

Stedelijk groen en luchtkwaliteit

Fred Tonneijck

Groen verwijdt verontreiniging uit de lucht en verbetert de stedelijke luchtkwaliteit. Kennis over deze inherente eigenschap van groen en over de omvang van de filtercapaciteit kan veel beter worden toegepast in de planvorming dan tot nu toe. Deze kennis moet dan wel worden opgepakt. Tegelijkertijd dient de misvatting dat groen enkel een kostenpost is uit de wereld te worden geholpen. Gericht groenbeleid levert, naast een gezondere leefomgeving, ook baten op.

Vegetaties nemen continu verontreiniging uit de lucht op en functioneren daarmee als filter. Deze filtercapaciteit is een inherente eigenschap van planten en staat wetenschappelijk niet ter discussie. Accumulatie van componenten in bovengrondse plantendelen is veelvuldig aangetoond. Van alle planten zijn vooral bomen zeer geschikt. De aandacht voor de mogelijke bijdrage van groen aan de stedelijke luchtkwaliteit neemt toe. In de stad zijn vooral de concentraties van stikstofdioxide en fijnstof (PM_{10}) hoog als gevolg van het lokale verkeer. De principes waarmee groen deze vormen van verontreiniging uit de lucht verwijdt, zijn bekend. Ook zijn gegevens beschikbaar over de omvang van de filtercapaciteit van het stedelijk groen. Het verdient aanbeveling om deze kennis te incorporeren in het vigerende beleid. Dit betreft vooral het groenbeleid zodat stedelijk groen op een functionele manier bijdraagt aan een leefbare stad.

Groen als filter

Vegetaties vervullen een wezenlijke rol bij de transfer van verontreiniging van de atmosfeer naar de biosfeer. Het oppervlak aan bladeren is immers vele malen groter dan het oppervlak van de onderliggende bodem. Planten filteren een groot scala aan componenten uit de lucht en dragen daarmee bij aan algehele verbetering van de luchtkwaliteit.

Depositie van gasvormige en deeltjesvormige verontreiniging naar bomen en planten heeft te maken met een groot aantal factoren. Biologische aspecten als soortsaamenstelling en structuur van de vegetatie zijn van belang. Sommige plantensoorten en typen vegetaties doen het beter dan andere. Bomen hebben veel blad en



Foto: Fred Tonneijck

veroorzaken door hun ruwheid veel turbulentie. Hierdoor zijn bomen het meest effectief om verontreiniging uit de lucht te filteren en luchtconcentraties te beïnvloeden. Zo is de depositie van fijnstof naar een bos twee tot zestien maal groter dan naar een lage vegetatie¹. In algemene zin neemt de effectiviteit van filtering af van bomen, via heesters en kruidachtigen naar gras.

De manier van verwijdering verschilt voor stikstofdioxide en fijnstof. Stikstofdioxide wordt als gasvormige component vrijwel uitsluitend via de huidmondjes door bladeren opgenomen en in het blad verwerkt. Een te grote toevoer van deze component kan onder bepaalde omstandigheden schadelijk zijn voor de plant. Bladbeschadiging als gevolg van blootstelling aan stikstofdioxide is dan ook het ultieme bewijs dat dit gas door de plant wordt geabsorbeerd en dus uit de lucht wordt verwijderd. Planten met brede en dunne bladeren met veel actieve huidmondjes nemen relatief veel op. Bladeren van loofbomen zijn om deze reden effectiever dan naalden van coniferen.

OVER DE AUTEURS

Drs. A.E.G. (Fred) Tonneijck (06-11911142, fred@triplee.nl) is senior adviseur/onderzoeker bij Kenniscentrum Triple E in Arnhem en is tevens lid van de VVM-sectie Leefomgevingkwaliteit (LOK).

Stofdeeltjes worden niet door planten opgenomen maar worden op het oppervlak daarvan vastgelegd. Een aantal vrij simpele fysische processen ligt hieraan ten grondslag. Biologisch gezien hangt de effectiviteit af van enkele eigenschappen van zowel bladeren als takken en twijgen en het oppervlak daarvan. Deeltjes moeten direct met het blad in contact komen dan wel dicht genoeg bij het blad zijn om elektrostatisch te worden aangetrokken. Dit mechanisme wordt versterkt in aanwezigheid van een ruw oppervlak. Depositie van fijnstof is optimaal wanneer de bladeren vochtig zijn, een ruw en/of behaard bladoppervlak bezitten en elektrostatisch geladen zijn. Overigens hoeven de bladeren niet levend te zijn. Ook dode bladeren zijn effectief. Een deel van het afgevangen stof kan worden verwijderd door neerslag en op de bodem terechtkomen. Resuspensie, dit is het opnieuw vrijkomen van fijnstof naar de lucht, is eveneens mogelijk. Bij berekeningen gaan we ervan uit dat de helft van het gedeponeerde stof weer resuspendeert naar de lucht.

Naaldbomen zijn het meest geschikt om fijnstof te verwijderen. De structuur van het gebladerte van deze bomen is fijner en meer complex dan die van loofbomen en leidt tot meer contactmomenten met de omringende lucht. Loofbomen met een relatief complexere takstructuur en met ruwe en behaarde bladeren vangen ook goed fijnstof af, zij het minder dan naaldbomen².

Filtercapaciteit

Over de hoeveelheid verontreiniging die door stadsbomen wordt verwijderd, is vooral in de Verenigde Staten veel kennis opgebouwd. Deze kennis is er op gericht om de meerwaarde van bomen in de stad als luchtfilter te kwantificeren inclusief het economisch belang daarvan. Achterliggend idee is dat met deze economische waardering wordt duidelijk gemaakt dat aanplant en onderhoud van bomen niet alleen kosten met zich meebrengen maar ook baten genereren.

Het onderzoek in de VS laat zien dat de omvang van de filtercapaciteit op jaarbasis honderden tonnen per stad kan bedragen. Er wordt hierbij meer fijnstof verwijderd dan stikstofdioxide. De variatie in de filtercapaciteit tussen de onderzochte zestig steden is zeer groot. Deze variatie is het gevolg van verschillen in concentratie, in het bomenbestand (aantallen, leeftijd, bedekkingsgraad, soort) en in de meteorologische omstandigheden. Zo varieert voor de Amerikaanse steden de omvang van de filtercapaciteit van 1,1 tot 8,0 g m² bladoppervlak voor fijnstof en van 0,4 tot 6,3 g m² bladoppervlak voor stikstofdioxide³.

Recent zijn vergelijkbare berekeningen uitgevoerd voor Nederland op basis van beschikbare gegevens voor Goirle⁴. De berekende filtercapaciteit van gemiddeld circa 100 gram fijnstof per stadsboom per jaar is vergelijkbaar met gegevens uit de literatuur. Volgens de berekeningen verwijdert het totale bestand aan stadsbomen in Goirle 940 kilogram fijnstof per jaar (Tabel 1).

Tabel 1: Verwijdering van fijnstof door het bomenbestand (9.257 stuks) in Goirle per jaar (gegevens 2007).

Filtercapaciteit (totaal)	940 kilogram fijn stof
Gemonetariseerde waarde (totaal)	282.000 euro
Compensatie licht stadsverkeer	14 miljoen kilometer
Stamdiameter per boom (gemiddeld)	23 centimeter
Filtercapaciteit per boom (gemiddeld)	100 gram fijn stof

Het interessante vanuit de ruimtelijke planvorming is nu dat de omvang van deze filtercapaciteit kan worden afgezet tegenover de sterkte van een bron van luchtverontreiniging. Beide parameters worden immers uitgedrukt in gewichtseenheden. Zo is de totale

filtercapaciteit (940 kilogram) van het bomenbestand in Goirle gelijk aan de hoeveelheid fijnstof die licht stadsverkeer uitstoot over circa 14 miljoen kilometer. Dit ondanks het feit dat het berekende effect van de filtercapaciteit van het huidige groen op de stedelijke concentratie zeer klein (< 0,1 procent) is, hetgeen overigens ook geldt voor de Amerikaanse steden.

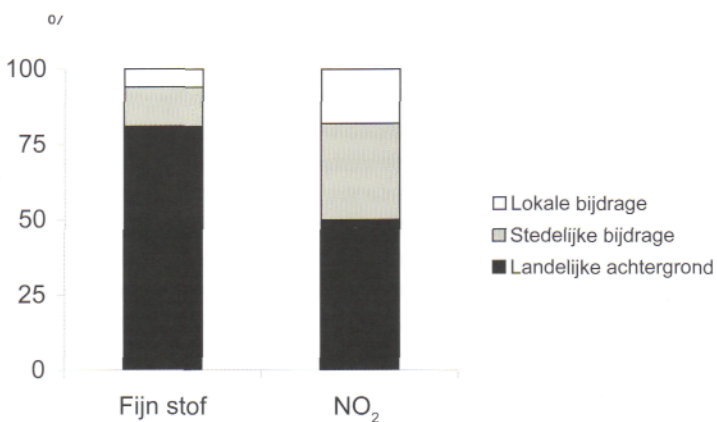
Een tweede gegeven is niet minder interessant. De baat van stofafvang kan namelijk gemonetariseerd worden op basis van de gezondheidsschade die één kilogram fijnstof in de lucht veroorzaakt bij mensen. Volgens een rapportage van het Ministerie van LNV⁵ is de economische baat van de verwijdering van één kilogram fijnstof in de bebouwde kom 300 euro. Doorrekening leert dat de economische waarde van de filterfunctie van het bomenbestand in Goirle voor fijnstof 282.000 euro per jaar bedraagt. Dit economisch voordeel komt niet terug in de gemeentelijke begroting en wordt ook niet gebruikt als argument om middelen voor onderhoud toe te wijzen aan het groenbeleid.

Waar het groen in de stad?

Ieder groenelement is aan een groeiplaats gebonden. Door de verwijdering van verontreiniging uit de lucht draagt de filtercapaciteit van een specifiek groenelement principieel bij aan verbetering van de luchtkwaliteit op een locatie-overstijgend schaalniveau. Het positieve effect van groen op de concentratie speelt zich dus op een ander schaalniveau af dan de plek waar dit groen groeit.

Momenteel gaat de aandacht vooral uit naar het effect van groenelementen op hoge concentraties bij (knelpunt)wegen, zoals binnen het recent afgesloten Innovatief Programma Luchtkwaliteit van Rijkswaterstaat. In dit soort situaties gaat het niet alleen om de filtercapaciteit van het groen maar ook om veranderingen in windklimaat die op zich zelf ook weer doorwerken op de concentraties ter plaatse. Zo dempen bomen de windsnelheid langs de weg. Deze demping leidt tot een verhoging van de concentraties ter plaatse omdat de uitlaatgassen nog niet volledig zijn gemengd met de lucht. De bomen verwijderen in deze situatie nog steeds verontreiniging. Het netto-effect van deze tegengestelde processen is een verhoging van de concentraties op korte afstand van het groen. In ultieme vorm spreken we dan van het 'groene tunnel'-effect.

Nu doet zich het geval voor dat, vanuit de filtercapaciteit geredeneerd, aanplant van bomen langs drukke (knelpunt)wegen juist meer effect sorteert dan die op grotere afstand. Immers, bomen halen in absolute



Figuur 1. Opbouw van de concentraties (in %) van fijnstof en stikstofdioxide in een straat. De procentuele bijdragen van de landelijke achtergrond, de stedelijke achtergrond en de straat zelf aan de concentratie fijnstof in de straat zijn respectievelijk 81, 13 en 6%. Voor stikstofdioxide zijn de overeenkomstige bijdragen 50, 32 en 18%.

zin meer verontreiniging uit de lucht als er meer in de lucht aanwezig is. Dit is dus dicht bij de bron van verontreiniging. Het voordeel van aanplant langs drukke wegen op de concentratie doet zich echter voor op knelpuntoverschrijdende schaalniveaus en niet direct op het knelpunt zelf. Uiteindelijk leidt deze route echter ook tot lagere concentraties op knelpunten, want met eventuele verlaging van de stedelijke achtergrond gaat ook de concentratie op een knelpunt omlaag (Figuur 1).

Klakkeloze aanplant van groen bij (knelpunt)wegen is niet aan de orde. Er is hier sprake van een ontwerpogave veel meer dan van een groene oplossing voor de concentraties bij de weg zelf. In de directe omgeving van de weg is het belangrijk dat de vervuilde lucht tot in de beplanting kan doordringen. De geldende maat voor deze doordringbaarheid is de optische porositeit. In algemene zin is de porositeit van bijvoorbeeld een boomkruin visueel te bepalen. Is de blauwe lucht door de bladeren van een kruin zichtbaar, dan is die kruin optisch poreus. Poreuze, goed voor lucht doordringbare groenstructuren hebben meer blad voor filtering beschikbaar dan niet-poreuze, voor lucht ondoordringbare structuren. Immers, ook de bladeren binnenin de poreuze kruin doen mee aan de filtering.

Bij knelpunten gaat het vooral om de aanplant van een groene lijn van bij voorkeur één en maximaal twee bomen breed. Nog bredere bomenrijen zijn optisch niet meer poreus met als gevolg

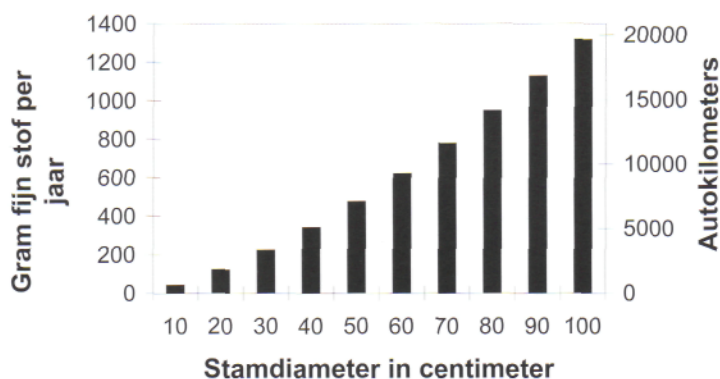


dat de vervuilde lucht niet meer door het element heen gaat maar er overheen wordt geleid, net zoals bij een dichte barrière. Bij voldoende porositeit van 50% en meer verlagen groenelementen de concentraties ter plaatse in vergelijking met een situatie zonder groenelementen⁶. Geschat wordt dat de effectiviteit van groenelementen om fijnstof te verwijderen maximaal 15-20% is. De concentratie van stikstofdioxide daalt naar schatting lokaal met maximaal 10%. Groenstructuren die de plaatselijke windsnelheid niet dempen zoals gevel- en dakgroen, blokhagen en laagblijvende vegetaties zijn altijd effectief als filter en leiden nooit tot verhoging van de lokale concentraties.

Kwaliteit stedelijk groen

Te snel wordt verondersteld dat alleen uitbreiding van het groene areaal en dan vooral met bomen aan de orde zou zijn. De eerste stap is echter dat steden het bestaande groen gaan koesteren en het beleid gaan aanpassen vanuit het besef dat dit groen als filter functioneert en daarmee een bijdrage levert aan verbetering van de stedelijke luchtkwaliteit. Uitbreiding van het groene areaal is ook weinig zinvol als niet het onderhoud en de filtercapaciteit voor de langere termijn worden gewaarborgd. Geen enkele gemeente heeft de capaciteit van stedelijk groen als filter opgenomen in de vigerende beleidsplannen. Tegelijkertijd zien we bij het streven naar een compacte stad dat inbreiding vaak ten koste gaat van het aanwezige groen. Dit gebeurt zonder dat men zich realiseert dat met deze vermindering ook de capaciteit van het filter wordt gereduceerd.

Uit een opmerkelijke waarneming in Goirle bleek dat de grootste boom zeventig keer meer fijnstof verwijderde dan de kleinste. Grotere bomen hebben meer blad en een grotere bedekkingsgraad (dit is de kroonprojectie). Zo verwijdert een beuk met een stamdiameter van 1 meter 30 keer meer fijnstof dan een exemplaar met een diameter van 10 centimeter (Figuur 2). Goede groeiplaatsen met een goed bodemleven en van voldoende volume leggen dan ook de noodzakelijke basis om bomen tot volle wasdom en tot volledige functionaliteit te laten komen. Ook de aanplant van grotere bomen is interessant. Met dit soort maatregelen en een adequate boomverzorging is de stedelijke luchtkwaliteit gebaat.



Figuur 2. Hoe groter de beuk, des te meer fijnstof wordt verwijderd

Gerichte uitbreiding

Alle beetjes groen helpen. Uiteraard is de bijdrage van groen afhankelijk van factoren zoals aard en concentratie van de luchtverontreiniging, soort en hoeveelheid groen (aantal en soort bomen, leeftijd, bedekkingsgraad, areaal, dak- en gevelgroen) en de meteorologische omstandigheden. Modelmatig onderzoek in Engeland heeft uitgewezen dat verhoging van de totale bedekkingsgraad van bomen in de stad de omvang van de filtercapaciteit voor fijnstof vergroot en de concentratie op het niveau van de stad vermindert⁷.

Zo leidde een toename van de totale bedekkingsgraad van bomen in de West Midlands van 3,7 naar 16,5 procent tot een reductie van de gemiddelde fijnstof-concentratie met 10%. Dit kwam overeen met een jaarlijkse filtering van 110 ton fijnstof. Een verhoging van de bedekkingsgraad tot maximaal 54% (theoretisch maximum) resulteerde in een reductie van de concentratie met 26% en een filtering van 200 ton per jaar. Voor Glasgow leidde een verhoging van de bedekkingsgraad van bomen van 3,6 naar 8% tot een 2% reductie van de concentratie. Bij een nog sterkere verhoging van de bedekkingsgraad tot 21 procent werd een daling van de concentratie van 7% vastgesteld met een bijbehorende extra filtercapaciteit van 13 ton per jaar.

Steden hebben veel meer ruimte voor additionele aanplant van bomen dan vaak wordt gedacht. Mogelijkheden zijn er zeker als wordt ingezet op gevel- en dakgroen. Ook dit type groen verwijdert verontreiniging uit de lucht. Het is bekend dat -afhankelijk van het type (intensief versus extensief) en de omvang van het areaal - uitbreiding van het areaal aan dakgroen leidt tot een aanzienlijke toename van de filtercapaciteit. Zo is voor een woonwijk in Toronto berekend dat toename van het areaal aan grasdaken met 10-20% voldoende was om een verlaging van de concentraties luchtverontreiniging op leefniveau in de wijk te bereiken⁸. Ook voor de filtercapaciteit van gevelgroen met betrekking tot fijnstof zijn gegevens beschikbaar. Wilde wingerd kan tot 4 gram en klimop tot 6 gram fijnstof per vierkante meter muur bevatten⁹. Een met klimop begroeide muur van 16-17 vierkante meter heeft dan omgerekend een filtercapaciteit van fijnstof die vergelijkbaar is met één gemiddelde stadsboom (100 gram per jaar).

Kansen en risico's

Behalve de filtercapaciteit beïnvloedt stedelijk groen nog op andere manieren de luchtkwaliteit. Strategisch geplaatste windsingels verminderen de energiebehoefte van gebouwen met als gevolg minder emissie vanuit energiecentrales. Hetzelfde geldt voor de isolerende werking van dakgroen waardoor de behoefte aan airco's in de zomer wordt verminderd.

Stedelijk groen kan ook effect hebben op de concentraties van ozon. Na fijnstof is ozon de meest schadelijke component voor de volksgezondheid. De interactie tussen groen en ozon is zeer complex. Zowel een toename als een afname van ozonconcentraties door stedelijk groen is gerapporteerd. Net als stikstofdioxide wordt ozon door bladeren geabsorbeerd en uit de lucht verwijderd. Door de verdamping van water dempt groen tevens de stijging van de temperatuur in de stad (stedelijk hitte-eiland) en daarmee de vorming van troposferisch ozon. Hiertegenover staat dat ozon ook van nature voorkomt, onder andere als gevolg van de emissie van vluchtige organische stoffen (VOS) door bomen. Verschillende soorten bomen emitteren relatief veel VOS. Bij hoge emissies van VOS door het lokale verkeer is het vanuit praktische overwegingen gewenst de aanplant van deze soorten in grote aantallen in de stad te voorkomen om de ozonvorming niet nog verder te stimuleren. Trouwens, beschaduwning van de brandstoftanks van auto's door bomen helpt ook de emissie van VOS in de stad te verminderen.

Beleidsconsequenties

Ongeveer tweederde van de Nederlandse bevolking leeft in stedelijke en randstedelijke gebieden. De verwachting is dat dit tegen 2030 meer dan driekwart zal zijn. Deze toenemende verstedelijking leidt maar al te vaak tot een vermindering van het areaal aan stedelijk groen en daarmee tot een vermindering van de capaciteit om schadelijke stoffen uit de lucht te verwijderen. Het niveau van luchtverontreiniging is en blijft daarentegen een belangrijk milieupro-

bleem, vooral als gekeken wordt naar de schadelijke effecten op de volksgezondheid. Het luchtkwaliteitsbeleid zou er goed aan doen om haar blik te verruimen. Blijf niet alleen gericht op de hoge concentraties bij knelpunten maar richt je ook op de omvang van de netto-depositie als mogelijkheid om de luchtkwaliteit te verbeteren.

Er is veel te doen over het thema groen en luchtkwaliteit, ook waar het gaat om verkeersgerelateerde luchtverontreiniging in de stad. Te snel ontstaat het beeld dat alleen substantiële uitbreiding van het groene areaal aan de orde is. Te vaak wordt alleen gekeken naar hoge concentraties langs (knelpunt)wegen. Vaststaat dat groenelementen luchtverontreiniging opnemen en de luchtkwaliteit kunnen verbeteren. Het is dan ook raadzaam om de inzet van groenelementen in een vroeg stadium van ruimtelijke planvorming een plaats te geven. In eerste instantie is hier natuurlijk een rol weggelegd voor het groenbeleid dat kennis omtrent de filtercapaciteit moet incorporeren in de plannen. Het is zaak om de aanplant van groen slim uit te voeren en het onderhoud daarvan adequaat te organiseren. Hanteerbaar instrumentarium ter ondersteuning is in ontwikkeling. Aan de orde is ook dat veel meer dan tot nu toe een sterke koppeling wordt gelegd tussen het groenbeleid en andere beleidsvelden zoals milieu en gezondheid.

Het taaie misverstand dat groen een kostenpost is alsof er geen baten tegenover staan, moet plaatsmaken voor een meer realistische omgang met groen. Ontwerp, aanplant en beheer van groen worden nu nog gezien als een bron van onkosten. Dit is niet terecht. Groenmanagement betreft investeringskosten want er staan baten tegenover. Groen draagt uiteindelijk positief bij aan oplossingen van een groot scala aan problemen op het gebied van mobiliteit, milieu (luchtkwaliteit en geluidhinder), gezondheid, lichaamsbeweging, vestigingsklimaat en biodiversiteit.

Referenties

- 1 Bradshaw, A., B. Hunt, en T. Walmsley, 1995. Trees in the urban landscape: principles and practice. E & FN Spon, London.
- 2 Hiemstra, J.A., E. Schoenmaker-van der Bijl en A.E.G. Tonneijck, 2008. Bomen: Een verademing voor de stad. Uitgave van Plant Publicity Holland (PPH) en Vereniging van Hoveniers en Groenvoorzieners (VHG).
- 3 Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry and Urban Greening 4:115-123
- 4 Tonneijck, A.E.G., 2008. Stadsbomen voor een goede luchtkwaliteit. Congresboek Nederlandse Boomfodag 6 november 2008, 8-13.
- 5 LNV, 2006. Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap. Hulpmiddel bij MKBA's. Eerste editie. Rapport Witteveen+Bos en Ministerie van LNV, november 2006
- 6 Wesseling, J.P., en anderen, 2004. Effecten van groenelementen op NO₂ en PM₁₀ concentraties in de buitenlucht. Rapport R 2004/383. TNO, Apeldoorn.
- 7 McDonald, A.G. en anderen, E., 2007. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations. Atmospheric Environment 41: 8455-8467.
- 8 Currie, B.A. en B. Bass, 2005. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. In: Proceedings of Third Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade show, Washington, DC, May 4-6, 2005.
- 9 Dunnett, N. en N. Kingsbury, 2004. Planting green roofs and living walls. Timber Press, Portland, Oregon, VS.