



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak

A. Oosterbaan
A.E.G. Tonneijck
E.A. de Vries

Alterra-rapport 1419, ISSN 1566-7197



Kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak

Kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak

**A. Oosterbaan
A.E.G. Tonneijck
E.A. de Vries**

Alterra-rapport 1419

Alterra, Wageningen, 2006

REFERAAT

Oosterbaan, A., A.E.G. Tonneijck & E.A. de Vries, 2006. *Kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak*, Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1419. 58 blz. 8 fig.; 8 tab.; 29 ref.

Fijn stof is schadelijk voor de gezondheid van de mens. Ammoniak is meer een probleem voor de natuur. Landschapselementen bestaande uit bomen en/of struiken kunnen zowel fijn stof als ammoniak invangen. De invangcapaciteit wordt behalve door de boom- en struiksoorten bepaald door de afmetingen en structuur. In dit onderzoek wordt ingegaan op boomsoorten en typen landschapselementen. Voor een pilotgebied van 1 km² is gekeken naar de potentiële invang van fijn stof en ammoniak door de aanwezige landschapselementen in vergelijking met de totale uitstoot. Daarbij zijn mogelijkheden aangegeven om met nieuwe landschapselementen de invang te verhogen.

Trefwoorden: ammoniak, boomsoorten, fijn stof, invang, landelijk gebied, landschapselementen, uitstoot

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2006 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd 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

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doelstelling en reikwijdte	12
1.3 Methoden van onderzoek/Leeswijzer	12
2 Fijn stof	13
2.1 Wat is fijn stof	13
2.2 Opbouw van de concentratie fijn stof	13
2.3 Gevolgen voor de volksgezondheid	14
2.4 Relatie fijn stof met groen	15
2.5 Verschillen tussen soorten	16
2.6 Schadelijkheid van ingevangen fijn stof	17
3 Ammoniak	19
3.1 Wat is ammoniak	19
3.2 Gevolgen voor ecosystemen	19
3.3 Relatie tussen ammoniak en groen	20
3.4 Effectiviteit van landschapselementen om ammoniak af te vangen	21
3.5 Verschillen tussen soorten	23
3.6 Schadelijkheid van ammoniak	24
4 Invloed van de structuur	25
4.1 Punt- en lijnvormige groenelementen	25
4.1.1 Interceptie	25
4.1.2 Depositie	26
4.2 Vlakvormige groenelementen	27
4.2.1 Interceptie	27
4.2.2 Depositie	27
4.3 Watelementen	27
5 Belang van de omgeving	29
6 Verwachte betekenis van landschapselementen	31
6.1 Inleiding	31
6.2 Indeling van landschapselementen	31
6.3 Belangrijke aspecten	33
7 Casestudy Woudenberg	35
7.1 Gebiedsbeschrijving	35
7.2 Emissie en immissie	36
7.3 Source-Sink benadering	37
7.3.1 Fijn stof	37
7.3.2 Ammoniak	39

7.4 Netto resultaat	40
7.4.1 Fijn stof	40
7.4.2 Ammoniak	41
8. Conclusies en aanbevelingen	43
Literatuur	45
 <i>Bijlagen</i>	
1 Relatieve ammoniak-gevoeligheid van bomen en struiken	49
2 Inheemse soorten die algemeen voorkomen in bossen en hagen, en relevante eigenschappen	51
3 Definities landschapselementen	53
4 Begripsbepalingen	57

Woord vooraf

Sinds het “Besluit luchtkwaliteit” is Nederland zich ervan bewust dat met name fijn stof een probleem is voor de ontwikkeling van Nederland. In eerste instantie lag de aandacht op industrie, verkeer in en om steden. Vanaf 2005 is ook meer aandacht gekomen voor het landelijk gebied, enerzijds omdat daar ook bronnen van fijn stof voorkomen (verkeer en intensieve landbouw), anderzijds omdat het groen van het landelijk gebied ook een rol kan spelen in het filteren van fijn stof uit de lucht. Hierdoor rees bij Landschapsbeheer Nederland de vraag wat landschapselementen kunnen betekenen in de strijd tegen de luchtverontreiniging en in het bijzonder tegen fijn stof. Dit was voor het ministerie van LNV reden genoeg om een onderzoek te financieren naar de relatie tussen landschapselementen in het landelijk gebied en de luchtkwaliteit. Dit onderzoek kwam mede tot stand door de inzet van Henk Baas van Landschapsbeheer Nederland als vragensteller. Verder gaat onze dank uit naar Wanne Roetemeijer van Landschapsbeheer Nederland als begeleider van het project en Kees van Lambalgen van de gemeente Woudenberg als aanspreekpunt bij de gemeente en gegevensverstrekker! Hartelijk dank!

Het Projectteam.

Samenvatting

Dit rapport gaat over de betekenis van kleine landschapselementen (bosjes, singels, groepen en rijen bomen enz.) als invangers van fijn stof en ammoniak. Hiervoor is literatuur bestudeerd en is voor een concreet gebied berekend hoeveel fijn stof en ammoniak kan worden ingevangen door de aanwezige landschapselementen en hoe groot de relatieve bijdrage van landschapselementen kan zijn aan vermindering van de problematiek.

Fijn stof (deeltjes met een doorsnee tot 10 micromillimeter), dat schadelijk is voor de gezondheid van de mens, ligt als een deken over ons land. In stedelijke gebieden is deze deken “verzwaard” met een extra laag door het intensieve verkeer en in het landelijk gebied komen nog eens extra pieken voor door de intensieve veehouderij. Groen kan fijn stof onderscheppen en vasthouden. De mate van interceptie varieert per plantensoort. Door de grotere omvang, onderscheppen bomen fijn stof beter dan bijvoorbeeld struik en kruidachtigen. Uit literatuur blijkt dat dennensoorten een groter vermogen hebben om fijn stof te onderscheppen dan de bestudeerde loofbomen. Van de loofboomsoorten (hier is overigens weinig onderzoek naar gedaan) hebben gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*), vogelkers (*Prunus padus*) en zachte berk (*Betulus pubescens*) vermoedelijk een groter invangcapaciteit dan andere loofbomen. Van de struikachtigen zijn rode kamperfoelie (*Lonicera xylosteum*), framboos (*Rubus idaeus*) en wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*) vermoedelijk het meest efficiënt.

Ammoniak is meer een probleem van het landelijk gebied en heeft door de eutrofiërende en verzurende werking vooral negatieve gevolgen voor natuurlijke vegetaties.

Bomen zijn uitstekend geschikt om ammoniak uit de lucht af te vangen vanwege hun ruwheid. Landschapselementen bestaande uit bomen kunnen ammoniak uit de lucht verwijderen en in het systeem vastleggen. Naar de effectiviteit is nog weinig studie gedaan. Bladeren van loofbomen kunnen naar verwachting ammoniak beter opnemen dan de naalden van naaldbomen. Naaldbomen ondervinden tevens eerder schade van ammoniak.

Landschapselementen bestaande uit bomen en/of struiken kunnen dus zowel fijn stof als ammoniak invangen. De invangcapaciteit wordt behalve door de boom- en struiksoorten bepaald door de afmetingen en structuur. De totale invang is uiteraard groter naarmate het element groter is, maar de invang per m² element is voor poreuze elementen groter dan voor geheel dichte of open elementen. Dit komt doordat er naast de depositie van bovenaf ook een deel aan de zijkant wordt ingevangen en binnenin het element.

Voor een pilotgebied van 1 km² bij Woudenberg is berekend hoeveel fijn stof en ammoniak er door de verschillende bronnen wordt uitgestoten en welke bijdrage de

aanwezige groene landschapselementen kunnen leveren aan de invang. Uit deze schatting blijkt dat de aanwezige landschapselementen, die slechts 3 % van de oppervlakte uitmaken, ca. 10 % van de totale invang van fijn stof voor hun rekening nemen en ca. 8 % van de opname van ammoniak. Door gerichte keuze van plaats van aanplant ten opzichte van de emissiebron, boom- en struiksoorten en opbouw van de landschapselementen kan deze bijdrage nog worden verhoogd.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Deze studie is gericht op de vraag welke bijdrage landschapselementen kunnen leveren aan vermindering van fijn stof en ammoniak in het landelijke gebied. De luchtkwaliteit in ons land baart zorgen. Fijn stof is één van de grote boosdoeners, waar de laatste jaren meer aandacht voor is. Sinds 2005 moeten overheden de luchtkwaliteitsnormen voor fijn stof handhaven. De concentratie van fijn stof (PM 10) mag maximaal 35 dagen per jaar hoger uitkomen dan 50 microgram per m³. Uit metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit blijkt dat in veel steden deze norm wordt overschreden (zelfs na aftrek van zeezout). Er zijn zelfs al bouwprojecten door stilgelegd. De regels zullen in de toekomst nog worden aangescherpt.

Fijn stof is schadelijk voor de volksgezondheid. Jaarlijks overlijden in Nederland naar schatting enkele duizenden personen enkele dagen tot enkele maanden eerder door kortdurende blootstelling aan PM10 en ozon. Circa tweederde hiervan wordt toegeschreven aan fijn stof. De risico's van langdurende blootstelling aan fijn stof (gedurende vele jaren) zijn erg onzeker maar worden veel hoger geschat dan die van kortdurende blootstelling. Het zou hierbij gaan om mogelijk tienduizend tot enige tienduizenden mensen per jaar die meerdere jaren eerder overlijden (Knol en Staatsen, 2005).

Hoewel de overschrijding van normen vooral optreedt langs drukke verkeerswegen in en om de steden, speelt de problematiek van fijn stof zich ook af in het landelijk gebied. Overigens is er ook een relatie tussen de twee: als de achtergrondwaarde (deels veroorzaakt op het platteland) in de stad verlaagd wordt door maatregelen in het platteland, kan het platteland dus helpen de luchtkwaliteit in de steden te verbeteren. Fijn stof ligt als een deken over Nederland. Niet alleen verkeer emitteert veel fijn stof, ook bijvoorbeeld de intensieve veehouderij is een bron van emissie (20 % van de fijn stof komt van veehouderijen). Veehouderij is ook de belangrijkste bron van ammoniak. Hoge concentraties en deposities van ammoniak in het landelijk gebied zijn het gevolg. Kritische niveaus van stikstofdepositie worden overschreden en vooral gevoelige natuurgebieden ondervinden schade en moeten worden beschermd.

Vegetaties nemen continu verontreiniging uit de lucht op en functioneren daarmee als filter (Tonneijck en Blom-Zandstra, 2002). Vooral bomen zijn hier goed in. Onder druk van luchtkwaliteitsproblemen komt in Nederland steeds meer aandacht voor deze positieve functie van groen. Landschapselementen kunnen een bijdrage leveren aan de terugdringing van de luchtverontreinigingsproblematiek. Tegen de investeringskosten in landschapselementen kunnen dus baten staan.

Er zijn weinig onderzoeken gericht op de mogelijke bijdrage van landschapselementen aan vermindering van luchtverontreiniging in het landelijk gebied. De mate waarin landschapselementen in Nederland een bijdrage kunnen leveren aan verbetering van de luchtkwaliteit is onderwerp van deze studie.

1.2 Doelstelling en reikwijdte

Het doel van het project is inzicht te krijgen in de potentiële bijdrage van verschillende typen landschapselementen en de structurering van landschapselementen aan de vermindering van verontreiniging van vooral fijn stof maar ook ammoniak in het landelijk gebied.

De resultaten moeten inzicht geven in de functionaliteit van bestaande landschapselementen. Tevens leidt de studie tot inzichten die kunnen worden gebruikt om bij de aanleg van landschappelijke elementen in de omgeving van vervuilende bronnen de opbouw en structuur te optimaliseren richting vermindering van de fijn stof en ammoniak-concentraties in de lucht.

1.3 Methoden van onderzoek/Leeswijzer

Via literatuurstudie is nagegaan wat de filterende potentie is van verschillende typen landschapselementen en welke betekenis de elementenstructuur heeft voor vermindering van de concentraties fijn stof en ammoniak.

Vervolgens is in een landelijk gebied met vervuilende bronnen nagegaan welke potentiële invloed de aanwezige landschapselementen hier hebben op de luchtkwaliteit en op welke wijze eventuele verbeteringen kunnen worden aangebracht.

De opbouw van het rapport is als volgt: Hoofdstukken 2 en 3 beschrijven de huidige kennis over de relatie tussen groen en respectievelijk fijn stof en ammoniak. In Hoofdstuk 4 wordt het belang aangestipt van de structuur van verschillende typen landschapselementen terwijl Hoofdstuk 5 ingaat op het belang van een aantal omgevingsfactoren. De verwachte betekenis van de huidige landschapselementen komt in Hoofdstuk 6 aan de orde. In Hoofdstuk 7 wordt deze betekenis gekwantificeerd voor een concreet gebied bij Woudenberg. Conclusies en aanbevelingen worden in Hoofdstuk 8 gepresenteerd.

In bijlage 4 zijn begripsbepalingen opgenomen.

2 Fijn stof

2.1 Wat is fijn stof

Fijn stof is een deeltjesvormige verontreiniging die in te hoge concentraties de gezondheid kan bedreigen. Fijn stof heeft een diameter van 10 μm of kleiner (< 0.01 millimeter) en kan daardoor door de mens worden ingeademd en opgenomen. De aanduiding voor fijn stof is PM10 (PM = particulate matter, 10 = maximale grootte: 10 μm). Soms wordt nader onderscheid gemaakt in fijn stof (PM10), zeer fijn stof (PM2.5) en ultra fijn stof (PM1), respectievelijk met een diameter van maximaal 10 μm , maximaal 2.5 μm en maximaal 1 μm . De deeltjes met een fractie van 2.5 μm tot 10 μm zijn over het algemeen stofdeeltjes van natuurlijke oorsprong, en worden vooralsnog als minder schadelijk beschouwd dan de kleinere deeltjes die veelal uit verbrandingsprocessen afkomstig zijn. (MNP, 2005a).

Als gevolg van de diversiteit aan bronnen die fijn stof produceren, varieert de samenstelling sterk. Een deel van het fijn stof kent een natuurlijke oorsprong zoals zeezout en bodemstof. Ook wordt een deel door antropogene activiteiten veroorzaakt. De antropogene bijdrage bestaat uit primair fijn stof en secundair fijn stof. Het primaire fijn stof wordt direct als fijn stof in de lucht gebracht. Voorbeelden hiervan zijn roetdeeltjes (auto's, kachels, enz.), rubber van autobanden en slijpsel van draaiende machines. Secundair fijn stof ontstaat door omzetting van bijvoorbeeld vluchtige organische koolwaterstoffen (VOS), zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3) in grotere deeltjes.

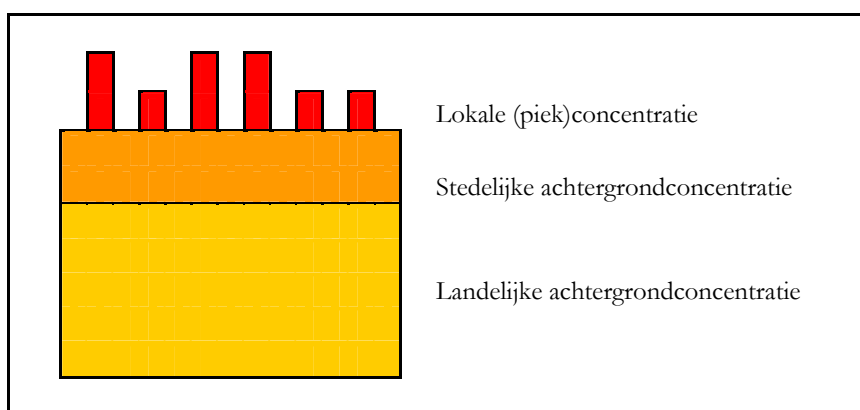
2.2 Opbouw van de concentratie fijn stof

Fijn stof ligt als een deken over Nederland, dit is de landelijke achtergrondconcentratie. De bron van het fijn stof kan zowel binnen als buiten Nederland liggen en een natuurlijke, dan wel antropogene oorsprong hebben. Modelberekeningen geven aan dat in Nederland tenminste 45% van het fijn stof een antropogene oorsprong heeft, geschat wordt dat hiervan ongeveer tweederde van buitenlandse bronnen afkomstig is. Dit is echter minder dan dat Nederland exporteert. Van de circa 55% die (nog) niet herleidbaar is naar antropogene bronnen, bestaat het grootste deel uit bodemstof en uit onbekend en dus mogelijk niet gemodelleerd antropogeen fijn stof. (MNP, 2005a en 2005c).

Plaatselijk kunnen hogere (piek)concentraties ontstaan. Deze zijn direct te koppelen aan een of meerdere bronnen in de nabijheid van de plaats met die verhoogde concentratie, bijvoorbeeld een intensieve veehouderij of drukke wegen door het landelijk gebied. Piekconcentraties hebben een weerslag op de directe omgeving. Veel piekconcentraties in een gebied (bijvoorbeeld steden) leiden tot een verhoogde achtergrondconcentratie omdat de piekconcentraties hierop doorwerken. Dit betekent dat vanuit steden ook een toevoeging plaats vindt aan de

achtergrondconcentratie van het landelijk gebied. Maar ook vice versa, en dat kan betekenen dat het landelijke gebied (inclusief snelwegen) bijdraagt aan de achtergrondconcentratie van het stedelijke gebied of dat het bijdraagt aan een betere luchtkwaliteit in en om de stad.

In figuur 1 is de opbouw van de concentratie fijn stof naar ruimtelijke herkomst schematisch weergegeven. Deze bestaat uit drie delen: landelijke achtergrondconcentratie, stedelijke achtergrondconcentratie en de lokale (piek)concentratie.



Figuur 1: Opbouw van de concentratie P M₁₀

2.3 Gevolgen voor de volksgezondheid

Fijn stof dat door de mens wordt ingeademd, kan gezondheidseffecten hebben. De ingeademde stofdeeltjes schaden de luchtwegen en longen. De kleinere deeltjes kunnen hart en bloedvaten schaden doordat deze worden opgenomen in het bloed en daar kunnen klonteren. Met name ouderen, kinderen, patiënten met chronische luchtweg- en longaandoeningen en hartpatiënten zijn kwetsbaar. Fijn stof als gevolg van verbrandingsprocessen lijkt voorsnog schadelijker voor de gezondheid dan fijn stof met een natuurlijke oorsprong zoals zeezout en bodemstof. Naar schatting sterven in Nederland per jaar 2300 tot 3500 mensen eerder (enkele dagen tot enkele maanden) als gevolg van een kortdurende blootstelling aan fijn stof (RIVM, 2003; Fischer, 2005).

Voor een goede schatting van de effecten van lange-termijnblootstelling aan fijn stof ontbreken voorsnog betrouwbare Nederlandse en Europese gegevens (MNP, 2005b). Op basis van Amerikaanse studies wordt voor Nederland geschat dat jaarlijks 12.000 tot 24.000 mensen eerder sterven. Hierbij wordt uitgegaan van een jaargemiddelde concentratie fijn stof van 35µg/m³. Geschat wordt dat de levensduur met circa 10 jaar wordt verkort (Knol, 2005). Naast het eerder sterven van mensen, heeft fijn stof ook invloed op de kwaliteit van leven. Mensen met een zwakkere gezondheid ondervinden meer hinder en bij bestaande ziekten verergeren de klachten. Als gevolg hiervan neemt het ziekteverzuim en het aantal ziekenhuisopnames toe (MNP, 2005b). Hier zijn geen exacte aantallen van bekend.

Varkens- en kippenhouders hebben een hoger risico op bronchitis als gevolg van blootstelling aan stof. Hierbij gaat speciaal aandacht uit naar endo-toxines afkomstig van micro-organismen. De concentraties van deze componenten zijn vooral hoog in legbatterijen (Hartung, 1998). De mogelijke rol van landschapselementen om deze gezondheidsschade te verminderen is uiteraard zeer gering aangezien de blootstelling aan schadelijke niveaus zich vooral in de stallen voordoet.

2.4 Relatie fijn stof met groen

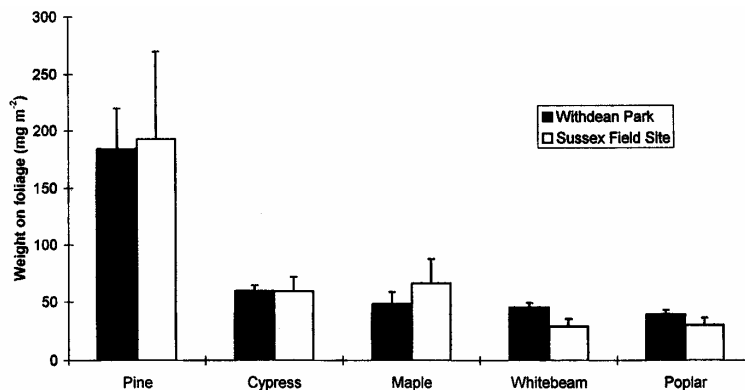
Groen kan fijn stof onderscheppen en vasthouden. Deze interceptie van fijn stof vindt plaats op alle bovengrondse delen van de vegetatie. De grootste hoeveelheid komt op het blad terecht. De mate van interceptie varieert per soort. Door de grotere omvang, onderscheppen bomen fijn stof beter dan bijvoorbeeld struik- en kruidachtigen. Interceptie vindt plaats op het moment dat het fijn stof contact maakt met het groen. Een onregelmatige opbouw van de vegetatie zorgt voor meer turbulentie in de lucht waardoor er meer contactmomenten kunnen ontstaan. Hierbij zijn vegetatie-eigenschappen zoals de ruwheid van het oppervlak essentieel. Fijn stof hecht zich beter aan een bladoppervlak dat plakkerig, ruw en harig is, zeker als het vochtig is (Pye, 1987). Daarnaast zorgt de elektrostatische lading die vegetatie kan hebben, ook voor een groter interceptievermogen (Beckett, 2000b). De houtige delen van vegetaties dragen ook bij aan de interceptie, hierbij is de takstructuur van belang (Beckett, 1998). Een deel van het fijn stof komt niet meer los van het blad. Een ander deel van het fijn stof kan als gevolg van hevige wind en regen loskomen. Dit deel komt in de lucht terecht of spoelt met het water weg of hecht zich aan andere oppervlakten. Gegevens over dit verwaaiings- en afspoelingspercentage zijn beperkt bekend. In berekeningen worden hierom veilige marges ingebouwd. Zo gaat Nowak (1994) uit van 50% resuspensie; dit wil zeggen dat van de totale hoeveelheid fijn stof die een boom opneemt, de helft weer verwaait naar de lucht. Bij afspoeling komt fijn stof niet terug in de lucht maar in de bodem. De mate van afspoeling varieert per plantensoort.

Afvangen en depositie

Interceptie van fijn stof bestaat uit drie processen. Onder invloed van de wind wordt het fijn stof afgevangen. Fijn stof wordt hierbij door de wind als het ware de groenstructuur ingeblazen. Dit is het meest effectieve proces. Afhankelijk van de vorm van de groenstructuur en de soorten waaruit deze bestaat, wordt meer of minder fijn stof afgevangen (zie ook hoofdstuk 4). Ook kan interceptie plaatsvinden waarbij fijn stof onder invloed van de zwaartekracht neerslaat (depositie) op het groen. Hierbij is de mate van bedekking van het gebied van belang. Modelmatig onderzoek in de West-Midlands (Groot-Britannië) laat zien dat een bedekking van 25% met groen een concentratieverlaging van 10% kan opleveren (Steward, 2002). Tot slot Brownse diffusie, de stofdeeltjes zijn zo klein dat ze zich bewegen als gassen, maar met een lagere snelheid dan gasmoleculen. Dit speelt alleen een rol bij ultra fijn stof. In tegenstelling tot fijn stof (PM10) kan ultra fijn stof (PM1) door planten via bijvoorbeeld de huidmondjes worden opgenomen (o.a. Beckett, 2000a).

2.5 Verschillen tussen soorten

Hoe groter het bladoppervlak, des te effectiever is een vegetatie in het onderscheppen van fijn stof. Dit betekent dat een boom meer onderschept dan een struik of een kruidachtige. Ook blijkt uit onderzoek dat naaldbomen meer geschikt zijn dan loofbomen om fijn stof te onderscheppen (Beckett, 2000a). In figuur 2 is de depositie van fijn stof op enkele boomsoorten weergegeven.



Figuur 2: Depositie van PM₁₀ op bomen (Bron: Beckett, 2000a)

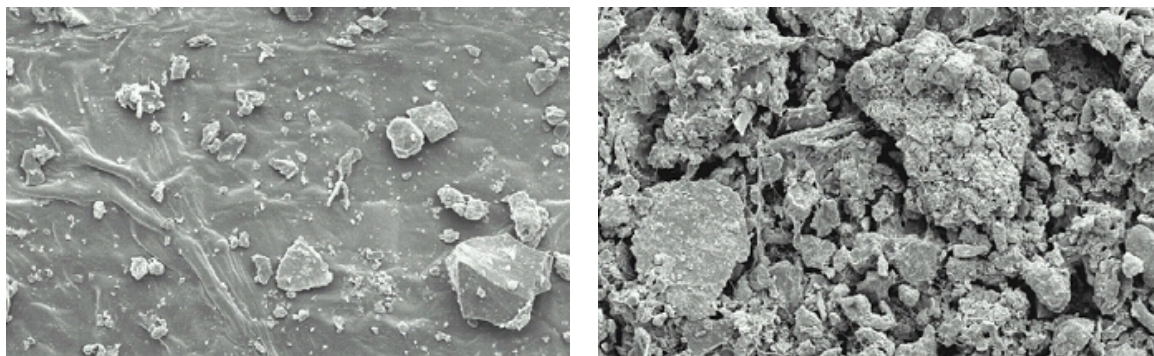
Pine = Grove Den; Cypress = cipres/conifeer; Maple = esdoorn; Whitebeam = Abeel en Poplar = populier

Uit figuur 2 blijkt dat vooral Pinus-soorten maar ook Cypress, een groter vermogen hebben om fijn stof te onderscheppen dan de bestudeerde loofbomen. Het verschil tussen Pinus en Cypress komt door de fijnere structuur van de naalden van eerstgenoemde. Het komt er dus op neer dat naaldbomen wel tot 3 x zoveel fijn stof kunnen invangen als loofbomen.

Naast de vorm (naalden versus bladeren) speelt ook de morfologie van het blad een belangrijke rol bij het afvangen van stofdeeltjes. Ruwe, sterk krullende en behaarde bladeren zijn effectiever dan vlakke, gladde bladeren. Door steeds wisselende bewegingen van de vervuilde lucht treedt een snellere depositie van deeltjes op. Dit geldt ook voor de structuur van takken en twijgen. Een warrige takstructuur bevordert de depositie. Andere kenmerken als plakkerigheid, vochtigheid en electrostatische lading van bladeren en naalden begunstigen eveneens de depositie.

Eenmaal op het blad kan fijn stof weer verwijderd worden door resuspensie naar de lucht en door neerslag. Hierbij is sprake van het zogeheten "Lotus-effect" (Barthlott en Neinhuis, 1997). Bladeren van bepaalde plantensoorten zoals van *Nelumbo nucifera* (heilige lotus) zijn na een regenbui compleet schoon terwijl die van andere soorten dan nog volledig bezet zijn met stofdeeltjes (zie Figuur 3). Dit heeft te maken met verschillen in het micro-relief van het bladoppervlak welke vooral worden veroorzaakt door verschillen in de epicuticulaire wasstructuur. Er is relatief weinig onderzoek gedaan naar de interceptiecapaciteit van verschillende boomsoorten, maar op basis van bladkenmerken kan worden verwacht dat loofbomen zoals gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*), vogelkers (*Prunus padus*) en zachte berk (*Betulus pubescens*)

efficiënter zijn dan andere loofbomen. Op basis van de bladkenmerken kan ook worden verwacht dat rode kamperfoelie (*Lonicera xylosteum*), framboos (*Rubus idaeus*), wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*) en sleedoorn (*Prunus spinosa*) efficiënter zijn dan andere struikachtigen.



Figuur 3. Fijn stof op het blad van wilde wingerd in juni (links) en in oktober (rechts) (Uit Thönnessen, 2005).

2.6 Schadelijkheid van ingevangen fijn stof

Voor zover bekend heeft fijn stof geen negatieve effecten op planten. Uiteindelijk komt fijn stof terecht op de grond en wordt het geadsorbeerd aan bodemdeeltjes. Fijn stof zelf zal weinig schadelijk zijn voor het milieu. Organische verbindingen die aan het stof zijn geadsorbeerd, kunnen door in de bodem aanwezige micro-organismen worden afgebroken. Zware metalen echter zullen in de bodem accumuleren.

3 Ammoniak

3.1 Wat is ammoniak

In een groot deel van Europa en vooral in Nederland is de stikstofdepositie hoger dan gewenst en veroorzaakt negatieve effecten op natuurlijke ecosystemen. Stikstofdepositie bestaat voornamelijk uit geoxideerde verbindingen (NO_x), afkomstig van verkeer en industrie, en gereduceerde verbindingen (NH_y) afkomstig van de landbouw. Het buitenlandse aandeel in de stikstofdepositie in Nederland bedraagt 35% (MNP, 2005). In ons land wordt de grootste bijdrage aan de atmosferische depositie van stikstof geleverd door gereduceerde verbindingen. Gemiddeld is de depositie van NH_y ongeveer tweemaal groter dan die voor NO_x , maar er zijn grote regionale verschillen afhankelijk van de verspreiding van de verschillende emissiebronnen (Van der Eerden et al., 2000). In de komende jaren zal het belang van de emissie van ammoniak (NH_3) in de totale stikstofdepositie toenemen vanwege emissiereducerende maatregelen voor NO_x .

Hoge concentraties en deposities van ammoniak zijn vooral een probleem van het landelijk gebied omdat de bronnen hier gelegen zijn. De verblijftijd van ammoniak in de atmosfeer is relatief kort (1 tot 3 uur) en de meeste depositie gebeurt binnen enkele kilometers afstand van de bronnen. Veeteelt is de belangrijkste bron van ammoniak als gevolg van het uitrijden van mest en de intensieve veehouderij. Het uitrijden van mest leidt tot hoge concentraties gedurende één tot enkele dagen terwijl de problematiek van hoge concentraties rond stallen een permanent karakter heeft.

3.2 Gevolgen voor ecosystemen

Ammoniak heeft vooral negatieve effecten op natuurlijke vegetaties als gevolg van eutrofiering en verzuring. Beken, droge en natte heide en voedselarme heide en graslanden zijn nu niet beschermd tegen te hoge stikstofdepositie. De hoge stikstofdepositie is samen met de verdroging verantwoordelijk voor het niet realiseren van de gewenste natuurdoelen in de Ecologische Hoofdstructuur. In Nederlandse bossen in gebieden met intensieve veehouderij kan de depositie van stikstof 100 tot 200 kg per hectare per jaar bedragen. Dit is veel hoger dan de kritische grens waarbij de hoeveelheid stikstof geen significante schade veroorzaakt aan het bos. Voor naaldbossen ligt deze kritische grens op 10 tot 20 kg N per hectare per jaar. Directe blootstelling dichtbij stallen kan incidenteel aanleiding geven tot beschadiging bij gevoelige planten (Van der Eerden, 1992).

Voorzover bekend leidt blootstelling aan ammoniak niet tot directe gezondheidsproblemen bij agrariërs of omwonenden. Samen met andere componenten zoals dimethylamine, vetzuren, aceton, fenolen en indolen en zwavelwaterstof kan ammoniak leiden tot geurhinder.

3.3 Relatie tussen ammoniak en groen

Het effect van ammoniak op planten is van een aantal stappen afhankelijk: de opname, de assimilatie ofwel omzetting en de eventuele gevolgen daarvan voor het metabolisme van de plant (Fangmeier et al., 1994). Ammoniak komt hoofdzakelijk in het blad via de huidmondjes en lost relatief gemakkelijk op in de waterfilm van de mesophyll cellen en vormt daar ammonium. Het opnameproces wordt gestuurd door het verschil tussen de ammoniakconcentratie in de plant en in de buitenlucht. Is de concentratie in de buitenlucht hoger dan in de plant, dan wordt ammoniak uit de lucht opgenomen. Het omgekeerde proces is ook mogelijk; is de buitenlucht concentratie lager dan wordt door de plant ammoniak afgegeven. Ammoniak reageert ook met het uitwendige oppervlak van bladeren en kan tot erosie van de cuticula aanleiding geven (Fangmeier et al., 1994). Tevens lost het gemakkelijk op in de waterlaag aan het oppervlak van natte bladeren.

De snelheid waarmee ammoniak na opname in het blad wordt omgezet, is afhankelijk van zowel plant- als omgevingsfactoren. De hoogste omzetting wordt bereikt in fysiologisch actief plantenweefsel. Ammonium kan accumuleren en toxische effecten veroorzaken indien de verwerkingscapaciteit van de bladeren wordt overschreden. Zo zijn bij naaldbomen op korte afstand van een ammoniakbron effecten waargenomen in herfst en winter maar niet in de zomer (Van der Eerden, 1982).

Verschillende typen vegetaties hebben een verschillend effect op de depositiesnelheid voor ammoniak. De meeste depositie vindt op bossen plaats in vergelijking met laagblijvende vegetaties (tabel 1). De mate van depositie is van veel factoren afhankelijk zoals ruwheid van het bladerdek (kort gras, loofbomen, naaldbomen) en tijdstip van de dag, vochtigheid en temperatuur. Gemeten depositiesnelheden liggen tussen $0,3 \text{ cm sec}^{-1}$ voor bodem tot $3,6 \text{ cm sec}^{-1}$ voor naaldbomen. Volgens Fowler (2002) variëren de maximale depositiesnelheden tussen $2,1 \text{ cm sec}^{-1}$ voor korte vegetatie tot $5,6 \text{ cm sec}^{-1}$ voor jong bos. Bomen en bossen zijn dus bij uitstek geschikt om ammoniak uit de lucht af te vangen. Bladeren van loofbomen nemen naar verwachting ammoniak beter op dan naalden van naaldbomen. Dit verschil in effectiviteit wordt op het niveau van de individuele boom gecompenseerd doordat naaldbomen een groter bladoppervlak bezitten dan loofbomen en in de wintermaanden hun naalden behouden.

Tabel 1 Depositiesnelheden voor ammoniak (uit Fangmeier et al., 1994)

Type vegetatie	NH ₃ (cm sec ⁻¹)
Bodem	0,3
Bodem, begassingsruimte	0,5
Bodem, veldcondities	0,06 - 0,5
Bodem, maximum	1
Verschillende plantensoorten, overdag	0,3 - 1,3
Verschillende plantensoorten, 's nachts	0,03 - 0,13
Laagveen	0,1 - 0,4
Heide/laagveen	1,9
Gras (<i>Lolium multiflorum</i>)	1,6
Bos	2,2
Douglas bos	$2,7 \pm 0,7$
Douglas bos	3,2
Naaldbos	3,6

Planten emitteren ook ammoniak. Vegetaties zijn dus zowel bron als sink voor ammoniak. Dit is afhankelijk van het verschil tussen de ammoniak concentratie in de buitenlucht en het ammoniak niveau in de plant. Zolang de buitenluchtconcentratie hoger is dan de interne concentratie fungeert de vegetatie als sink. In gebieden met veel veehouderij en rond stallen zal de vegetatie dus eerder fungeren als sink voor ammoniak dan als bron. In situaties met lagere ammoniakniveaus in de buitenlucht zal de vegetatie zowel ammoniak kunnen opnemen als emitteren. Uitwendige omstandigheden zijn hierbij belangrijk aangezien deze de interne concentratie van ammoniak in het blad beïnvloeden. Bij hogere temperaturen zoals in de middag, is de interne bladconcentratie relatief hoog en fungeren planten eerder als bron van ammoniak. Bij lagere temperaturen zoals 's nachts en in de vroege ochtend fungeren planten eerder als sink (Sutton et al., 1995).

Het landelijke gebied herbergt de belangrijkste bronnen van ammoniak en de voor depositie gevoelige (semi-)natuurlijke vegetaties. Gelet op de verschillende typen van schadelijke effecten van ammoniak (directe blootstelling en effecten van depositie) is het interessant om bij vaststelling van de effectiviteit van groen ter vermindering van luchtconcentraties zowel naar de lokaties bij bronnen te kijken als naar de lokaties waar gevoelige natuurgebieden zich bevinden. Dit pleit voor een combinatie van een brongerichte en een receptor-gerichte benadering.

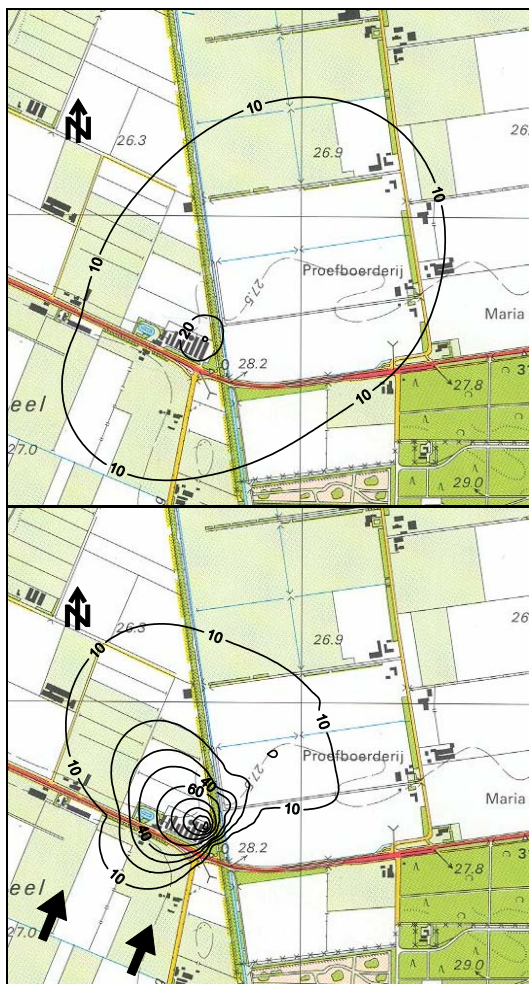
3.4 Effectiviteit van landschapselementen om ammoniak af te vangen

Naast bossen hebben landschapselementen als singels en houtwallen dus principieel de potentie om ammoniak uit de lucht te verwijderen en in het systeem vast te leggen. Tot op heden is de effectiviteit slechts in twee studies nader onderzocht.

Theobald et al. (2001) construeerden een 40 meter lange lijnbron om de opname capaciteit van een bestaand landschapselement (150 meter lang, 60 meter breed) met bomen vast te kunnen stellen. De hoeveelheid ammoniak die werd geëmitteerd, was gelijk aan die van een kleine kippenstal (24 000 kippen) met een geschatte emissie van 2900 kg ammoniak per jaar. Dit element dat vooral bestond uit grove den (*Pinus sylvestris* L.), had een relatief open structuur waardoor de met ammoniak verrijkte lucht er relatief goed doorheen kon stromen. Op basis van gerichte metingen schatten de onderzoekers dat circa 3% van de geëmitteerde hoeveelheid ammoniak door het landschapselement uit de lucht werd verwijderd. De resultaten toonden tevens aan dat 46% van de hoeveelheid ammoniak die het systeem inging, hierin achterbleef.

In een verkennende meetcampagne brachten van Dijk et al. (2005) recent de effectiviteit in beeld van een bestaande windsingel op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij. De windsingel was gelegen op enkele meters afstand ten noordoosten van de stallen, had een zeer geringe porositeit en bestond vrijwel uitsluitend uit loofbomen (acacia, zomereik en berk) met struiken (els en Amerikaanse vogelkers) langs de buitenranden. De hoogte van de singel bedroeg

circa 15-20 meter en de breedte circa 10-15 meter. De varkenshouderij emitteerde circa 1800 g ammoniak per uur. Bij wind uit zuid-zuidwest en westzuidwestelijke richting (vanaf de bron in de richting van de windsingel) kwamen de hoogste concentraties voor op korte afstand van de bron, tussen de varkenshouderij en de windsingel. Aan de lijzijde, direct achter de windsingel, werden ook verhoogde concentraties gemeten. Op 100-150 m achter de windsingel waren de concentraties afgenomen tot het achtergrondniveau van circa $10 \mu\text{g m}^{-3}$ (Figuur 4).



Figuur 4 Berekende (links) en gemeten (rechts) ammoniak-immissieconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) rond de varkenshouderij op 18 september 2003 (Figuur uit van Dijk et al., 2005).

De lokatie van de varkenshouderij is in het linkerplaatje goed te herkennen binnen de kleine cirkel. Direct ten noordoosten van deze varkenshouderij is een aaneengesloten landschapselement herkenbaar.

De concentratiemetingen toonden aan dat de windsingel effect had op de verspreiding van ammoniak. Op korte afstand van de stallen, voor de windsingel, werden tot 6 maal hogere concentraties gemeten dan voorspeld voor een situatie zonder windsingel. Het gebied met concentraties hoger dan het regionale achtergrondniveau ($10 \mu\text{g m}^{-3}$) was kleiner in vergelijking met een situatie zonder

windsingel. De ammoniak werd als het ware bij de bron gehouden. Afhankelijk van de hoek waaronder de windsingel door de wind werd aangestroomd, werd de emissiepluim enigszins afgebogen. Deze afbuiging was kleiner naarmate de wind meer loodrecht op de windsingel stond.

Deze metingen laten geen uitspraak toe of het effect op de verspreiding een gevolg is van de fysieke aanwezigheid van de windsingel, de biologische activiteit van de vegetatie of een combinatie van beide.

3.5 Verschillen tussen soorten

Er is in kwantitatieve zin weinig bekend over de opnamecapaciteit van verschillende plantensoorten. Naar verwachting nemen loofbomen ammoniak effectiever op dan naaldbomen.

Bij de keuze van soorten voor een beplanting moet rekening worden gehouden met de fytotoxiciteit van ammoniak. Bomen en struiken reageren zeer verschillend op ammoniak. Er is relatief veel informatie beschikbaar over zichtbare schadesymptomen bij verschillende boomsoorten. Van ammoniak is bekend dat het vooral effecten kan veroorzaken aan naaldbomen (Van der Eerden, 1982). De effecten zijn soms directe naaldbeschadiging (licht bruine of gele verkleuringen), maar vaker het gevolg van een bemestende werking van ammoniak op een voor bomen ongunstig tijdstip. Vooral een verhoogde gevoeligheid voor vorstschade komt voor, waarschijnlijk doordat de bomen in het najaar niet op tijd afharden en in het voorjaar te vroeg uitlopen. Uit de praktijk is vooral *Chamaecyparis lawsoniana* var. 'Elwoodi' bekend waarbij schade vooral in de winterperiode werd waargenomen. Andere effecten zijn aantasting van de waslaag op het naaldoppervlak en verhoogde kans op schimmelziekten.

Een goede aanwijzing over de gevoeligheid van boom- en struiksoorten komt van Temple et al. (1979) en De Temmerman (1980). Beide auteurs bestudeerden de vegetatie in de buurt van industriële bedrijven na incidenten waarbij grote hoeveelheden ammoniak vrijkwamen. Soorten die op korte afstand van de emissiebron geen zichtbare effecten vertoonden, werden als ammoniak-tolerant aangemerkt, terwijl soorten die nog op grote afstand schadesymptomen lieten zien als gevoelig werden geclassificeerd. In Bijlage 1 zijn 57 houtige plantensoorten qua relatieve gevoeligheid gerangschikt.

De in bijlage 1 gepresenteerde informatie moet met enige zorg worden geïnterpreteerd. De gevoeligheidsverschillen zijn geëvalueerd aan de hand van omstandigheden van een hoge directe blootstelling zoals bij incidenten. In dit soort situaties zijn naaldbomen redelijk ongevoelig. Bekend is echter dat naaldbomen relatief gevoelig reageren op langdurende blootstelling aan lagere ammoniakniveaus (Van der Eerden, 1982) en een verhoogde gevoeligheid hebben voor vorstschade (Clement, 1996).

3.6 Schadelijkheid van ammoniak

In het voorgaande is al iets gezegd over de effecten van ammoniak. Het kan hierbij gaan om directe effecten op de bomen en struiken zoals naaldbeschadiging (licht bruine of gele verkleuringen) maar ook om indirecte effecten bijvoorbeeld als gevolg van een bemestende werking van ammoniak op een voor bomen ongunstig tijdstip. Grotere gevoeligheid voor vorstschade is een dergelijk indirect effect zoals is aangetoond voor *Chamaecyparis lawsoniana*. Vanwege het optreden van deze indirecte effecten zijn vooral coniferen gevoelig voor hoge concentraties ammoniak. Aanplant van coniferen dichtbij stallen moet dan ook worden vermeden evenals de aanplant van gevoelige loofboomsoorten.

Bij bomen kan ook aantasting van de waslaag optreden waardoor weer een grotere gevoeligheid voor schimmelziekten ontstaat. Verder heeft ammoniak uiteraard door de bemestende invloed ook effect op de kruidlaag. Vooral stikstofminnende planten zullen profiteren van deze bemesting. De praktijk wijst uit dat groene landschapselementen goed kunnen gedijen in de directe nabijheid van emissiebronnen van ammoniak.

4 Invloed van de structuur

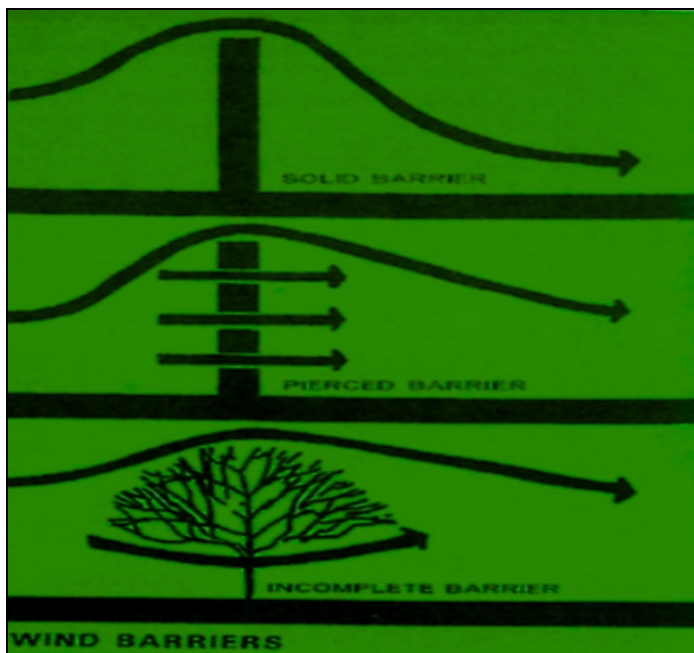
4.1 Punt- en lijnvormige groenelementen

4.1.1 Interceptie

Lijnvormige elementen zijn lintbeplantingen waarvan het bladerdek meer of minder aaneensluit. Voorbeelden van lintbeplantingen zijn houtsingels, houtwallen en bomenrijen (al dan niet met ondergroei). Lijnvormige bossen en bomenrijen waarvan het bladerdek duidelijk niet aaneensluit, behoren niet tot deze categorie. Lijnvormige elementen kunnen in drie categorieën worden ingedeeld:

- Gesloten lijnvormige elementen (windsingels);
- (Optisch) poreuze lijnvormige elementen;
- Onvolledige lijnvormige elementen met een in het verticale vlak inhomogeen bladerdek

In Figuur 5 is het type element en de bijbehorende luchtstroming weergegeven. Wat voor een lijnvormig element geldt, geldt in principe ook voor een puntvormig element.



Figuur 5 Verschillen tussen lijnvormige elementen

- boven: gesloten lijnvormig element (bijv. geluidsscherf of een dichte haag)
midden: poreus lijnvormig element (bijv. halfopen haag, of bomenrij met ondergroei)
onder: onvolledig lijnvormig element (bijv. bomenrij zonder ondergroei)

Gesloten lijnvormig element

Bovenaan in Figuur 5 is een gesloten lijnvormig element weergegeven. Het gesloten lijnvormige element werkt als een windscherf. De luchtstroom wordt door het

element tegengehouden en gaat er over heen. Het contact met het element is minimaal. Alleen de buitenkant van het element oefent een afvangende functie uit, waardoor de afvangst minimaal is.

Poreus lijnvormig element

Bij het poreuze lijnvormige element (Figuur 5, midden) gaat een groot deel van de luchtstroom door het element heen. Verontreiniging in deze luchtstroom wordt veel beter afgevangen dan bij depositie het geval is, doordat er meer contact met het element gemaakt wordt. De afvangst wordt versterkt door de turbulentie in het lijnvormige element. Deze turbulentie wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van onregelmatigheden zoals takken en twijgen, bladeren en bladstructuur. Hoe warriger de structuur, hoe effectiever de afvangst. Om voldoende afvangst te genereren is een zekere mate van porositeit nodig zodat de luchtstroom het lijnvormige element in kan. Gedacht kan worden aan elementen van ca. 5-20 meter breed bestaande uit opgaande bomen met een struiklaag eronder. Ook gaat een deel van de luchtstroming over het lijnvormige element heen. Dit deel gedraagt zich zoals bij een gesloten lijnvormig element. De optimale porositeit is afhankelijk van de homogeniteit van de samenstelling van de lucht. Een groenstructuur als poreus lijnvormig element is in staat om circa 15% tot 20% van het stof dat er doorheen gaat, af te vangen (Wesseling et al, 2004). Een poreuze lijnstructuur kan de concentratie van een gas als stikstofdioxide door absorptie met maximaal 10% verlagen. Het kwantitatieve effect van een poreuze lijnstructuur op de concentratie van ammoniak is moeilijker in te schatten. Weliswaar nemen bladeren ammoniak beter op dan stikstofdioxide maar planten kunnen ook ammoniak emitteren afhankelijk van de omstandigheden. Het netto effect kan per situatie verschillen.

Onvolledig lijnvormig element

Een onvolledig lijnvormig element (Figuur 5, onder) splitst de luchtstroom in twee aparte stromen. Een stroomt over het lijnvormige element heen en een stroomt onder het lijnvormige element door. Het contact is meer dan bij een gesloten lijnvormig element, waardoor meer mogelijkheden zijn om stof af te vangen, maar minder dan bij een poreus lijnvormig element. De afvangst blijft klein.

4.1.2 Depositie

De depositie van fijn stof op loof- en naaldbomen en struiken is 3 keer zo groot als de depositie op gras en lagere vegetaties (Steward, 2002). Voor ammoniak zijn de gegevens vergelijkbaar (zie bijvoorbeeld Tabel 1). De omvang en de ruwheid van het groene oppervlak spelen een grote rol, op elementen met een ruwer en groter uitwendig oppervlak kan meer deponeren. Bomen in bossen hebben vaak een kleiner bladoppervlak en kleinere kroon dan vrijstaande bomen en bomen in lijnvormige elementen. Hierdoor zijn individuele bomen in bossen vaak minder effectief. Daar staat tegenover dat bossen vaak een groter oppervlak beslaan. Daarnaast is bekend dat scherpe overgangen zoals bosranden de depositie ter plaatse verhogen. Bomen in een lijnstructuur of aan de rand van een bos zijn om deze reden effectiever in de opname van verontreiniging dan bomen middenin een bos.

4.2 Vlakvormige groenelementen

Onder vlakvormige elementen worden aaneengesloten bosjes en bossen verstaan. Parken en natuurgebieden kunnen uit meerdere vlakvormige elementen bestaan (meerdere opstanden afgewisseld met bijvoorbeeld grasvelden). Er wordt vanuit gegaan dat het bos variatie in soort, hoogte, leeftijd en structuur kent.

4.2.1 Interceptie

Een bos beslaat een groter aaneengesloten oppervlak waardoor het een gesloten element (Figuur 5, boven) vormt. Door de gesloten structuur, is er nauwelijks sprake van luchtstroming door het element. Dit heeft tot gevolg dat de interceptie minimaal is. Ook is hierdoor de homogeniteit van de samenstelling van de lucht nauwelijks van belang. De afvangst vindt alleen plaats aan de randen en op de toppen van het bos. Door enige variatie in hoogte en abrupte overgangen aan de randen kan de afvangst nog enigszins vergroot worden, maar dit blijft minimaal. Bosjes en bossen zonder ondergroei houden afhankelijk van de grootte het midden tussen gesloten element en een onvolledig element wat betreft de potentiële invang van fijnstof en ammoniak.

4.2.2 Depositie

Depositie op vlakvormige elementen is per vierkante meter minder groot als op kleinere elementen, maar vlakvormige elementen beslaan vaak een groter oppervlak. Dit verschil wordt veroorzaakt door randeffecten. Aan randen kan beter contact gemaakt worden tussen de luchtverontreiniging en de groenstructuur. Dit betekent dat bij een gelijk oppervlak lijnelementen meer luchtverontreinigende stoffen opnemen dan vlakvormige elementen. Op basis van onderzoek wordt geschat dat op bomen in Chicago als gevolg van depositie jaarlijks circa 234 ton aan fijn stof neerslaat. Dit komt overeen met ongeveer 28.3 kg fijn stof per hectare per jaar (Nowak, 1994). Dit sluit aan bij de mogelijkheden van Nederlandse bossen. Op één hectare bos staan in Nederland ongeveer 200 volwassen bomen. Per volwassen boom zou dan 141,5 gram fijn stof worden afgevangen.

Enerzijds leidt de depositie van fijn stof tot een vermindering van de concentratie in het algemeen. Anderzijds zorgt de geslotenheid van het element en het bladerdek er samen voor dat de luchtlaag in het element afgescheiden is van de rest. Het fijn stof komt terecht op het bladerdek en in de randen van het bos, waardoor de luchtkwaliteit onder het bladerdek relatief goed is, de concentratie fijn stof kan hier tot 38% lager zijn (Dorchinger, 1980). Voor ammoniak zal dit niet veel anders zijn.

4.3 Waterelementen

De mate van opname van fijn stof door water is onvoldoende bekend. Gesteld kan worden dat wanneer een deeltje in contact komt met het water dat het wordt opgenomen. In tegenstelling tot groen, is het percentage verwaaien nul.

5 Belang van de omgeving

Voor de beoordeling van de functionaliteit van landschapselementen en voor een gerichte toepassing daarvan is een aantal omgevingsaspecten van belang. Het behoeft geen betoog dat voldoende nutriënten en water aanwezig moeten zijn voor een goede ontwikkeling en functionaliteit van het landschapselement. Andere belangrijke aspecten in relatie tot de opnamecapaciteit van groen worden kort toegelicht.

De opname van luchtverontreinigende componenten door landschapselementen neemt toe naarmate het aanbod en dus de concentraties hoger worden. Dit pleit voor plaatsing van elementen dichtbij bronnen van luchtverontreiniging waar de concentraties het hoogst zijn. Het risico van een eventuele verzadiging bestaat niet voor fijn stof maar wel voor ammoniak. Teveel ammoniak zal leiden tot afsterving van bladweefsel en dus tot vermindering van het effectieve bladoppervlak. Vooral dichtbij bronnen zullen bomen moeten worden aangeplant die ongevoelig zijn voor ammoniak.

Dichtbij bronnen (100-150 meter afstand) kunnen bomen heel lokaal ook een negatief effect hebben op de luchtkwaliteit en dus leiden tot hogere concentraties. Dit gegeven leidt onterecht tot een negatief beeld over de rol van groen bij verbetering van de luchtkwaliteit. Bomen dempen de windsnelheid waardoor verontreiniging met minder lucht wordt gemengd en daardoor ter plaatse in concentratie toeneemt. Dezelfde bomen verwijderen tegelijkertijd wel degelijk vuile stoffen uit de lucht. Het netto resultaat van de positieve en negatieve effecten van groenelementen is een verhoging van de concentratie op korte afstand van een bron maar een verbetering van de luchtkwaliteit voor de omgeving als geheel. Concentratieverhoging door demping van de windsnelheid van vervuilde lucht treedt niet op indien de concentraties volledig met lucht zijn gemengd.

Het directe effect van groene elementen op de concentratie is heel lokaal en treedt op in een gebied achter het element ter grootte van 15-20 maal de hoogte. Men maakt vaak onderscheid tussen lokale en regionale bescherming. Met de eerste wordt bedoeld dat een specifiek object nabij het groenelement beschermd wordt. Het tweede houdt in dat het doel vooral is om verontreiniging uit de lucht te filteren om een algemene verbetering van de luchtkwaliteit te krijgen. Dit betekent dat niet alleen gekeken moet worden naar de ligging van het groenelement ten opzichte van de bron maar ook naar de ligging ten opzichte van een gevoelige receptor zoals woningen of een gevoelig ecosysteem. Landschapselementen kunnen een belangrijke functie vervullen door juist deze gevoelige receptoren tegen luchtverontreiniging te beschermen.

Voor een optimale filtering moet het landschapselement zijwaarts kunnen worden aangestroomd met vervuilde lucht. De mate van porositeit van het element bepaalt vervolgens hoeveel van de lucht door het bladerdek heengaat en hoeveel er overheen en er onder door gaat. Vooral dichtbij bronnen moet de zijwaartse aanstroming

ongestoord kunnen plaatsvinden. Voorkomen moet worden dat tussen de bron en het groenelement storende objecten aanwezig zijn.

Meteorologische omstandigheden beïnvloeden de verspreiding van luchtverontreiniging enerzijds en de opname ervan door planten anderzijds. In algemene zin kan worden gesteld dat verspreiding en opname groter zijn bij een toenemende windsnelheid. In periodes van windstilte nemen de concentraties toe en is de depositie van verontreiniging op bladeren minimaal. Landschapselementen in luwtes zijn minder effectief dan die in de volle wind.

6 Verwachte betekenis van landschapselementen

6.1 Inleiding

Landschapselementen zijn veelal gelegen op de grens van twee of meer gebieden met ieder een andere functie. Ze staan op de erfgrans van een boerderij, ze scheiden wegen van omringende leefgebieden of schermen bron en ontvanger van elkaar af. Nabij bronnen van luchtverontreiniging vormen landschapselementen de eerste sink van luchtverontreiniging. Deze sink kan worden geoptimaliseerd door met zorg na te denken over bijvoorbeeld de aard van de luchtverontreinigingscomponent, de structuur van het landschapselement en de gewenste (boom- en struik)soorten. Hierbij kan het voorkomen dat gekozen moet worden tussen enerzijds het optimaliseren van het luchtzuiverende vermogen en anderzijds de traditionele, dan wel cultuurhistorische samenstelling of vorm van landschapselementen.

Het landelijke gebied herbergt de belangrijkste bronnen van ammoniak en de voor depositie gevoelige (semi-)natuurlijke vegetaties. Gelet op de verschillende typen van schadelijke effecten van ammoniak (directe blootstelling en effecten van depositie) is het interessant om bij vaststelling van de effectiviteit van groen ter vermindering van luchtconcentraties zowel naar de locaties bij bronnen te kijken als naar de locaties waar gevoelige natuurgebieden zich bevinden. Dit pleit voor een combinatie van een brongerichte en een receptor-gerichte benadering.

6.2 Indeling van landschapselementen

Landschappen worden voor een belangrijk deel gevormd door een bepaalde ruimtelijke rangschikking van groene en blauwe landschapselementen, zoals grote en kleine bossen, boomrijen, houtwallen, poelen, beken enz. Vaak is aan deze elementen een deel van de cultuurhistorie van de streek af te lezen. Daarnaast hebben deze elementen ook een niet te verwaarlozen ecologische betekenis, als habitat voor allerlei organismen of als verbinding tussen verschillende natuurgebieden. De laatste tijd wordt aan landschapselementen ook steeds grotere waarde toegekend in verband met mogelijkheden van natuurlijke plaagbestrijding in landbouwgewassen en in verband met hun rol in de verbetering van de luchtkwaliteit.

Landschapselementen kunnen op verschillende wijzen worden ingedeeld. In dit project wordt aangesloten bij Monitor Kleine Landschapselementen (MKLE) van Landschapsbeheer Nederland en Alterra (Oosterbaan, 2006). Hierin worden kleine landschapselementen (< 5 ha) ingedeeld op basis van de vorm (punt, lijn of vlak) en de verschijningsvorm (enkele rij of dubbele rij, met of zonder struiklaag enz.). De definities van de voor dit onderzoek relevante landschapselementen is opgenomen in bijlage 3.

Tabel 2 geeft een overzicht van de verschillende puntvormige elementen die onderscheiden worden in het Monitor Kleine Landschapselementen en van belang zijn voor verbetering van de luchtkwaliteit. Per elementtype is een inschatting gemaakt van de potentiële bijdrage.

Tabel 2 Overzicht van kleine landschapselementen en hun mogelijke bijdrage

Puntvormige groenelementen

code	element	Bijdrage*	
601	Solitaire boom	Door de vrije standplaats kan de bijdrage relatief groot zijn.	++
602	Boomgroep		++
603	Knotboom	Door de beperkte kroon weinig opnamecapaciteit van luchtverontreinigende stoffen	0
604	Leiboom		0
611	Solitaire struik	Door de vrije standplaats kan de bijdrage relatief groot zijn.	+
612	Struikengroep		+
613	Enkele boom met struik		+

Lijnvormige groenelementen

code	element	Bijdrage*	
621	Enkele bomenrij	Suboptimaal door gebrek aan bovenlaag (bomen)	0/+
622	Dubbele bomenrij/laan		0/+
623	Knotbomenrij	Door beperkte kroon beperkte opnamecapaciteit	0
631	Heg of haag	Beperkte bijdrage als gevolg van de dichte structuur	0/+
632	Elzensingel		0/+
633	Struikenrij	Suboptimaal door gebrek aan bovenlaag (bomen)	0/+
641	Bomenrij met struiken	Bijdrage kan groot zijn	++
642	Hakhoutsingel		++
643	Houtkade	???????	
644	Struikenrij met bomen	Bijdrage kan groot zijn	+
645	Houtwal		+

Vlakvormige groenelementen

code	Element (< 5 ha)	Bijdrage*	
661	Loofbos	Bijdrage kan groot zijn	++
662	Naaldbos		++
663	Gemengd bos		++
664	Boomweide	Bijdrage blijft beperkt door ontbrekende beplantingslagen	+
671	Elzenbroekbos		+
672	Wilgenstruweel	Beperkt door vermoedelijk negatief effect op fijn stof	0
673	Hakhoutbos	Bijdrage kan groot zijn	+
674	Griend	Beperkt door vermoedelijk negatief effect op fijn stof en beperkte kroon	0
681	Loofbos met struiken	Bijdrage kan groot zijn	++
682	Naaldbos met struiken		++
683	Gemengd bos met struiken		++

* De verwachte bijdrage is sterk afhankelijk van onder andere de structuur (o.a. porositeit) en de soortensamenstelling. In de verwachte bijdrage wordt uitgegaan van een optimale structuur.

Overige elementen

code	Element	Bijdrage	
7	Water	Alleen depositie waardoor bijdrage beperkt is.	0/+

Naast de in de Monitor Kleine Landschapselementen onderscheiden groenelementen zijn voor de opname van luchtverontreinigende stoffen ook een aantal andere elementen van belang, zoals de blauwe elementen (poelen, beekjes e.d.)

6.3 Belangrijke aspecten

Voor de luchtzuiverende werking van een landschapselement zijn verschillende aspecten van belang. Deze variëren van locatie en vorm tot vitaliteit en samenstelling. Grofweg kunnen ze onderverdeeld worden in omgevingsaspecten en in de vorm. In tabel 3 zijn deze aspecten weergegeven. Hierbij is aangegeven in hoeverre de gegevens uit de MKLE hierover informatie kunnen verschaffen.

Tabel 3 Belangrijke aspecten voor de luchtzuiverende werking van landschapselementen

MKLE = Monitor Kleine Landschapselementen

Omgevingsaspecten	reden	MKLE verschaft informatie
Doel	Wil je een landschapselement optimaliseren is het van belang om te bepalen voor welk doel je hem wil optimaliseren, en hoe de prioritering is van mogelijk verschillende doelen	Nee
Ruimte vraag	Afhankelijk van de beschikbare ruimte kunnen keuzes gemaakt worden voor verschillende landschapselementen. Is de ruimte beperkt, dan worden de optimalisatiemogelijkheden beperkt	Deels
Soort landschapselement	Op basis van landschappelijke waarden kan gekozen worden voor bepaalde landschapselementen. Deze beperken de mogelijkheden voor optimaliseren.	Ja
Configuratie	De configuratie is sterk bepalend voor de mate van opname. Met name de ligging ten opzichte van het windveld, de ligging ten opzichte van de bron en de achtergrondconcentratie.	Deels
Groeiplaatsomstandigheden	De groeiplaatsomstandigheden bepalen mede de vitaliteit van het groen waaruit het landschapselement is opgebouwd. Vitaal groen is beter in staat om luchtverontreiniging uit de lucht te filteren.	Nee

Vorm	reden	MKLE verschaft informatie
Soortensamenstelling	Tussen bomen bestaan verschillen in luchtzuiverende capaciteiten	Ja
Volledigheid	Een gelaagde structuur zorgt voor meer groenoppervlak en betere vertakkingen	Ja
Porositeit	Afhankelijk van de afstand tot een bron verschilt de optimale porositeit van een landschapselement	Deels
Hoogte	Door wegleiding van luchtvervuiling ontstaat achter lijnvormige groenstructuren een gebied waar de luchtkwaliteit beter is. Hoe hoger de groenstructuur hoe groter dit gebied.	Ja
Bladoppervlak	Het merendeel van de luchtverontreinigende stoffen worden door bladeren vastgehouden. Is het bladoppervlak groter, kan er meer luchtverontreiniging uit de lucht gefilterd worden.	Deels

7 Casestudy Woudenberg

7.1 Gebiedsbeschrijving

Geselecteerd is het kilometerhok 159/451-160/452. Dit ligt binnen de gemeente Woudenberg, direct ten noorden van de A12, even ten oosten van Maarsbergen. Het is een landelijk gebied voornamelijk bestaand uit landbouwgrond, merendeels grasland, maar ook met enkele bossen en een aantal kleine landschapselementen. Het pilotgebied wordt van noord naar zuid doorsneden door de Laagerfseweg. Dit is een doorgaande route tussen Woudenberg richting Leersum. In het zuiden loopt parallel aan de A12 de Rumelaarseweg. Deze weg wordt gebruikt als sluiproute tussen Utrecht en Ede. Ook zijn er enkele niet-doorgaande wegen in het gebied. De bebouwing bestaat uit enkele boerderijen, een paardenhouderij, een garagebedrijf en een aantal woonhuizen waar mogelijk hobbyboeren actief zijn. Vooral op perceelsgrenzen en langs de wegen zijn landschapselementen gelegen. In het gebied vindt zowel emissie (Source) als immissie (Sink) plaats. In Figuur 6 is een kaart van het pilotgebied opgenomen.



Figuur 6. Het studiegebied

In het pilotgebied speelt landbouw de belangrijkste rol. Ruim 60% van het gebied bestaat uit grasland en circa 15% uit bouwland, waarop hoofdzakelijk maïs wordt geteeld. In tabel 4 is de verdeling van het landgebruik weergegeven.

Tabel 4 Het grondgebruik in het pilotgebied

Landgebruik in top10 kaart	Oppervlak (in ha)
Wegen	3,081
loofbos	6,747
bouwland	19,278
weiland	61,397
overig grondgebruik	8,892
water	0,605

Volgens de methodiek van de Monitor Kleine Landschapselementen (MKLE) zijn alle kleine elementen die niet op de topkaarten worden onderscheiden, nader ingevuld. Dit kunnen bijvoorbeeld bomen zijn langs wegen die volgens de topkaart onderdeel van de weg zijn. Door deze elementen nader te bepalen en ook een ruimtelijke component te geven op basis van bijvoorbeeld de kroonomvang ontstaat er een soort ruimtelijke dubbeltelling als gevolg van verschillende niveaus (oppervlak aan de grond + oppervlak hoger in de lucht). In tabel 5 zijn de oppervlakten volgens het MKLE weergegeven.

Tabel 5 De (kroon)oppervlakte van de opgaande groene landschapselementen in het pilotgebied

Type element	Oppervlak (in ha)
bomenrij met struiken	0,024
boomgroep	0,088
enkele bomenrij	1,866
erfbepanting bij boerd	0,131
heg/haag	0,029
hoogstamboomgaard	0,131
houtwal	1,878
knotbomenrij	0,560
knotboom	0,044
rietland, rietkraag	0,026
solitaire boom	0,276
struikengroep	0,005
Totaal	3,3786

7.2 Emissie en immissie

De luchtkwaliteit wordt in Nederland bepaald aan de hand van de meetgegevens van een aantal meetlocaties, uitstootgegevens van bronnen en verspreidingsmodellen. Een deel van de modellen zijn screeningsmodellen maar worden niet als zodanig gehanteerd: de gegevens uit de screeningsmodellen worden beschouwd als daadwerkelijke waarden. Bovendien speelt de opnamecapaciteit van groen geen rol. Groen speelt uitsluitend een negatieve rol omdat het de verspreiding van verontreinigingen beïnvloedt. De lucht onder een dicht bladerdek kan soms niet goed weg, waardoor dit lokaal tot overschrijdingen van daggemiddelde waarden kan leiden. De berekeningen houden geen rekening met het bewezen feit dat groen stoffen uit de lucht invangt zowel door absorptie als adsorptie. Ook niet in de gevallen dat het netto resultaat positief is.

Dit lijkt sterk op een omkering van de werkelijkheid, bomen reinigen gedurende periodes met voldoende luchtstroming en verplaatsing de lucht van schadelijke stoffen. Daarnaast bestaat groen niet alleen uit bomen, maar ook uit heesters, struiken, grassen en kruiden. Die komen niet alleen voor langs wegen, maar ook in tuinen, plantsoenen en parken, of tegen gevels en op platte daken. Dit groen speelt evenzeer een grote rol bij de zuivering van lucht. Bij een benadering vanuit emissies wordt de balans ingesteld door uit te gaan van de geproduceerde verontreiniging en wordt de capaciteit van een plek om schone lucht te produceren of lucht te zuiveren buiten beschouwing gelaten.

Om een gedegen en objectief beeld te kunnen schetsen is het noodzakelijk om ook de baten van een gebied in beeld te brengen. Dit kunnen groene maatregelen zijn, maar evenzeer ook technische maatregelen zoals filters, denoxificatiesystemen of luchtwassystemen. Zeker wanneer het om de aanleg van “nieuwe natuur” gaat, schiet de huidige benadering van de luchtkwaliteit ernstig te kort. Dat nieuwe natuur schijnbaar geen bijdrage levert aan een schoner milieu en schonere lucht zou kunnen betekenen dat er in de randstad nauwelijks nieuwe natuur, in welke vorm dan ook, zal kunnen worden gerealiseerd, simpelweg omdat de middelen daarvoor wel moeten worden verdiend door rode ontwikkelingen.

7.3 Source-Sink benadering

Voor de immissie bestaat vooralsnog geen goedwerkend model. Toch kan net als bij emissies een berekening worden gemaakt wat het effect van een gebied op de luchtkwaliteit is en hoe die effecten daar waar gewenst versterkt dan wel verzwakt kunnen worden. Als uitgangspunten gelden het aantal verkeersbewegingen en de geleiding van de verkeer- en vervoersstromen, waardoor per saldo de luchtvervuiling in de omgeving of op andere plaatsen terecht komt. Dit schept de mogelijkheid om de negatieve gevolgen van de inrichting van een gebied (uitstoot van luchtverontreiniging) te vergelijken met de positieve effecten (opname en vasthouden van luchtverontreiniging). Gekozen is om te onderzoeken of de opname van ammoniak en fijn stof in het plangebied (Sink) zodanig opwegen tegen de uitstoot van de luchtverontreinigingen. Deze methode wordt aangeduid als Source-Sink benadering.

7.3.1 Fijn stof

Emissie

Fijn stof komt van twee hoofdbronnen: de landbouw en van het gemotoriseerde verkeer.

In het gebied zijn een aantal landbouwbedrijven aanwezig met runderen, kippen, paarden, schapen en geiten. Verder zijn enkele particuliere woningen aanwezig waar hobbymatig vee wordt gehouden. Op basis van het aantal en type landbouwbedrijven, de gehouden diersoorten, de staltypen is vanuit het GIAB een berekening

gemaakt van de uitstoot van fijn stof door de landbouw. De totale uitstoot komt op 53 kg fijn stof (PM10) per jaar.

De uitstoot van fijn stof door het verkeer is berekend op basis van de resultaten van verkeerstellingen door de gemeente. Op basis van het aantal auto's, de gemiddelde snelheid en afgelegde weg door het gebied is de fijn stof uitstoot door het verkeer geschat op ca. 150 kg. Hierin is niet uitstoot van het verkeer op de direct onder het gebied lopende snelweg en spoorlijn meegenomen. Wordt deze wel als bron meegenomen, dan wordt de fijn stof uitstoot geschat (op basis van 50000 auto's per dag) op ca. 1500 kg.

De totale uitstoot van fijn stof in het gebied is de optelsom van de uitstoot door alle veestallen en de uitstoot van het verkeer en bedraagt ca 200 kg. Samen met de snelweg en spoorlijn op ca. 1700 kg.

Immissie

Over de immissie van fijn stof door verschillende gewassen/begroeiingen is weinig cijfermateriaal voorhanden. Tabel 6 geeft aan hoeveel fijn stof (PM10) opgenomen kan worden uit depositie.

Tabel 6 Invangsnelheid (Vd) voor fijn stof bij verschillende typen grondgebruik

Grondgebruik	Vd (mm/s)	Bron/opmerkingen
Grassland	3,3	*
loofbos (Zomer)	9,0	*
loofbos (Winter)	4,2	*
naaldbos	11,5	*
gewassen (ca. 2m)	4,5	*
Struik	4,5	Gesteld wordt dat depositiesnelheid vergelijkbaar is met gewassen
Riet	4,5	Gesteld wordt dat depositiesnelheid vergelijkbaar is met gewassen

Uitgaande van bovengenoemde depositiesnelheden en een gemiddelde concentratie van 35 microgram fijn stof per m³ lucht (= 0.000035 g/m³: dit is de landelijke achtergrondconcentratie) is berekend hoeveel fijn stof er gedurende een jaar (of een deel ervan; zie tabel 7) wordt ingevangen bij de verschillende vormen van grondgebruik in het pilotgebied. De resultaten hiervan zijn vermeld in Tabel 7.

Tabel 7 Hoeveelheden fijn stof die ingevangen kunnen worden in het pilotgebied

Grondgebruik	Oppervlak (ha)	ingevangen PM10 (kg)	Ingevangen PM10 (% van totaal)	opmerkingen
wegen	3,08	0,000	0	geen opname
bouwland	19,28	118,05	7	gewassen 90 dagen (bijv maïs)
weiland	61,40	1118,16	68	grasland
overig grondgebruik	8,89	0,00	0	geen opname
water	0,60	0,00	0	onbekend, op 0 gesteld
bomenrij met struiken	0,02	0,87		
boomgroep	0,09	3,19		
enkele bomenrij	1,87	67,98		
erfbeplanting	0,13	1,63		gewassen 183 dagen
heg/haag	0,03	0,36		gewassen 183 dagen
hoogstamboomgaard	0,13	4,75		
houtwal	1,88	68,41		
knotbomenrij	0,56	13,95		alleen zomer, in winter op 0 gesteld ivm knotten
knotboom	0,04	1,10		alleen zomer, in winter op 0 gesteld ivm knotten
rietland, rietkraag	0,03	0,65		gewassen 365 dagen
solitaire boom	0,28	10,06		
struikengroep	0,005	0,06		gewassen 183 dagen
Landschapelementen			10	
totaal	5,065	173,01		
loofbos	6,77	246,70	15	
Totaal	105,08	1655,92	100	

Volgens deze berekeningen wordt bij het huidige grondgebruik in totaal 1655 kg fijn stof ingevangen.

De bovengenoemde hoeveelheid moeten nog worden vermeerderd met de hoeveelheid fijn stof die door inwaaien in de elementen kan worden vastgelegd. Hier zijn op dit moment geen op onderzoek gebaseerde cijfers van bekend.

7.3.2 Ammoniak

Voor ammoniak is de totale uitstoot berekend voor de stallen en opslag, voor de aanwending van organische meststof en kunstmest op het land en voor begrazing. In totaal is de jaarlijkse ammoniakuitstoot in het pilotgebied berekend op 5400 kg (54 kg per ha per jaar).

In Tabel 1 van dit rapport zijn de depositiesnelheden van ammoniak weergegeven voor verschillende typen vegetaties. Op basis van deze gegevens, de concentratie van ammoniak (ca 10 µg/m³) en het grondgebruik is voor het pilotgebied geschat hoeveel ammoniak door de verschillende elementen wordt opgenomen (Tabel 8). Weiland

neemt met een aandeel van circa 76 % veruit de meeste ammoniak op. Het aanwezige loofbos is verantwoordelijk voor circa 10 % van de totale opname in het gebied. De aanwezige landschapselementen dragen circa 8% bij aan de opname van ammoniak.

Tabel 8. Berekende hoeveelheid ammoniak die door groen wordt opgenomen in het pilotgebied.

Grondgebruik	Oppervlak (ha)	Opgenomen NH3 (kg)	Opname (% van totaal)	Opmerkingen
Wegen	3.08	0.00	0.0	geen opname
Bouwland	19.28	83.95	2.9	90 dagen bebouwd met maïs
Weiland	61.40	2168.56	75.9	grasland
Overig grondgebruik	8.89	84.12	2.9	gelijk aan bodem
Water	0.61	0.00	0.0	onbekend, op 0 gesteld
Bomenrij met struiken	0.02	1.07	0.0	
Boomgroep	0.09	3.90	0.1	
Enkele bomenrij	1.87	82.99	2.9	
Erfbeplanting	0.13	2.76	0.1	gewassen 183 dagen
Heg/haag	0.03	0.60	0.0	gewassen 183 dagen
Hoogstamboomgaard	0.13	5.80	0.2	
Houtwal	1.88	83.51	2.9	
Knotbomenrij	0.56	22.31	0.8	
Knotboom	0.04	1.76	0.1	
Loofbos	6.77	301.16	10.5	
Rietland, rietkraag	0.03	1.10	0.0	gewassen 365 dagen
Solitaire boom	0.28	12.27	0.4	
Struikengroep	0.00	0.10	0.0	gewassen 183 dagen
Totaal	105.08	2855.96	100	

De schattingen van de opname van ammoniak zijn met veel onzekerheden omgeven en zijn daarom indicatief. Ammoniak wordt door de huidmondjes van bladeren opgenomen met als gevolg dat de opname een duidelijk dag/nachtritme zal vertonen. Vooral nog is bij de berekeningen ervan uitgegaan dat de opname 's nachts 10% bedraagt van de opname overdag. Hoewel bekend is dat ammoniak ook oplost in waterfilms op de bladeren en vervolgens kan worden opgenomen, is met deze opnameroute geen rekening gehouden. Ook is niet gecorrigeerd voor het verschijnsel dat planten ammoniak kunnen emitteren. Deze emissie is vooral afhankelijk van het stikstofbemestingsniveau van de bodem. Hoe meer stikstof in de bodem, hoe meer ammoniak zal worden geëmitteerd.

7.4 Netto resultaat

7.4.1 Fijn stof

Hiervoor is berekend dat door de aanwezige onderdelen van het landschap in het pilotgebied 1655 kg fijn stof wordt ingevangen. De uitstoot in het gebied zelf bedraagt in totaal 200 kg en met de snelweg erbij ca. 1700 kg per jaar.

Dit betekent dat het gebied zonder rekening te houden met de aanwezige snelweg netto resultaat positief bijdraagt aan de luchtkwaliteit in ons land.

Wordt de snelweg wel meegerekend, dan is de invangcapaciteit net niet voldoende groot om alle fijn stof in te vangen.

Uit tabel 7 blijkt dat de aanwezige weilanden de grootste absolute bijdrage (61 %) leveren aan de invang van fijn stof. Daarna komt bos (15 %) en dan de landschapselementen (10 %). Deze verdeling komt uiteraard vooral tot stand door de oppervlakteverdeling, maar de bossen en de landschapselementen nemen in verhouding tot hun oppervlakte (resp. 7 en 3 %) meer luchtvervuiling op dan de rest.

7.4.2 Ammoniak

De resultaten wijzen uit dat het pilotgebied een netto-emittent is van ammoniak. De hoeveelheid ammoniak die in het gebied wordt opgenomen, bedraagt circa 53 % van wat in het gebied in totaliteit wordt uitgestoten.

8. Conclusies en aanbevelingen

Uit de literatuur kan worden opgemaakt dat landschapselementen bestaande uit bomen en struiken in vergelijking tot laagblijvende vegetaties goede invangers zijn van zowel fijn stof als ammoniak. De invangcapaciteit van landschapselementen wordt bepaald door structuur/opbouw van het element en de boom- en struiksoorten waaruit het element bestaat.

Fijn stof wordt het beste ingevangen door naaldbomen. Deze kunnen wel tot 3 x zoveel fijn stof invangen als loofbomen. Binnen de loofboomsoorten, waaruit onze landschapselementen hoofdzakelijk bestaan, zijn er ook aanzienlijke verschillen als gevolg van verschillen in bladkenmerken. De beste invangers van fijn stof zijn de boom- en struiksoorten met ruw blad en/of veel beharing zoals esdoorn, inlandse vogelkers en zachte berk.

Ammoniak kan het beste door loofbomen worden afgevangen. Naaldbomen zijn niet zozeer minder effectief maar zijn vooral gevoeliger voor hoge niveaus van ammoniak dan loofbomen.

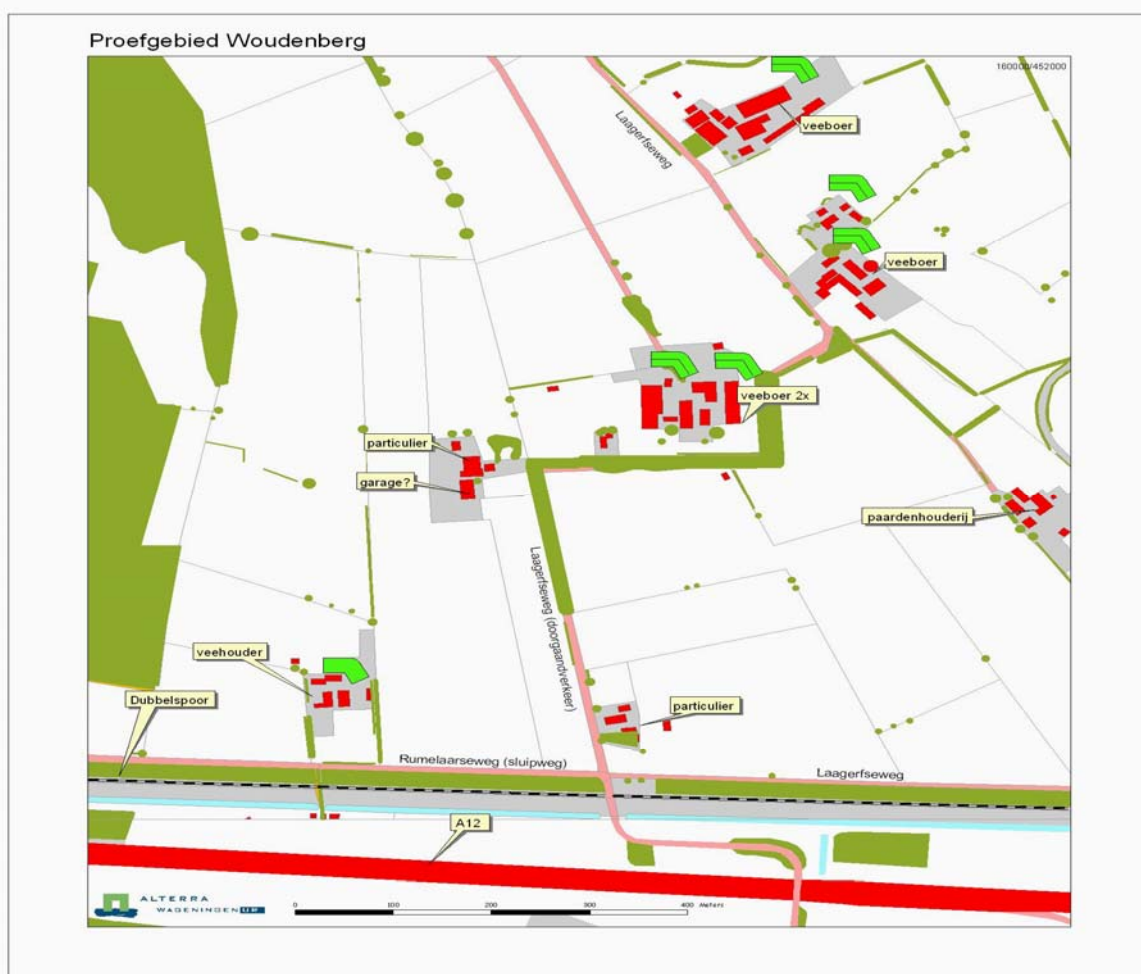
Voor een zo groot mogelijke invangcapaciteit kan een landschapselement het beste bestaan uit hoge bomen met een niet geheel dichte laag van struiken/bomen eronder. Naast de depositie van bovenaf, wordt dan ook het hoogste “inwaai-effect” bereikt.

De plek van dit soort poreuze elementen kan het beste zo worden gekozen dat rekening houdend met de overheersende windrichting het element zoveel mogelijk van de “wolk” fijn stof en ammoniak kan opvangen. Immers, hoe hoger de concentratie, hoe meer in absolute zin door landschapselementen kan worden weggevangen. Dit pleit voor aanplant van groenelementen op korte afstand noordoostelijk van bronnen van emissies zoals stallen. Deze landschapselementen moeten vooral bestaan uit loofbomen die relatief ongevoelig zijn voor ammoniak. Naaldbomen hebben een te grote gevoeligheid voor ammoniak om op dergelijke plaatsen te worden aangeplant.

Uit de berekeningen voor het pilotgebied blijkt dat de totale invang van fijn stof in het gebied veel groter is dan de uitstoot. De aanwezige landschapselementen, die maar 3 % van de oppervlakte uitmaken, dragen ca. 10 % bij aan de invang van fijn stof. Wanneer de ten zuiden van het gebied gelegen snelweg wordt meegeteld als bron van fijn stof, dan is de invangcapaciteit van het gebied niet toereikend. Door gerichte plaatskeuze, boomsoortenkeuze en opbouw van de elementen is de bijdrage van landschapselementen nog te verhogen (in figuur 7 zijn als voorbeeld nieuwe elementen ingetekend). Met de aanleg van 5 ha nieuwe landschapselementen zou het aandeel dat de landschapselementen bijdragen aan de totale invang van fijn stof verhoogd kunnen worden tot ca. 25 %.

Van de totale ammoniakuitstoot in het gebied wordt ca. 8 % opgenomen door groene landschapselementen. In tegenstelling tot fijn stof, is het gebied een netto emittent van ammoniak. Gerichte aanplant van landschapselementen op plekken waar de concentraties het hoogste zijn (dit is rond stallen), is de beste optie om de hoeveelheid ammoniak die door het groen kan worden opgenomen, te vergroten. Indien nodig, kunnen landschapselementen ook worden toegepast in de nabijheid en ter bescherming van ecosystemen die gevoelig zijn voor ammoniak.

Vanwege de geringe hoeveelheid wetenschappelijke gegevens over de hoeveelheden ingevangen fijn stof in beplantingen van verschillende soorten en met verschillende opbouw is het aan te bevelen proeven op te zetten waarbij daadwerkelijk metingen worden verricht. Voor ammoniak zijn meer gegevens voorhanden, maar ook hiervoor geldt dat meer meetgegevens nodig zijn.



Figuur 7 Nieuwe landschapselementen (lichtgroen) aan de noordoostzijde van de bedrijven kunnen bijdragen aan een betere luchtkwaliteit

Literatuur

- Barthlott, W., Neinhuis, C., 1997. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta* 202, 1-8.
- Beckett, K.P., P.H. Freer-Smith & G. Taylor, 1998. *Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution*. *Environmental Pollution* 99: 347-360.
- Beckett, K.P., P.H. Freer-Smith & G. Taylor, 2000a. *Effective tree species for local air-quality management*. *Journal of Arboriculture* 26: 12-19.
- Beckett, K.P., P.H. Freer-Smith & G. Taylor, 2000b. *The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites*. *Arboricultural Journal* 24: 209-230.
- Dochinger, L.S., 1980. *Interception of airborne particles by tree plantings*. *Journal of environmental quality*. Volume 9. no. 2 1980 pp. 265-268
- Fischer, P.H. et al, 2005. *Air pollution and daily mortality in the Netherlands over the period 1992 - 2002*. RIVM, Bilthoven. Rapportnummer 630400002
- MNP, 2005a. *Milieubalans 2005*. Milieu en Natuur Planbureau, Bilthoven. Uitgever: Sdu-uitgevers
- MNP, 2005b. Gedownload via:
<http://www.mnp.nl/nl/publicaties/2005/fijnstofinfo.html> geraadpleegd op: 26 juni 2005.
- MNP, 2005c. *Fijn stof nader bekeken*. Milieu en Natuur Planbureau, Bilthoven. Uitgever: Sdu-uitgevers
- Nowak, D.J., 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G., Nowak, D.J., Rowntree, R.A. (eds.). *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. General Technical Report NE 186.
- Pye, K., 1987. *Aeolian dust and dust deposits*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- RIVM, 2003. Gedownload via:
<http://www.rivm.nl/milieuennatuurcompendium/nl/i-nl-0340-05.html> geraadpleegd op: 16 december 2004
- Steward, et al. 2002. *Trees and sustainable urban air quality*. Brochure, Lancaster University and Centre for Ecology and Hydrology, Lancaster, UK.

Wesseling J.P., et al., 2004. *Effecten van groenelementen op NO₂ en PM₁₀ concentraties in de buitenlucht*. TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie, Apeldoorn. R2004/383.

Knol, A.B., Staatsen, B.A.M., 2005. *Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands. 1980-2020*. Rapport nr. 500029001, RIVM, Bilthoven.

Tonneijck A.E.G., Blom-Zandstra M., 2002. *Landschapselementen ter verbetering van de luchtkwaliteit rond de Ruit van Rotterdam. Een haalbaarheidsstudie*. Nota 152, Plant Research International, Wageningen.

Clement, H., 1996. *Interaction of atmospheric ammonia pollution with frost tolerance of plants. A study on winter wheat and Scots pine*. Thesis Rijksuniversiteit Groningen.

De Temmerman, L., 1980. *Les dégâts aigus et subaigus occasionnés aux plantes par une décharge accidentelle d'ammoniac*. Revue de l'agriculture 33, 763-776.

Fangmeier, A., Hadwiger-Fangmeier, A., Van der Eerden, L., Jäger, H.-J., 1994. *Effects of atmospheric ammonia on vegetation*. Environmental Pollution 86, 43-82.

Fowler, D., 2002. *Pollutant deposition and uptake by vegetation*. In: Bell, J.N.B. and Treshow, M. (Eds), Air pollution and plant life. John Wiley and Sons, LTD, Chichester, UK, 43-67.

Hartung, J., 1998. *Art und Umfang der von Nutztierställen ausgehenden Luftverunreinigungen*. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 105, 213-216.

Milieu- en Natuurplanbureau, 2005. *Milieubalans 2004*. Bilthoven, Netherlands

Sutton, M.A., Schorring, J.K., Wyers, G.P., 1995. *Plant-atmosphere exchange of ammonia*. Philosophical Transactions of the Royal Society London A. 351, 261-278.

Temple, P.J., Harper, S.D., Pearson, R.G., Linzon, S.N., 1979. *Toxic effects of ammonia on vegetation in Ontario*. Environmental Pollution 4, 297-302.

Theobald, M.R., Milford, C., Hargreaves, K.J., Sheppard, L.J., Nemitz, E., Tang, Y.S., Phillips, V.R., Sneath, R., McCartney, L., Harvey, F.J., Leith, I.D., Cape, J.N., Fowler, D., Sutton, M.A., 2001. *Potential for ammonia recapture by farm woodlands: design and application of a new experimental facility*. In: Optimizing Nitrogen Management in Food and Energy Production and Environmental Protection: Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy. TheScientificWorld 1(S2), 791-801.

Thönnessen, M., 2005. Feinstaub und Innerstädtisches Grün – Eine Übersicht, April 2005

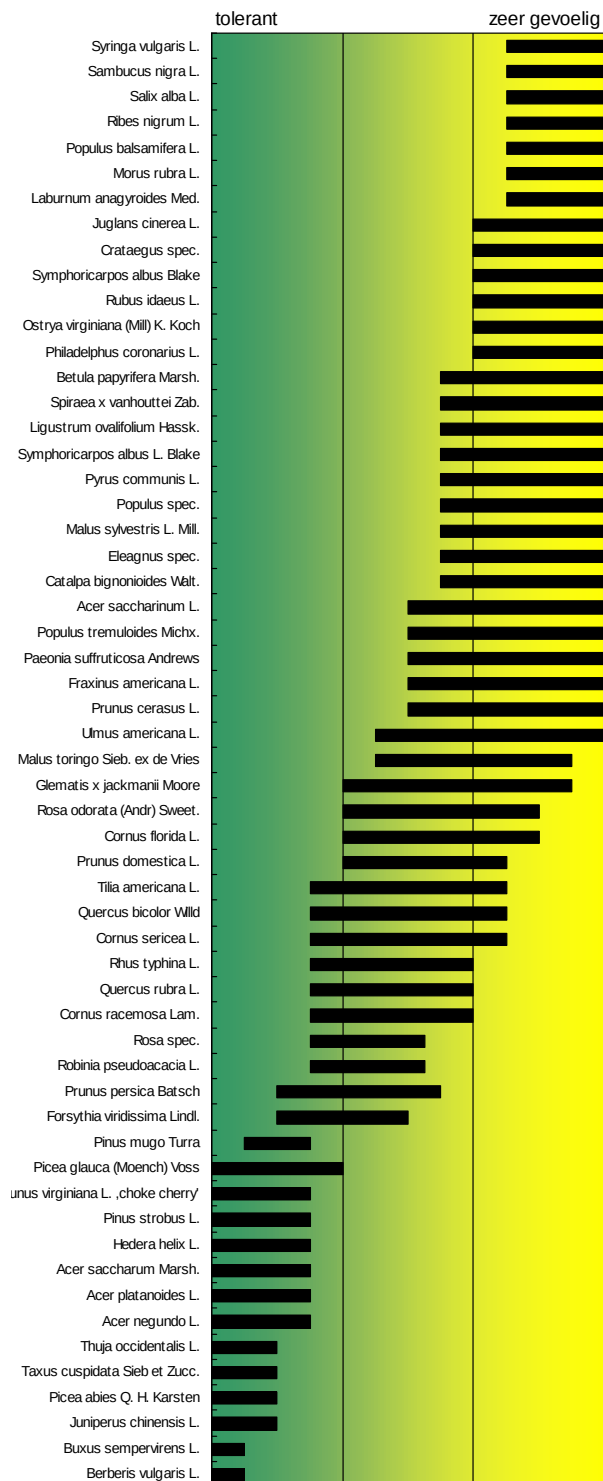
Van der Eerden, L.J. 1982. *Toxicity of ammonia to plants*. Agricultural Environment 7, 223-235.

Van der Eerden, LJM, 1992. *Fertilizing effects of atmospheric ammonia on semi-natural vegetations*. Thesis Vrije Universiteit Amsterdam.

Van Dijk, C.J., Dueck, T.A., Wamelink, G.W.W., Mosquera, J., 2005. *Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij*. Nota 333, Plant Research International, Wageningen.

Oosterbaan A. et al., 2006. *Veldgids voor inventarisatie van kleine landschapselementen MKLE*. Uitgave door LBN en Alterra; in druk.

Bijlage 1 Relatieve ammoniak-gevoeligheid van bomen en struiken volgens Temple et al. (1979) en De Temmerman (1980). De rangorde naar gevoeligheid werd bepaald aan de hand van zichtbare bladbeschadiging rond industriële ammoniak-bronnen. Figuur overgenomen uit Van Dijk et al. (2005)



Bijlage 2 Inheemse soorten die algemeen voorkomen in bossen en hagen, en relevante eigenschappen (gewijzigd naar Franzaring en v. Dijk, 2000)

Soort	Karakteristieken plant			Karakteristieken blad		Waslaag en bladharen	
	Groenblijvend	Hoogte [m]	N-indicator	LAI [m ² m ⁻²]	Specifiek bladoppervlak [m ² kg ⁻¹]	Waslaag {zijden blad}	Haren (zijden blad)
<i>Acer campestre</i>	-	>10	6	8,9	19	nee	beide
<i>Acer negundo</i>	-	>10	7			nee	beide
<i>Ligustrum vulgare</i>	+	<5	3			nee	boven
<i>Crataegus spec.</i>	-	<5	4	8,5		nee	beide
<i>Rosa canina</i>	-	<5			33	beide	nee
<i>Pinus mugo</i>	+	<5	2				
<i>Pinus sylvestris</i>	+	>10			3		
<i>Pinus nigra</i>	+	>10	2				
<i>Quercus robur</i>	-	>10			19	beide	beide
<i>Buxus sempervirens</i>	+	<5	4			beide	nee
<i>Rhododendron spec.</i>	+	<5	2			nee	nee
<i>Berberis vulgaris</i>	+	<5	3		26	beide	nee
<i>Hedera helix</i>	+	<5				nee	onder
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	>10	7		25	beide	onder
<i>Betula pubescens</i>	-	<10			15	boven	beide
<i>Cornus mas</i>	-	<5	4			nee	beide
<i>Fagus sylvatica</i>	-	>10		6,3	17	nee	beide
<i>Fraxinus excelsior</i>	-	>10	7		14	nee	nee
<i>Larix decidua</i>	-	>10	3		14		
<i>Alnus glutinosa</i>	-	<10		4,8	14	nee	beide
<i>Carpinus betulus</i>	-	>10			18	nee	beide
<i>Picea abies</i>	+	>10		4	11		
<i>Sambucus nigra</i>	-	<5	9		34	nee	beide
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	<5			34	beide	beide
<i>Tilia cordata</i>	-	>10			19	nee	beide

Vervolg Tabel I-1

Soort	Karakteristieken plant			Karakteristieken blad		Waslaag en bladharen	
	Groenblijvend	Hoogte [m]	N-indicator	LAI [m ² m ⁻²]	Specifiek bladoppervlak [m ² kg ⁻¹]	Waslaag (zijden blad)	Haren (zijden blad)
<i>Taxus baccata</i>	+	<10					
<i>Viburnum opulus</i>	-	<5	6		27	nee	beide
<i>Rubus fruticosus</i>	(+)	<5	6	3,3		nee	beide
<i>Rubus idaeus</i>	-	<5				beide	beide
<i>Rhamnus frangula</i>	-	<5				boven	beide
<i>Prunus spinosa</i>	-	<5		3,8	42	nee	beide
<i>Prunus avium</i>	-	<10	6			nee	onder
<i>Ilex aquifolium</i>	+	<5	5		16	nee	nee
<i>Corylus avellana</i>	-	<5	5			nee	beide
<i>Sorbus aria</i>	-	<10	3			nee	beide
<i>Euonymus europaea</i>	-	<5	5			nee	nee
<i>Ribes uva-crispa</i>	-	<5	6	4,3		nee	beide
<i>Prunus padus</i>	-	>10	6			onder	beide
<i>Prunus serotina</i>	-	>5			10	nee	beide
<i>Rhamnus cathartica</i>	-	<5	4		12	nee	nee
<i>Lonicera xylosteum</i>	-	<5				beide	beide
<i>Lonicera periclymenum</i>	-	<5	4		31		
Snel groeiend							
<i>Salix alba</i>	-	<10			17	beide	beide
<i>Populus nigra</i>	-	>10			14	nee	onder

N-indicator: het getal '2' stelt een soort voor die arme grond prefereert, en '9' een soort die zeer rijke grond prefereert.

LAI: is een maat voor de hoeveelheid bladoppervlak per eenheid van het bodemoppervlak. Hoe groter dit getal, hoe meer blad zich bevindt boven een oppervlak grond.

Specifiek bladoppervlak: is een maat voor de hoeveelheid bladoppervlak per eenheid van bladgewicht. Hoe groter dit getal, hoe dunner het blad.

Bijlage 3 Definities landschapselementen uit Veldgids voor inventarisatie van kleine landschapselementen MKLE (Oosterbaan et al 2006)

PUNTVORMIGE BOSSEN EN BEPLANTINGEN (6)

BOMEN (puntvormig)

Een boom is een houtachtige plant met een enkele, stevige stam, die zich pas op zekere hoogte boven de grond vertakt.

601 Solitaire boom

Alleenstaande boom. Een solitaire boom hoeft niet altijd in te houden dat er geen andere boom in de buurt is. Het zijn bomen die de ruimte krijgen om volledig uit te groeien.

602 Boomgroep

Een boomgroep bestaat uit enkele bomen die tezamen een visuele eenheid in het landschap vormen.

603 Knotboom

Boom, waarvan de takken regelmatig afgezet worden op een hoogte van ongeveer 2 meter (meestal soorten als wilg, es, els, populier, soms ook linde en haagbeuk).

604 Leiboom

Boom die tegen een schutting, muur of andere stellage geleid wordt of geleid is geweest.

STRUIKEN (puntvormig)

Een struik is een plant met een stengel die zich reeds van af de grond in min of meer stevige, veelal houtige takken verdeelt.

611 Solitaire struik(en)

Alleenstaande struik. Een solitaire struik hoeft niet altijd in te houden dat er geen andere struik in de buurt is. Het zijn struiken die de gelegenheid krijgen om ongehinderd uit te groeien.

612 Struikengroep

Een struikengroep bestaat uit enkele struiken die samen een visuele eenheid in het landschap vormen.

ENKELE BOOM MET STRUIK(EN) (puntvormig)

613 Enkele boom met struik

Alleenstaande boom met struiken als ondergroei.

LIJNVORMIGE BOSSEN EN BEPLANTINGEN (6)

BOMEN (lijnvormig)

621 Enkele bomenrij

Aantal bomen die in een rij staan, waarbij de onderlinge afstand tussen de bomen zodanig is dat de bomenrij tot manshoogte geen zichtbelemmering vormt.

622 Dubbele bomenrij en laan

Aantal bomen die in twee rijen staan, waarbij de onderlinge afstand tussen de bomen zodanig is dat de bomenrij tot manshoogte geen zichtbelemmering vormt (laan, als de bomenrijen aan weerszijden van een weg staan).

623 Knotbomenrij

Knotbomenrij. Aantal knotbomen (minstens 10) in een rij, waarvan de takken regelmatig afgezet worden op een hoogte van ongeveer 2 meter. (Meestal soorten als wilg, es, els, populier, soms ook linde en haagbeuk).

STRUIKEN (lijnvormig)

631 Heg en haag

Dichte beplantingselementen van op een rij geplante struiken, vaak op perceelscheidingen. Meestal aangeplant, soms deels spontaan ontstaan, met vaak als functie veekering of windscherm. Element al dan niet gesnoeid, geknipt of geschoren.

632 (Elzen)Singel

Dichte begroeiing van bomen, struiken en kruiden langs de oevers van sloten, waarvan tenminste 80% zwarte els.

633 Struikenrij

Struiken in een rij; het element is tenminste enkele malen langer dan breed. Kan uit meerdere soorten bestaan.

BOMEN EN STRUIKEN (lijnvormig)

641 Bomenrij met struiken

Bomen in een rij, met tussen de bomen enkele struiken (aandeel struiken <50%).

642 Hakhoutsingel

Bosstrook waarvan de stammen elke 15-25 jaar worden gekapt ('afgezet'); de stobben lopen dan weer uit.

643 Houtkade

Lijnvormige, aarden waterkering van geringe hoogte, aangeplant met zogenoemd geriefhout.

644 Struikenrij met bomen

Struiken op een rij, met tussen de struiken enkele bomen (aandeel bomen < 50%).

645 Houtwal

Aarden wal, vaak begeleid door greppel of sloot en beplant met bomen en struiken. Vaak eik, berk, lijsterbes, meidoorn, hultst, bramen, roos. Onderscheid met hakhout door lijnvormigheid en maximale breedte van 10 meter.

BIJZONDERE TYPEN (lijnvormig)

651 Bomendijk

Dijk, met boven op het dijklichaam bomen.

652 Graft

Steilranden die de lösshellingen in Zuid-Limburg verdelen in minder steile terrassen, om erosie tegen te gaan. Graften zijn vaak begroeid en liggen evenwijdig aan de hoogtelijnen. Ook: Graaf.

653 Holle weg

Weg, die door erosie diep ingesneden is in de helling, met al dan niet begroeide wanden.

654 Schurveling

Begroeide dammen tussen geëgaliseerde stukken duingrond op het eiland Goeree-Overflakkee.

655 Zandwal

Het zichtbare resultaat van het afgraven van de grond van akkertjes. Het afgraven heeft tot doel om de akkertjes vruchtbaarder te maken.

656 Tuunwal

Wal van gras of heideplaggen, die meestal onbegroeid is, en een hoogte heeft van ongeveer 1 meter, vaak als perceelscheiding.

657 Landscheiding

Lijnvormig, aarden wallichaam van geringe hoogte, aangeplant met geriefhout.

VLAKVORMIGE BOSSEN EN BEPLANTINGEN < 5 ha (6)

ALLEEN BOMEN (vlakvormig < 5ha)

661 Loofbos (alleen bomen)

Bos begroeid met een dusdanig aantal loofbomen dat de kruinen min of meer een geheel vormen of, na volgroeing van de bomen, zullen vormen (bedekking van loofbomen minimaal 80%).

662 Naaldbos (alleen bomen)

Bos begroeid met een dusdanig aantal naaldbomen dat de kruinen min of meer een gesloten geheel vormen of, na volgroeing van de bomen, zullen vormen (bedekking van naaldbomen minimaal 80%).

663 Gemengd bos (alleen bomen)

Bos begroeid met loof- en naaldbomen zodanig dat de kruinen een min of meer gesloten geheel vormen of, na volgroeing van de bomen, zullen vormen. Als het bos niet tot naaldbos of loofbos gerekend kan worden, behoort het tot gemengd bos.

664 Boomweide

Grasland waarop bomen zijn geplant; wordt vaak in combinatie met veeweide gebruikt.

ALLEEN STRUIKEN/STRUWEEL (vlakvormig < 5 ha)

Terrein met een aaneengesloten begroeiing van struiken/struikvormige bomen.

671 Elzenbroekbos

Nat bos van elzen, vooral op lage venige plekken; nauwelijks struiken; de ondergroei bestaat vooral uit zeggesoorten.

672 Wilgenstruweel

Struweel bestaande voor meer dan 50% uit wilgen(struiken).

673 Hakhoutbos

Bos waarvan de stammen om de ca 15 jaar worden gekapt; de stobben lopen dan weer uit.

674 Griend

Een cultuurvegetatie hoofdzakelijk begroeid met laag afgeknot wilgenhout ten behoeve van de productie van rijshout.

BOMEN EN STRUIKEN (vlakvormig < 5ha)

681 Loofbos (bomen en struiken)

Bos begroeid met een dusdanig aantal loofbomen en loofstruiken dat de kruinen min of meer een geheel vormen of, na volgroeing van de bomen, zullen vormen (bedekking van loofbomen minimaal 80%).

682 Naaldbos (bomen en struiken)

Bos begroeid met een dusdanig aantal naaldbomen en naaldstruiken dat de kruinen een min of meer gesloten geheel vormen of, na volgroeing van de bomen, zullen vormen (bedekking van naaldbomen minimaal 80%).

683 Gemengd bos (bomen en struiken)

Bos begroeid met loof- en naaldbomen, en loof- en naaldstruiken zodanig dat de kruinen een min of meer gesloten geheel vormen of, na volgroeing van de bomen, zullen vormen. Als het bos niet tot naaldbos of loofbos gerekend kan worden, behoort het tot gemengd bos!

BIJZONDERE TYPEN (vlakvormig < 5ha)

691 Eendenkooi

Een inrichting om wilde eenden te vangen. Een door houtgewas omgeven waterplas, waarvandaan enkele vangpijpen lopen, die in een vanghok eindigen. De vangpijpen zijn afgeschermd door schuin geplaatste rietmatten, waarover gaas is gespannen.

692 Erfbeplanting bij boerderij

Beplanting op een met hekken of sloten omgeven stuk grond behorende bij een huis of boerderij.

693 Bijzondere (boeren)tuin

Tuin. Een omheining van gevlochten tenen. Ook het zo omheinde stuk grond wordt boerentuin genoemd.

694 Groen/beplanting bij fort of ander verdedigingswerk

695 Groen/beplanting bij kasteel of buitenplaats

696 Groen/beplanting bij borg of stins

697 Groen/beplanting bij kerk of klooster

WATER < 5 ha (7)

71 Poel

Een natuurlijk of door de mens gegraven ondiep water, vaak ovaal van vorm, als drinkplaats voor vee en als watervoorziening voor amfibieën. Andere benamingen zijn: Wed, Plomperd, Dobbe, Vaete, Drenkplaats, Stomp, Zoel, Hollestelle, Zuipersgat, Pallert, Schaapsstalle, Stoup, Waterrem, of Bronpoel.

72 Kreek

Waterloop die is ontstaan door erosie bij de getijdenstromen. Andere benamingen zijn: Kil, Hank, Slenk, Els, Gat, Geul, Gooi, Tjaret, soms ook Maar.

Kreken die niet meer onder invloed staan van het getij heten maren. Ze zijn soms verland. Andere benamingen voor een Maar zijn: Riet en Priel.

73 Dode meander/rivierarm

Afgesneden kronkel/loop van een rivier, niet meer in verbinding met het stromende water van de rivier.

74 Beek

Kleine, natuurlijke of gegraven stromende wateren, die tenminste gedurende een groot deel van het jaar water afvoeren. Van oorsprong min of meer meanderend.

75 Wiel

Relatief diep, klein, min of meer rond water, ontstaan bij dijkdoorbraak, dicht bij de dijk gelegen. In Noord-Holland noemt men ze Braak, in Zeeland Weel, elders ook wel Waai, Wijert, Brek.

76 Ven

Laagtes op de pleistocene zandgronden (vroeger veel in heidevelden), rond of langgerekt, gevuld met voedselarm en kalkarm water. Bodem van zand of veen.

77 Dobbe, pingo-ruïne

Een Dobbe is een gegraven plasje bedoeld als drinkpoel voor het vee. Ook wel Schapedobbe, Poepedobbe, Moldobbe, Was, Fait, Fething. Pingo-ruïne is ontstaan door smelten van een ijslens na de ijstijd, verder als ven. Doorgaans cirkelvormig en vaak omgeven door ringwal.

78 Neerslagbuffer/ Slibbassin

Bijlage 4 Begripsbepalingen

Afvangst/afvangen	Stoffen/gassen die als gevolg van een min of meer horizontale luchtstroming (bijv. door de wind) achter blijven op een element. In deze rapportage heeft de depositie daargans betrekking op fijn stof
Ammoniak	Ammoniak is een chemische verbinding van stikstof en waterstof met samenstelling NH_3 . COPD(-patiënten) Chronic Obstructive Pulmonary Disease, hieronder vallen chronische bronchitis en longemfyseem.
Daggemiddelde concentratie	Concentratie in de buitenlucht, gemiddeld over het tijdvak van 0:00 uur tot 24:00 uur Midden-Europese-Tijd, uitgedrukt in microgram per m^3 lucht bij een temperatuur van 293 Kelvin en een druk van 101,3 kiloPascal voor zwaveldioxide, stikstofdioxide, stikstofoxiden, lood en benzeen en bij heersende temperatuur en druk voor fijn stof (PM_{10}).
DBH	Diameter op borsthoogte. De tikte van een boom op ongeveer 1.30 meter boven de grond. Dit is in de bosbouw de meest gangbare methode om de dikte van een bomen aan te geven.
Depositie/neerslaan	Stoffen/gassen die als gevolg van een min of meer verticale luchtstroming (bijv. onder invloed van de zwaartekracht) achter blijven op een element (neerslaan). In deze rapportage heeft de depositie daargans betrekking op fijn stof
Emissie	De uitstoot van een bepaalde stof door een bron
Fijn stof ($=\text{PM}_{10}$)	In de buitenlucht voorkomende stofdeeltjes met een aerodynamische diameter van $10\text{ }\mu\text{m}$ of kleiner (PM = particulate matter, 10 = maximale grootte: $10\text{ }\mu\text{m}$).
Grenswaarde	Voor zwevende deeltjes (PM_{10}) gelden de volgende grenswaarden voor de bescherming van de gezondheid van de mens: 40 microgram per m^3 als jaargemiddelde concentratie; 50 microgram per m^3 als vierentwintig-uurgemiddelde concentratie, waarbij geldt dat deze maximaal vijfendertig maal per kalenderjaar mag worden overschreden.
Homogene samenstelling	Een situatie waarbij de concentratie fijn stof min of meer gelijkmatig verdeeld over de lucht. Hierbij is op zal de concentratie fijn stof op korte afstand van elkaar niet zeer sterk verschillen
Immissie	De aanwezigheid van stoffen in de buitenlucht die door de mens ingeademd kunnen worden

Interceptie/onderscheppen	Het vasthouden van fijn stof dat op de vegetatie terecht komt. Dit bestaat uit twee processen, het fijn stof kan door op de vegetatie neerslaan als gevolg van depositie en afvangen van fijn stof dat door de wind de vegetatie wordt ingeblazen.
Jaargemiddelde concentratie	Concentratie in de buitenlucht, gemiddeld over vierentwintig uurgemiddelde concentraties (=daggemiddelde concentraties) in een kalenderjaar, uitgedrukt in microgram per m ³ lucht bij een temperatuur van 293 Kelvin en een druk van 101,3 kiloPascal voor zwaveldioxide, stikstofdioxide, stikstofoxiden, lood en benzeen en bij heersende temperatuur en druk voor fijn stof (PM ₁₀).
Kortdurend gemiddelde Langdurend gemiddelde Lijnvormig element	Daggemiddelde concentratie Jaargemiddelde concentratie lintbeplanting, al dan niet met ondergroei. Voorbeelden zijn houtsingels, houtwallen, bomenrijen (zowel enkele als dubbele bomenrijen). Lijnvormige bossen behoren niet tot deze categorie.
Niet-homogene Samenstelling	Een situatie waarbij de concentratie fijn stof op korte afstand van elkaar niet zeer sterk verschilt
Plandrempel	kwaliteitsniveau van de buitenlucht dat bij overschrijden aanleiding geeft tot het opstellen van een plan als bedoeld in artikel 9 van het Besluit luchtkwaliteit 2005. Vanaf 2005 is de plandrempel gelijk aan de Grenswaarde.
Stikstofoxiden	Stikstofoxiden (soms afgekort tot NO _x) is een verzamelnaam voor verbindingen van zuurstof en stikstof. Stikstofoxiden worden gerekend tot de stoffen die verzuring en vermesting van het milieu in de hand werken. Stikstofoxiden komen vooral vrij bij verbrandingsprocessen zoals van het verkeer.
Ultra Fijn stof (=PM₁)	In de buitenlucht voorkomende stofdeeltjes met een aerodynamische diameter van 1 µm of kleiner (PM = particulate matter, 1 = maximale grootte: 1 µm.).
Vlakvormig element	gesloten bosgebieden. Bosopstanden die een geheel vormen, niet afgewisseld door open ruimten.
Zeer fijn stof (=PM_{2,5})	In de buitenlucht voorkomende stofdeeltjes met een aerodynamische diameter van 2.5 µm of kleiner (PM = particulate matter, 2.5 = maximale grootte: 2.5 µm.).