5	2,6	2,1	0,40	0,22	11,6	72
1W	2	24,9	1,6	<u>4,5</u>	12,3	2,3	3,9	2,2	0,37	0,18	11,3	55
2	2	25,8	1,7	<u>6,2</u>	12,8	2,2	3,5	2,1	0,48	0,24	12,3	77
3A	2	24,3	1,3	<u>4,6</u>	14,9	1,8	4,5	1,9	0,31	0,19	12,8	53
3B	3	26,1	1,5	8,0	14,6	2,5	3,7	2,1	0,55	0,31	12,4	129
3C	2	24,9	1,4	8,7	12,8	2,0	4,6	1,8	0,68	0,35	13,8	87
3D	1	26,1	1,8	7,8	13,5	2,0	1,0	1,9	0,58	0,30	13,7	25
3E	3	24,8	1,3	7,6	9,1	1,6	2,3	1,6	0,84	0,31	15,5	110
3F	2	24,4	1,3	9,3	8,5	1,4	3,3	1,6	1,09	0,38	15,3	98
3G	1	26,3	1,6	8,4	10,4	2,4	3,2	1,8	0,81	0,32	14,6	64
Eik	Symptomen	N	P	K	Ca	Mg	Cl	S	K/Ca	K/N	N/S	F
1	3	24,2	2,2	8,6	7,0	1,9	3,5	1,6	1,23	0,36	15,1	32
2	3	25,1	2,5	8,0	9,7	1,7	4,9	1,7	0,82	0,32	14,8	20
3	2	25,4	2,1	8,4	7,1	1,7	2,4	1,7	1,18	0,33	14,9	13
4	2	27,8	2,0	6,8	5,6	2,0	3,4	1,9	1,21	0,24	14,6	13
5	1	28,7	1,8	8,2	7,0	2,1	4,3	2,0	1,17	0,29	14,4	4
6	3	26,2	1,9	7,2	7,5	1,8	4,2	1,9	0,96	0,27	13,8	37
7	1	29,2	1,8	7,2	8,7	2,1	3,8	2,0	0,83	0,25	14,6	4
8	1	31,3	1,9	8,2	5,7	1,9	1,7	2,2	1,44	0,26	14,2	8
9	2	26,4	1,7	7,0	8,4	2,3	3,4	1,8	0,83	0,27	14,7	17
10	1	26,7	2,8	9,0	10,1	1,9	2,1	1,8	0,89	0,34	14,8	12
11	3	27,0	1,8	9,6	9,2	1,3	2,3	1,8	1,04	0,36	15,0	55

4 Bespreking van de resultaten

4.1 Veldopnames

Uit de veldopnames blijkt dat zware bladsymptomen zich hoofdzakelijk voordoen bij boomsoorten die in de literatuur, (gemiddeld genomen) bekend staan als gevoelig voor fluoride en dat de lichtere symptomen zich hoofdzakelijk voordoen op de minder fluorgevoelige boomsoorten (o.a. Jamrich, 1984; Mooi, 1982; Wentzel 1969).

4.2 Monitoring van het ontstaan van het schadebeeld

Het blijkt dat bij de **linde** de eerste duidelijk zichtbare symptomen zich na ca. 60 dagen na het uitlopen van het blad openbaarden. Begin juli ontstonden de eerste verschijnselen van bladrandnecrose en in de tweede helft van juli was reeds sprake van matige tot zware bladrandnecrose. Rond deze tijd (25-07) vertoonde een solitaire beuk in een tuin aan de noordzijde van de Oudeweg (iets ten westen van huisnummer 104), die slechts incidenteel is gefotografeerd, ook reeds zware bladrandnecrose.

Bij de **beuk** (op Langwijck) traden de symptomen reeds 20 à 30 dagen na het uitlopen van het blad op. Eind mei ontstonden de eerste duidelijk zichtbare symptomen en medio juni was reeds sprake van matige bladrandnecrose. De heg van **haagbeuk** vertoonde reeds aan de aan de wind blootgestelde zijde reeds in de tweede helft van mei zware bladrandnecrose.

Bij de **paardekastanje** ontwikkelden de eerste symptomen zich na het einde van de bloei (ca. medio mei). Medio juni was reeds sprake van matige symptomen en begin augustus waren er gemiddeld genomen zware symptomen aanwezig en was beginnende bladval in het bovenste gedeelte van de kroon waar te nemen.

De ontwikkeling van het schadebeeld doet vermoeden dat de schade ontstaat als gevolg van regelmatige dan wel langdurige blootstelling aan een toxische component (in dit geval fluor) in de lucht en waarbij op een gegeven moment een zodanige hoeveelheid daarvan cumulatief door het blad wordt opgenomen dat de drempel waarboven zichtbare schade optreedt wordt overschreden. De periode tussen het uitlopen van het blad en het ontstaan van zichtbare symptomen komen ruwweg overeen met de bevindingen van Sidhu (1979) waarbij rekening moet worden gehouden dat de gevonden verschillen tussen de boomsoorten kunnen worden toegeschreven aan zowel verschillen in de concentraties aan fluor in de lucht als boomsoortspecifieke verschillen in de gevoeligheid voor fluor.

4.3 chemische bladanalyse

4.3.1 Algemeen

De voorziening van N, P, Ca en Mg is voldoende tot ruim voldoende. De voorziening van kalium is bij beuk en linde in een aantal gevallen “laag” (van den Burg, 1988a). Het chloridengehalte bij linden 1A t/m 1H is gemiddeld genomen hoger dan normaal c.q. wenselijk is. De zwavelgehalten vertonen een normaal beeld (van den Burg, 1985, 1990). De fluorgehalten zijn, vooral bij linde en beuk in veel gevallen aanmerkelijk hoger dan de normale achtergrondwaarden (van 5 tot 20 ppm. F).

4.3.2 Zomereik

Bij de zomereik vertoont alleen het fluorgehalte een opvallende grote variabiliteit en er zijn significante verschillen tussen de gemiddelden in de symptoomklassen 1,2, en 3 (tabel 2). Eveneens is er een significante negatieve relatie tussen het bladfluorgehalte en de afstand tot de schoorstenen van PPG (figuur 2).

4.3.3 Hollandse linde

Ook hier vertoont het fluorgehalte de grootste variatie. Het kaliumgehalte is in sommige gevallen “laag”, maar ze zijn echter nog niet aan te merken als “te laag” en daarmee als oorzaak van het schadebeeld. De conditiever verschillen in de boomkronen tussen de wind en de luwte zijde van de bomen kan er verder niet mee worden verklaard en overigens zijn er t.a.v. de kaliumgehalten geen duidelijke verschillen in de onderscheiden symptoomklassen.

4.3.4 Gewone beuk

Hier vertoont het fluorgehalte eveneens de grootste variatie en ook zijn de verschillen in het fluorgehalte van de bomen met zware symptomen beduidend hoger dan de bomen met minder zware aantasting. Relaties met de afstand tot het fabriekscomplex zijn hier niet te leggen vanwege onder meer de te korte onderlinge afstand van de bomen, de verschillen in beschutting en het gegeven dat in de directe nabijheid van een schoorsteen de concentratie van bepaalde rookgascomponenten vaak een grillig patroon volgt en soms minder is dan op de verderop gelegen punten (o.a. Sidhu, 1979).

Tabel 2: de gemiddelde bladfluorgehalten (in ppm.) per symptoomklasse (schadeklasse) van de drie bemonsterde boomsoorten in Westerbroek (bemonsteringstijdstip: 15 en 16 augustus 2000).

Boomsoort	Schadeklasse	Aantal bomen	Gemiddeld F-gehalte	STDEV
eik	1	4	7	3,8
	2	3	14	2,3
	3	4	36	14,5
beuk	1	2	45	n.v.t.
	2	6	74	17,7
	3	2	120	n.v.t.
linde	1	4	45	15,8
	2	7	91	22
	3	4	98	24,9

5 Discussie

5.1 Verklaring van de waargenomen symptomen

Voor het ontstaan van bladrand- of naaldtopnecrose geeft de literatuur verschillende mogelijkheden zoals:

1. kaliumgebrek;
2. magnesiumgebrek;
3. chloridenovermaat (“zoutschade”);
4. tekorten in de watervoorziening (droogte);
5. (bij naaldbomen); nachtvorst;
6. (bij naaldbomen) sommige naaldziekten;
7. fluoridenschade;
8. schade door zwaveldioxide;

Kaliumgebrek:

Bij de bemonsterde bomen is vooral bij de beuk sprake van enig K-gebrek, maar het betreft hier een relatief gebrek t.o.v. N en Ca en geen tekort in absolute zin. Desalniettemin lijkt (relatief) K-gebrek hier minder van invloed te zijn geweest, omdat de bladkleur van de bomen nog redelijk normaal was (bij serieus K-gebrek is dit doorgaans duidelijk gelig) en ook de scheutlengte van de bomen week niet af van het normaalbeeld. Verder blijkt daarnaast dat de K-voorziening van de zwaarst beschadigde bomen c.q. kroongedeelten normaal is. Dit is ook bij de linde het geval. Dit houdt in dat de symptomen vooralsnog niet mogen worden toegeschreven aan tekorten in de K-voorziening.

Magnesiumgebrek:

De voorziening met Mg is in alle gevallen in orde.

Chloridenovermaat:

Het chloridengehalte is alleen bij de lindes die staan in de berm tussen de rijweg en het fietspad langs de Oudeweg ten westen van huisnr. 104 verhoogd. Dit kan worden toegeschreven aan een verhoogde zoutbelasting (als enige mogelijke bron) ten gevolge van het gebruik van strooizout. Navraag bij de wegbeheerder (de gemeente Hoogezand) leerde dat het fietspad bij iedere strooibeurt nog eens apart wordt “meegenomen”.

Ten aanzien van het chloridengehalte zijn er weliswaar duidelijke verschillen in de onderscheiden symptoomklassen, maar dit kan worden verklaard uit verschillen in ligging van enerzijds de objecten 1A t/m 1H (deze vormen a.h.w. een groep in een open gebied, waar ook een groter kans is voor blootstelling aan fluor) en de overige min of meer verspreid (en soms gedeeltelijk beschermt) staande bomen. Overigens is dit ook de reden dat er slechts een geringe relatie aanwezig is tussen het fluorgehalte en het blad en de afstand van de bomen tot het fabriekscomplex c.q. de blootstelling van het betreffende kroongedeelte aan de wind en de daarin aanwezige rookgascomponenten en de opname daarvan.

De conditiever verschillen in de boomkronen tussen de wind en de luwte zijde van de bomen kan op basis van het chloridgehalte niet worden verklaard. Het is mogelijk dat chloride in voorkomende gevallen een versterkend effect heeft gehad op de symptoomexpressie, maar dit is verder niet aanwijsbaar, althans niet op basis van de analysesresultaten.

Tekorten in de watervoorziening (droogte):

Droogte (mogelijkheid 4) mag eveneens worden uitgesloten omdat de beplantingen liggen in gebieden met grondwatertrappen (Gt's) van III, IV en V (Bodemkaart Stiboka), waar het optreden van droogteschade aan volwassen bomen normaliter hoogst onwaarschijnlijk is, zeker in deelgebieden (zoals Langwijck) waar de waterstand kunstmatig op een constant peil wordt gehouden dat bereikbaar is voor de boomwortels. Overigens hebben zich in het groeiseizoen van 2000 geen uitzonderlijke perioden van droogte voorgedaan (Meteogegevens Eelde). Eveneens blijkt uit de peilbuisgegevens die in 2000 in het gebied zijn verzameld dat er gemiddeld genomen gedurende de zomer sprake was van een vrij constant grondwaterpeil, waarbij de effecten van sterke regenval weer vrij snel zijn genivelleerd.

Belangrijk(er) in dit opzicht is wellicht de constatering dat tijdens de veldwaarnemingen behalve bladrandnecrose geen aanvullende specifieke symptomen zijn waargenomen die zouden wijzen op droogteschade (zoals bladvergeling en gedeeltelijk bladval verspreid over de gehele kroon).

Nachtvorst

Deze optie is hier niet relevant, ondermeer gezien de situering van het schadebeeld (vooral hoger in de kronen), het tijdstip waarop de eerste schadesymptomen zich openbaren (zie ook de resultaten van de "monitoring") en het gegeven dat de symptoomexpressie intenser werd gedurende de zomer.

Blad- en naaldziekten

Belangrijke ziekten en plagen werden alleen bij de paardekastanje in opvallende mate waargenomen (in dit geval de bladschimmel *Guignardia aesculi*). Dit gaf een enigszins "vertroebeland" beeld en was ook een van de redenen waarom deze boomsoort niet bij de bemonstering t.b.v. bladanalyse is betrokken.

Fluor(iden)schade:

Een aantal aspecten zijn hier van belang.

- Er zijn fluorconcentraties in het blad aangetroffen waarbij, afgaande op een aantal literatuurgegevens de grenswaarde voor het ontstaan van zichtbare symptomen is bereikt dan wel overschreden;
- Hoewel de wijze waarop fluorbepalingen in het blad (moeten) worden uitgevoerd nog een punt van discussie is en daarmee twijfel zou kunnen bestaan aan de "juistheid" van de bepalingen (hoewel deze daarmee gemiddeld zowel hoger als lager zouden kunnen uitvallen) is er desalniettemin sprake van een correlatie (als trend) tussen de mate van symptoomexpressie en het bladfluorgehalte. Daarnaast is fluor de enige onderzochte factor waarbij duidelijk sprake is van een statistisch zeer significante correlatie tussen de afstand tot de fabriek (waarvan bekend is dat

de rookgas onder meer fluorcomponenten bevat) en bomen (in dit geval eik) die een vergelijkbare kans hebben op blootstelling aan de rookgassen. Afgaande op de uit de literatuur bekend schadebeelden voor fluor (o.a. Bossavy, 1965), de verspreiding van het schadebeeld over de boomkronen en de verschillen in de schadebeelden tussen de als gevoelig en tolerant bekend staande boomsoorten, mag worden aangenomen dat de invloed van fluor(ide) de meest bepalende factor is voor het ontstaan van de waargenomen schadebeelden.

Zwaveloixide:

De eventuele rol van zwaveldioxide is bij het onderzoek niet naar voren gekomen, maar is ook niet expliciet (d.w.z. als “nauwkeurige” bepaling) meegenomen, omdat het schadebeeld minder overeen kwam met hetgeen uit de literatuur bekend is van SO₂ of SO₃. V.w.b. de S-voorziening van voedingselementen (bepaald als macro-element) gaat het echter om “normale” waarden (Van den Burg, 1985, 1990) en t.a.v. een eventuele overmaat zijn er geen verbanden tussen de zwaarte van de bladsymptomen en het S-gehalte. Het is uit de literatuur bekend dat zwavel op antagonistische wijze de expressie van fluorschade-symptomen kan beïnvloeden, maar in hoeverre dat hier van invloed kan zijn geweest is op basis van de resultaten niet aan te geven.

5.2 De gevoeligheid van bomen voor fluoride

Van Eerden (1998) en van Eerden & van Alfen (1998) hebben zich v.w.b. de gevoeligheid van beuk gebaseerd op onder meer de gegevens van het overzicht van Taylor et al. (1987), maar het blijkt dat de beuk wellicht meer gevoelig is dan in dit overzicht is aangegeven. Over de relatieve gevoeligheid van boomsoorten voor fluoride bestaan onder meer de volgende gegevens:

Boomsoort	Mooi, 1982	Wentzel, 1969
Beuk	Matig gevoelig	zeer gevoelig
Linde		zeer gevoelig
Eik	Matig gevoelig/relatief ongevoelig	relatief ongevoelig

Tabel 3: De gevoeligheid van een aantal boomsoorten voor fluoride (naar: Jamrich, 1984)

Resistentieklasse	Boomsoort	Boomsoort (NL)
Weinig gevoelig	<i>Alnus glutinosa</i>	zwarte els
	<i>Populus tremula</i>	ratelpopulier
Tolerant	<i>Quercus petraea</i>	wintereik
	<i>Pinus nigra</i>	zwarte den
Gevoelig	<i>Carpinus betulus</i>	haagbeuk
	<i>Fagus sylvatica</i>	gewone beuk
Zeer gevoelig	<i>Picea excelsa</i>	tranenden
	<i>Pinus sylvestris</i>	grove den

Dit vormt wellicht een verklaring voor de waarnemingen dat op Langwijck met name de beuk en de haagbeuk schade laten zien en bijvoorbeeld de ertussen staande *Robinia pseudoacacia*, die als (zeer) tolerant bekend staat, geheel niet.

De toxische gehalten in het blad waarbij schadesymptomen zich openbaren, verschillen nogal per boomsoort. Voor de meeste boomsoorten zijn waarden tussen 5 en 20 mg F / kg droge stof als “normaal” te beschouwen. Gevoelige boomsoorten geven al zichtbare schadesymptomen bij gehalten vanaf 50 ppm. F, terwijl deze bij de meer tolerante soorten pas optreden bij gehalten van enige honderden ppm. F (Sinclair et al. 1996).

Daarnaast komt het echter voor dat bomen die als tolerant bekend staan reeds bij betrekkelijk lage waarden fluorschade-symptomen te zien kunnen geven, e.e.a. afhankelijk van de zgn. dosis-effect relatie in de tijd. Zo vonden Rhoads & Brennan (1975) bij de witte eik (*Quercus alba*) reeds zware symptomen bij F-gehalten van 35 mg/kg, hetgeen voor hun aanleiding was om de indeling van een aantal eikensoorten in de groep “tolerant” te herzien. Een bijkomende complicatie is uiteraard het “gedrag” van fluor in de plant, c.q. de accumulatie en herverspreiding die per boomsoort verschilt (o.a. Sidhu, 1979), maar waardoor ook nog fluorschade kan optreden als de actuele blootstelling aan fluor reeds is beëindigd.

6 Conclusies

De schadesymptomen die in 2000 zijn waargenomen aan diverse beplantingen in de omgeving van Westerbroek, waaronder de beuken op het landgoed Langwijck, de linden langs de Oudeweg en Nevelsloot en de eiken langs de Meestersweg en Vonderpad moeten hoofdzakelijk worden toegeschreven aan fluoridenovermaat.

Dit blijkt uit onder meer uit:

- de schadesymptomen zelf, die kenmerkend zijn voor fluoridenovermaat (o.a. Bossavy, 1965; Sinclair et al. 1996, Mooi, 1982; Botha et al. 1989);
- het fluorgehalte in de bladeren. Dit ligt soms vele malen hoger (tot 5 à 6 maal) dan de normale achtergrondwaarden (tot ca. 20 mg /kg F) en ook hoger dan de algemeen geldende drempelwaarde voor het optreden van schade (voor gevoelige boomsoorten ca. 50 mg/kg F);
- de positieve correlatie tussen het fluorgehalte in het blad en de intensiteit van de schadebeelden;
- de negatieve correlatie tussen de afstand tot de fluorbron en de fluorgehalten in het blad (onderzocht aan zomereik);
- het effect van beschutting. Beschut staande bomen hebben een lager fluorgehalte in het blad dan de bomen die onbeschut staan en het kroongedeelte in de richting van de fluorbron vertoont doorgaans zwaardere symptomen dan het kroongedeelte dat van de richting van de fluorbron is afgekeerd;
- de waargenomen verschillen in intensiteit van aantasting tussen de als de voor fluor gevoelig en als tolerant bekend staande boomsoorten in het gebied ten Noordoosten van het fabriekscomplex van PPG.

Literatuur en bronvermelding

Botha, A.T.; J.H. Visser & L.D. Moore. 1989. Evaluation of possible fluoride injury to vegetation in the vicinity of an industrial site near Cape Town. Suid Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap. Vol 85: 741-745.

Bossavy, J. 1965. Les nécroses dues au fluor. Revue Forestière Française. Vol. 17(12): 801-811.

Burg, J. van der. 1988a. Zoutschade bij bomen: fysiologische mechanismen en detectie. Pag 21-38,

Syllabus Symposium Boom en Bodem, 19 en 20 november 1987, Wageningen en Rhenen, Kring
Praktiserende Boomverzorgers / RBL De Dorschkamp, Wageningen, 150 p.

Burg, J. van der. 1988b. Minerale voeding van bomen: bladmonsteranalyse als basis voor een bemestingsadvies. Pag 85-110, Syllabus symposium Boom en Bodem, 19 en 20 november 1987, Wageningen en Rhenen, Kring Praktiserende Boomverzorgers / RBL De Dorschkamp, Wageningen, 150 p.

Burg, J. van den. 1985. Foliar analysis for determination of tree nutrient status – a compilation of literature data. Rapport nr. 414, RBL “De Dorschkamp”, Wageningen. 615 p.

Burg, J. van den. 1990. Foliar analysis for determination of tree nutrient status – a compilation of literature data. 2. Literature 1985-1989. Rapport nr. 591, RBL “De Dorschkamp”, Wageningen. 220 p.

Butter, M.E. 2000. Een vroege herfst op Langwijck – Schade aan vegetatie en gezondheidsklachten rondom een glasvezelfabriek in Westerbroek, Groningen. Rapport nr. 54, Biologiewinkel Rijksuniversiteit Groningen. 29 p.

Eerden, L.J. van der & A.J. van Alfen. 1998. Evaluatie van schade aan beuk op het landgoed Langwijck te Westerbroek. Rapportage van het AB-DLO te Wageningen, uitgebracht aan de Provincie Groningen, Dienst Ruimte en Milieu, d.d. 18-09-1998.

Eerden. L.J. van der. 1998. Vervolgonderzoek van schade aan beuk in de omgeving van Westerbroek. Rapportage van het AB-DLO te Wageningen, uitgebracht aan de Provincie Groningen, Dienst Ruimte en Milieu, d.d. 04-12-1998.

Gilbert, O.L. 1983. The Growth of Planted Trees Subject to Fumes from Brickworks.

Hartmann, G; F. Nienhaus & H. Butin. 1995. Farbatlas Waldschäden – Diagnose von Baumkrankheiten. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 1995. 288 p.

Jamrich, V. 1984. Möglichkeiten der Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit von Gehölzen unter den Bedingungen der Fluorintoxikation mit Hilfe von Okularsymptomen der Beschädigung. *Folia dendrologica* 11/ 84: 83-103.

Nienhaus, F.; H. Butin & B. Boehmer. 1992. Farbatlas Gehölzkrankheiten – Ziersträucher und Parkbäume. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 1996. 288 p.

Mooi, J. 1982. Beschadigingen door luchtverontreiniging. In: *Bosbescherming*, pp. 350- 362. PUDOC, Wageningen. 385 p.

Phillips, D.H. & D.A. Burdekin. 1982. *Diseases of Forest and Ornamental Trees*. MacMillan Press Ltd. 1985. 235 p.

Rhoads, A.F. & E. Brennan. 1975. Fluoride damage to woody vegetation in New Jersey in 1974. *Plant Disease Reporter* Vol. 59 nr. 5: 427-429.

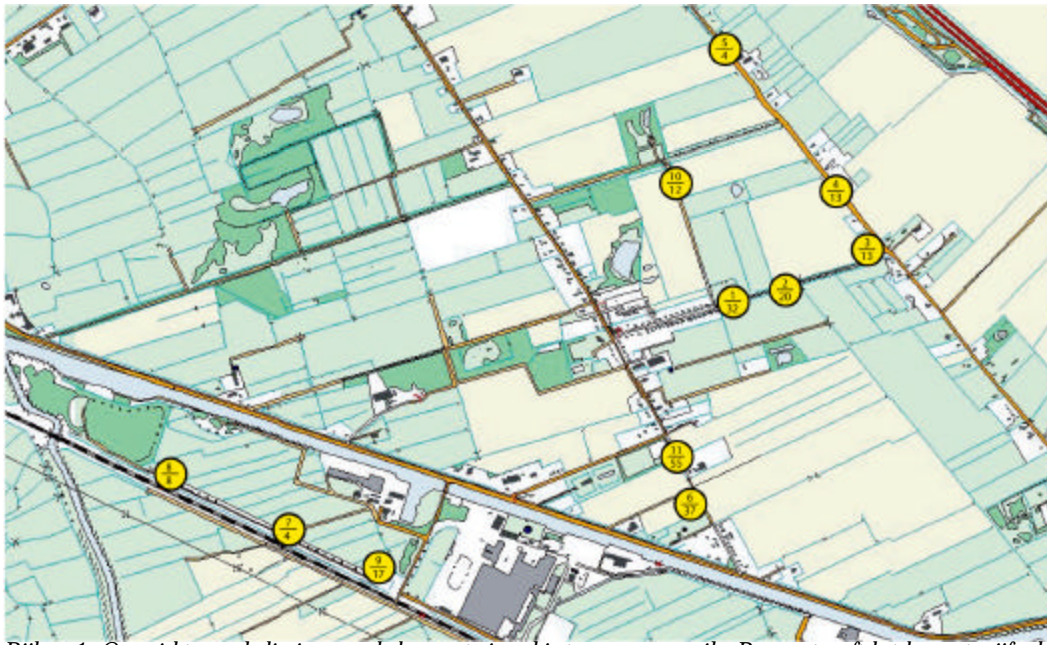
Sidhu, S.S. 1979. Fluoride Levels in Air, Vegetation and Soil in the Vicinity of a Phosphorus Plant. *Journal of the Air Pollution Control Association* Vol 29 nr. 10: 1069-1072.

Sinclair, W.S.; H.H. Lyon & W.T. Johnson. 1987. *Diseases of Trees and Shrubs*. Cornell University Press, Ithaca & London. 1996. 575 p.

Wentzel, K.F. 1969. Empfindlichkeit und Resistenzunterschiede der Pflanzen gegenüber Luftverunreinigung. *Proceedings of the First European Congress on the Influence of Air Pollution on Plants and Animals*, Wageningen, April 22 to 27, 1968. PUDOC, Wageningen, 1969. pp. 357-369.

Yu, S.W.; Bian, Y.M.; Ma, G.J. & Luo, J.J. 1990. Studies on the causes of forest decline in Nanshan, Chongqing. *Environmental Monitoring and Assessment* 14: 239-246.

Bijlage 1 Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van zomereik.



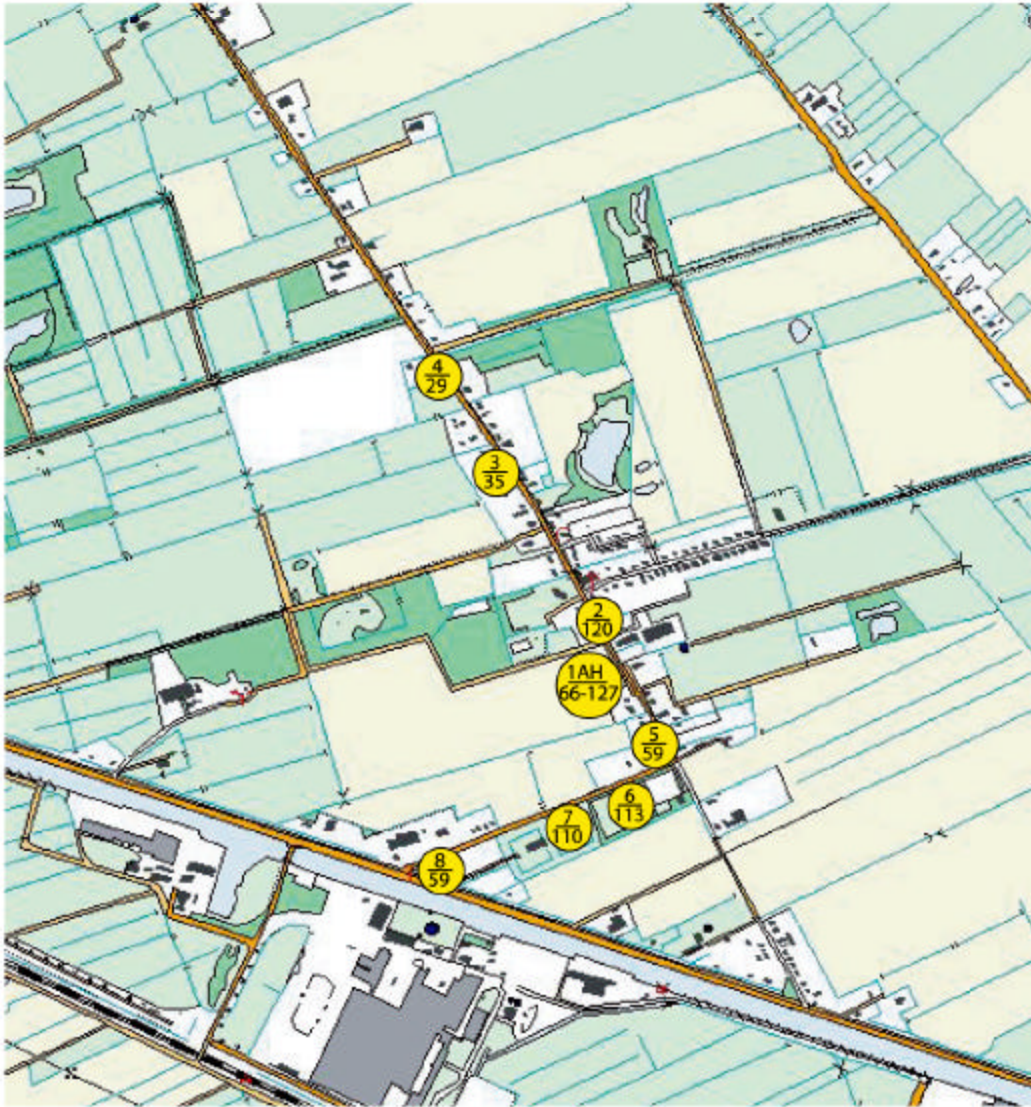
Bijlage 1: Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van zomereik. Per punt geeft het bovenste cijfer het volgnummer van het object c.q. monsternummer aan en het onderste het fluorgehalte (in ppm) van het blad.

Bijlage 2 Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van beuk op Langwijck.



Bijlage 2: Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van beuk op Langwijck. Per punt geeft het bovenste cijfer het volgnummer van het object c.q. monsternummer aan en het onderste het fluorgehalte (in ppm) van het blad.

Bijlage 3 Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van Hollandse linde.



Bijlage3: Overzicht van de ligging van de bemonsteringsobjecten van Hollandse linde. Per punt geeft het bovenste cijfer het volgnummer van het object c.q. monsternummer aan en het onderste het fluorgehalte (in ppm) van het blad.

