

# FIJN STOF TOT NADENKEN

door prof.dr. Maarten Krol



**WAGENINGEN UNIVERSITEIT**

**WAGENINGEN UR**

Inaugurele rede, uitgesproken op 18 januari 2007 in de  
Aula van de Wageningen Universiteit.

## **FIJN STOF TOT NADENKEN**

Door prof. dr. Maarten Krol

Hoogleraar Luchtkwaliteit en Atmosferische Chemie  
Leerstoelgroep Meteorologie en Luchtkwaliteit

Inaugurale rede uitgesproken op 18 januari 2007 in de Aula van Wageningen Universiteit.

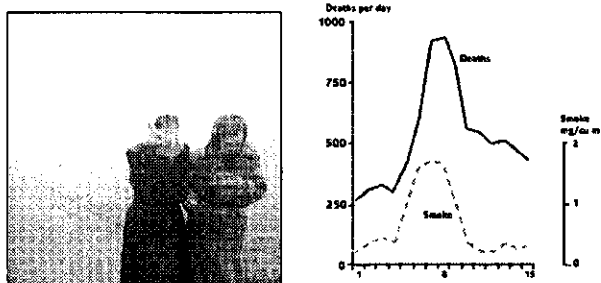
Mijnheer de Rector Magnificus, dames en heren

Sinds de industrialisatie beïnvloedt de mens de atmosferische samenstelling in betekenende mate. De natuurlijke fluctuaties in de atmosferische samenstelling worden overschaduwd door veranderingen die samenhangen met menselijke activiteiten. Grootschalige industrialisatie, gebruik van fossiele brandstoffen, en een explosieve groei in de agrarische productie veranderen de samenstelling van de atmosfeer in rap tempo.

Paul Crutzen, de winnaar van de Nobelprijs voor de chemie in 1995, noemt de huidige periode het Antropoceen [1]. Antropoceen betekent: door de mens veroorzaakt. De start van het Antropoceen valt ruwweg samen met de uitvinding van de stoommachine, eind 18<sup>e</sup> eeuw. De hoeveelheid methaan in de atmosfeer is sinds het pre-Antropoceen meer dan verdubbeld, en de concentratie van kooldioxide nam met meer dan 30% toe.

Naast de toename van de concentratie broeikasgassen methaan en kooldioxide, hebben menselijke activiteiten ook effecten die zich meer lokaal manifesteren.

*Figuur 1: Smog in Londen, december 1952. Rechts: De sterke correlatie tussen het aantal doden en de concentratie 'smoke' [2,3,4].*



Een belangrijk voorbeeld is de fameuze 'great smog' in het Londen van 1952 [2,3,4]. Smog is een samensmelting van "smoke" en "fog". Tijdens een langdurige koude en mistige periode in december 1952 stookten de meeste inwoners van Londen op kolen, een relatief vuile brandstof. Bij verbranding van kolen komt veel zwaveldioxide vrij. De combinatie van mist en de lokale vervuiling is desastreus voor de kwaliteit van de lucht, zoals blijkt uit de dramatische stijging van het aantal doden in deze eerste goedgedocumenteerde smogperiode.

De invloed van de mens op de atmosferische samenstelling staat centraal in deze rede. Het vakgebied van de atmosferische chemie houdt zich bezig met het begrijpen van de atmosferische samenstelling en veranderingen daarin. Daarbij speelt de relatie tussen menselijk handelen - bijvoorbeeld de uitstoot van vervuilende stoffen -

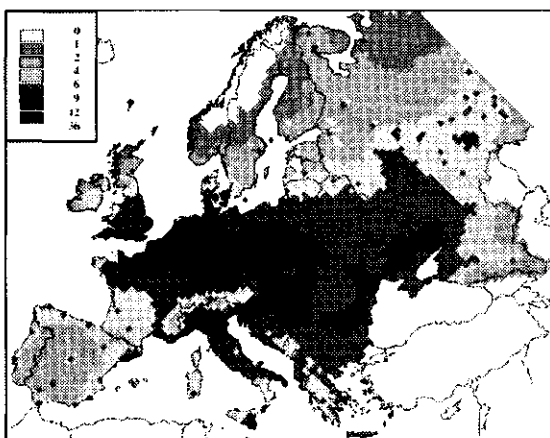
en het gevolg – bijvoorbeeld verslechtering van de luchtkwaliteit - een belangrijke rol.

Uit een aantal mogelijke onderwerpen voor deze rede heb ik gekozen voor de *fijnstof* problematiek in Nederland. Ik ga proberen een beeld te schetsen van de actuele stand van zaken. Overschrijding van de Europese luchtkwaliteitsnormen leidde in het recente verleden tot het stilleggen van bouwprojecten. Vragen die in deze rede aan de orde komen zijn: Hoe zijn de problemen met luchtkwaliteit opgelost? Wat is de specifieke rol van meten en modelleren van *fijnstof*? Ik zal bij dit alles een aantal kanttekeningen plaatsen. Tenslotte ga ik in op mijn plannen met het onderwijs en onderzoek op het gebied van luchtkwaliteit aan deze universiteit.

### **De *fijnstof* problematiek**

Het voorbeeld van de Londen smog is een dramatische illustratie van de *fijnstof* problematiek. Emissies van vervuilende stoffen leiden, in combinatie met een stabiele weersituatie met weinig menging, tot een ophoping van vervuiling in de onderste laag van de atmosfeer. Dit geeft gelijk een belangrijk raakvlak aan tussen de luchtkwaliteit en de meteorologie, het vakgebied van professor Holtslag [5]. Atmosferisch transport, of zoals hier de afwezigheid van transport, is een belangrijke factor bij luchtverontreiniging.

**Figuur 2:** verlies in levensverwachting (maanden) toegeschreven aan antropogeen fijnstof, berekend voor emissies in 2000 [6].

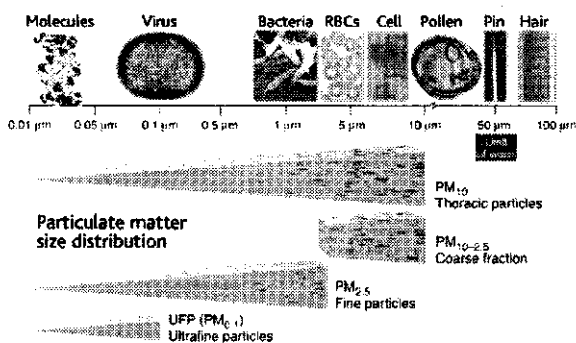


Recent heeft het Clean Air For Europe (CAFE) programma het aantal premature sterfgevallen als gevolg van de blootstelling aan antropogeen *fijnstof* geschat op 384 000 in Europa in het jaar 2000 [6]. Hier wordt de berekende gezondheidsschade als gevolg van  $PM_{2.5}$  getoond; later meer daarover. Zoals U kunt zien, situeren de CAFE studies de grootste gezondheidsschade in de Benelux, noord Italië, en delen van Polen en Hongarije. In deze gebieden kan het gemiddelde verlies in levensverwachting twee jaar bedragen.

Hoewel deze berekeningen erg onzeker zijn, geven ze duidelijk aan dat Nederland, met zijn grote bevolkingsdichtheid en industriële activiteit, een groot probleem heeft met *fijnstof*. Maar wat is nu precies *fijnstof* en hoe komt het in de atmosfeer?

## Wat is fijnstof?

Figuur 3: definitie van  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{0.1}$ . Ter vergelijking ook de grootte van enige(kleine) referentievoorwerpen [7].



*Fijnstof* is de verzamelnaam voor deeltjes die in de lucht zweven. In het Engels spreken we van Particulate Matter (PM), hetgeen het beste vertaald kan worden als gesuspendeerde deeltjes. Deze aërosol deeltjes zijn groter dan moleculen, hier helemaal links in de figuur [7]. De deeltjes zijn echter niet groot genoeg om door de zwaartekracht snel uit de atmosfeer verwijderd te worden, zoals een haar, helemaal rechts. Om u bij de les te houden gebruik ik de termen aërosol, *fijnstof* en deeltjes door elkaar heen, maar ik bedoel steeds hetzelfde.

Onderzoek heeft aangetoond dat blootstelling aan *fijnstof* in de buitenlucht is geassocieerd met een groot scala aan gezondheidseffecten, zowel op de korte als op de lange termijn. De gezondheidsschade uit zich onder andere in vervroegde sterfte, toename in ziekenhuisspoedopnames voor hartaandoeningen, luchtwegklachten en andere functiestoornissen.

De schadelijkheid van deeltjes hangt samen met de samenstelling en de grootte. De grootste deeltjes worden bij inademing verwijderd in neus en luchtpijp, terwijl kleine deeltjes diep in de longen kunnen doordringen. Wat betreft samenstelling zijn zeezout deeltjes waarschijnlijk veel onschadelijker dan roetdeeltjes. De Europese Unie heeft normen opgesteld waaraan buitenlucht moet voldoen. De aerosolsamenstelling speelt in deze normen geen rol. De normen worden getoetst aan de totale massa van het aerosol.

*Figuur 4: Aantal dagen met een daggemiddelde concentratie PM<sub>10</sub> groter dan 50 g/m<sup>3</sup> [8]. Data voor 2006 tot 26-12-2006, voor 2006 deels niet gevalideerd.*

nr	lokatie	2005	2006
290	Breda-Tilburgseweg	60	88
446	Den Haag-Veerklade	69	83
741	Nijmegen-Graafsseweg	79	83
236	Eindhoven-Genovevlei	89	76
448	Rotterdam-Bertinckplein	37	87
937	Groningen-Europaweg	48	65
297	Eindhoven-Noordbrabantlaan	72	62
537	Haarlem-Amsterdamsevaart	64	60
839	Utrecht-Erzelstraat	64	68
241	Breda-Baalenkanestraat	63	64
416	Rotterdam-Schiedamsveest	62	53
414	Den Haag-Beocquestraat	38	60
520	Amsterdam-Fiorapark	31	48
137	Heerlen-Deken Nicolayestraat	42	48
841	Breukelen-Snelweg	45	42
818	Barsbeek-De Vossen	41	40
636	Utrecht-de Jongweg	27	40
790	Wekenm-Bemterdijk	36	37
136	Heerlen-Looierstraat	37	38

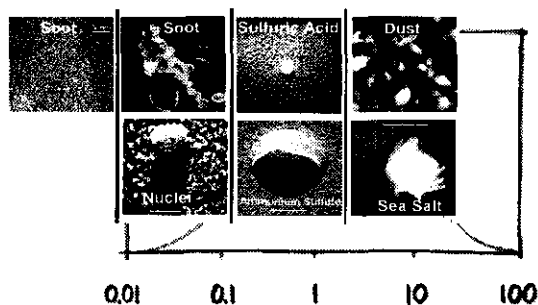
Voor de huidige wetgeving is PM<sub>10</sub> belangrijk. PM<sub>10</sub> refereert aan de massa per kubieke meter lucht van de deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micron (1 micron = 10<sup>-6</sup> m). Het is daarbij belangrijk te beseffen dat de grootste deeltjes verreweg het zwaarst zijn en daarbij het zwaarst tellen in de PM<sub>10</sub> norm. De Europese grenswaarde voor PM<sub>10</sub> schrijft voor dat de jaarlijks gemiddelde concentratie van PM<sub>10</sub> onder de

40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  moet blijven.

Bovendien mag de daggemiddelde concentratie niet meer dan 35 keer per jaar de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  overschrijden. Dit laatste is in Nederland op een groot aantal plaatsen een probleem zoals blijkt uit de afgebeelde tabel. De tabel toont het aantal overschrijdingen in 2005 en 2006 op de vuilste Nederlandse meetstations [8].

De plekken in Nederland waar de 35 dagen norm wordt overschreden liggen meestal langs drukke wegen en vaak in de stad. Dit geeft aan dat verkeer een belangrijke bron van *fijnstof* is.

Figuur 5: Verschillende vormen van aërosol in de atmosfeer. De as geeft de diameter van de deeltjes in m aan (bron, Frank Raes, JRC, Ispra).



Aërosol deeltjes komen ook voor in een natuurlijke atmosfeer. De interactie tussen wind en het zeeoppervlak leidt tot de emissie van zeezout deeltjes, rechts afgebeeld. Stof uit woestijnen, ook rechts, kan door een storm duizenden kilometers meegevoerd worden. Verder worden er ook deeltjes gevormd in de atmosfeer door de condensatie van gassen zoals zwavelzuur en niet-vluchtige organische verbindingen (midden). Deze gassen kunnen een natuurlijke oorsprong hebben, zoals emissies van vulkanen en vegetatie.



Her natuurlijke aërosolsysteem wordt echter verstoord door menselijke emissies van gassen en deeltjes. Bij het verstoffen van brandstoffen zoals kolen en olie komen de gassen zwavel-dioxide en stikstofoxiden vrij. In de landbouw komt door het gebruik van meststoffen ammoniak vrij. Deze gassen samen leiden tot de vorming van aërosol dat bestaat uit de inorganische zouten ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat. Bij met name dieselauto's en biomassaverbranding komt ook zwart koolstof (soot) vrij, hier links afgebeeld. Daarnaast zijn er emissies uit stallen, emissies als gevolg van slijtage van remmen, banden, en wegen, is er opwaaiend stof door zwaar verkeer, en stoken de burens regelmatig de vuurkorf.

Over het algemeen geldt dat de deeltjes die door menselijk handelen in de atmosfeer komen kleiner zijn dan natuurlijke deeltjes (zeezout en bodemstof, rechts). Bovendien is de relatie tussen gezondheidseffecten en aërosol concentraties sterker voor kleine deeltjes. De huidige Europese normstelling voor *fijnstof* is echter gebaseerd op  $PM_{10}$ . Natuurlijk zeezout en grof bodemstof dragen in belangrijke mate bij aan de grove aërosol fractie en dus aan  $PM_{10}$ . Logischerwijs worden daarom toekomstige Europese normen gebaseerd op  $PM_{2,5}$ : deeltjes met een diameter kleiner dan  $2.5 \mu m$ . Nederland heeft in oktober 2006, als enige land in de EU, tegen de nieuwe  $PM_{2,5}$  normen gestemd. De reden is de situatie in Nederland, waar het al moeilijk genoeg is aan de huidige Europese normen voor  $PM_{10}$  te voldoen.

### **De Nederlandse Situatie**

De Nederlandse implementatie van de Europese luchtkwaliteitsnormen heeft flink wat stof doen opwaaien. De luchtkwaliteitsnormen, met name die voor *fijnstof*, worden op veel plekken overschreden. Als gevolg hiervan heeft de Raad

van State veel plannen voor nieuwbouw van woningen, wegen en andere projecten naar de prullenbak verwezen. Nederland zat op slot.

De politiek reageerde. Op 24 oktober 2006 heeft de Tweede Kamer het wetsvoorstel voor de Wet Luchtkwaliteit goedgekeurd. Ik citeer nu twee zinnen uit de memorie van toelichting bij de wet [9]: De kern van het wetsvoorstel wordt gevormd door een programmatische aanpak om de grenswaarden zo snel als redelijkerwijs mogelijk is te halen en door de introductie van het begrip 'in betekenende mate'. (...) Projecten die niet 'in betekenende mate' bijdragen aan overschrijding van grenswaarden, kunnen zonder meer doorgang vinden. - einde citaat - .

Als de lucht er niet vuiler van wordt mag er dus weer gebouwd worden. Het astmafonds heeft ervoor gestreden om in ieder geval geen bejaardentehuizen en scholen nabij drukke verkeerswegen te gaan neerzetten.

Verder worden in het wetsvoorstel de huidige Europese normen ruimer geïnterpreteerd. Zeezout, dat waarschijnlijk nauwelijks bijdraagt aan gezondheidsschade, mag worden afgetrokken. Via zogenaamde 'saldering' kunnen projecten die de luchtkwaliteit lokaal verslechteren gecompenseerd worden door de luchtkwaliteit elders te verbeteren. Een concreet voorbeeld: Een rondweg verslechtert de luchtkwaliteit rond de weg zelf, maar zorgt voor een verbetering in de stads- of dorpskern die wordt ontlast.

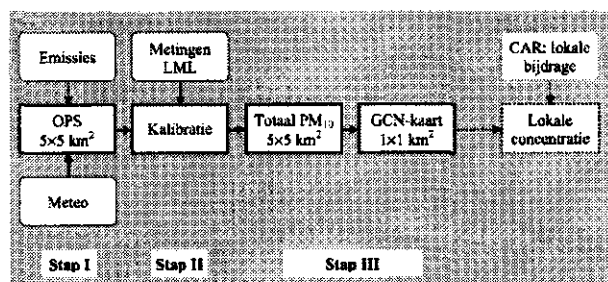
In de wet luchtkwaliteit spelen berekeningen van de luchtkwaliteit een belangrijke rol. Alle gemeenten met meer dan 100000 inwoners zijn verplicht elke 3 jaar de luchtkwaliteit via berekeningen vast te stellen en te rapporteren. Als de grenswaarden voor luchtkwaliteit volgens de berekeningen worden overschreden, moet een plan opgesteld worden

waarin concrete maatregelen worden voorgesteld om de overschrijding van een grenswaarde zo spoedig mogelijk te beëindigen of zoveel mogelijk te voorkomen.

Omdat berekeningen van luchtkwaliteit hierbij een belangrijke rol spelen, is het goed de rekenmethodiek nader te beschouwen.

### De rekenmethodiek

Figuur 6: Rekenmethodiek  $PM_{10}$  in Nederland [10].

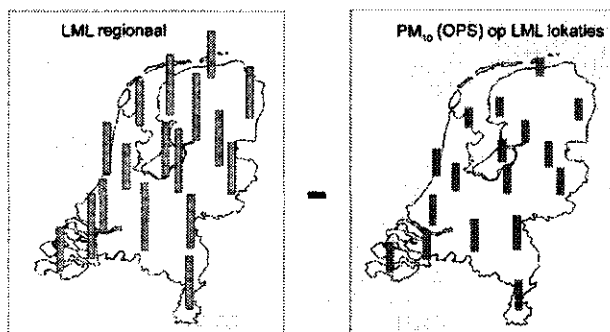


De basis voor de berekeningen die gemeenten moeten uitvoeren zijn de kaarten met generieke concentraties voor Nederland, de zogenaamde GCN kaarten [10,11]. Deze kaarten worden jaarlijks geproduceerd door het Milieu en Natuurplanbureau en worden gebruikt als invoer voor lokale luchtkwaliteitsberekeningen. Hoe worden deze GCN kaarten samengesteld?

In een eerste stap worden de jaargemiddelde concentraties voor het Nederlandse grondgebied berekend op basis van bekende Europese antropogene bronnen voor *fijnstof* en meteorologische gegevens.

Deze berekeningen vinden plaats met het Operationele Prioritaire Stoffen model (OPS). Dit model beschrijft de emissies, het transport, de chemische omzetting en depositie van stoffen die bijdragen aan fijnstof op een resolutie van  $5 \times 5 \text{ km}^2$  boven Nederland. Als we de gesimuleerde concentraties vergelijken met de gemeten concentraties, is er een belangrijk probleem:

Figuur 7: Links: gemeten  $PM_{10}$ , rechts, gemodelleerd  $PM_{10}$  [10].



De berekende concentraties (rechts) verklaren slechts grofweg de helft van de gemeten *fijnstof* concentraties (links). De andere helft wordt over het algemeen toegeschreven aan natuurlijke bijdragen, zoals zeezout en bodemstof, maar hard wetenschappelijk bewijs hiervoor is niet voorhanden. Deze niet-gemodelleerde bijdragen aan *fijnstof* wordt overige bronnen PM (OBP) genoemd. Deze bijdrage wordt niet gemodelleerd omdat de bronnen onzeker zijn, maar ook omdat de processen slecht bekend zijn. Denk hierbij maar aan het opwaaien van bodemstof door voorbijrazende auto's of vocht dat aan aërosol deeltjes gaat vastzitten.

Om toch tot een GCN kaart te komen die de gemeten concentraties weerspiegelt, wordt in een tweede stap een kalibratie uitgevoerd.

Figuur 8: Overzicht van Stappen 2 en 3 van de rekenmethodiek [10].



Hiertoe worden de OPS concentraties vergeleken met metingen op regionale achtergrondstations. Deze metingen worden door het RIVM uitgevoerd in het landelijk meernet luchtkwaliteit (LML) [12]. Het verschil tussen metingen en model, dat de OBP representeert, wordt vervolgens geïnterpoleerd.

In een derde stap (rechts) wordt deze OBP-kaart opgeteld bij de gemodelleerde  $PM_{10}$  kaart en vervolgens geïnterpoleerd naar een resolutie van 1x1 km. Het resultaat dat rechtsonder wordt getoond is de GCN-kaart voor het jaar 2005. Zoals u kunt zien is volgens deze kaart de jaarlijks gemiddelde *fijnstof* concentratie hoger in het zuiden van Nederland en rond grote steden.

In een laatste stap wordt door de gemeenten zelf de lokale bijdrage berekend. De resolutie van het OPS-model is

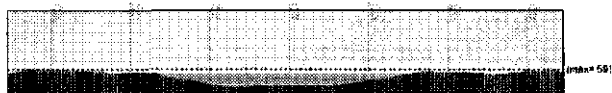
ontoereikend voor de fijne schaal. De lokale bijdrage van bijvoorbeeld een verkeersweg wordt berekend met speciale modellen, zoals het CAR-model. Invoer voor deze modellen bestaat uit het lokale verkeersaanbod en andere gegevens die betrekking hebben op de lokale situatie.

U zult het met me eens zijn dat deze procedure wordt gekenmerkt door vele interpolatiestappen en andere onzekerheden. Vele aannames zijn nodig om te komen tot een werkvorm die door regionale overheden kan worden gehanteerd.

Een eerste vraag is wat nu precies de overige bronnen van *fijnstof* (OBP) zijn? Als zeezout een belangrijke bijdrage zou leveren aan dit OBP, dan verwacht je veel OBP aan de kust. De getoonde verdeling van OBP over Nederland toont echter geen duidelijke relatie met zeezout of met andere niet gemodelleerde bronnen van *fijnstof* die een verklaring zouden kunnen vormen. Onzekerheid in de metingen zou wel een verklaring kunnen zijn. Immers, door de kalibratiestap zijn metingen van *fijnstof* een onderdeel geworden van de rekenmethodiek.

Figuur 9: Uurlijkse *fijnstof* concentraties gedurende de kerstdagen van 2006 op meetlocatie 639 (Utrecht Erzeijstraat). Bron: <http://www.lmi.rivm.nl>.

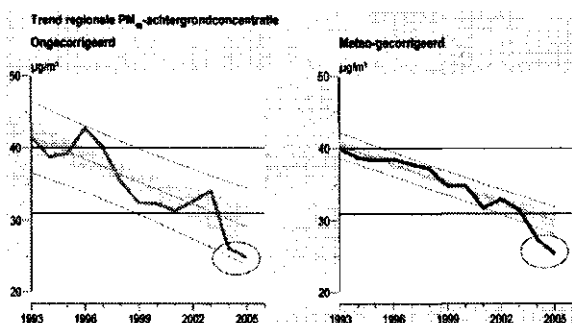
Fijn Stof



Het meten van *fijnstof* is zeer lastig. Het RIVM meet elk uur  $PM_{10}$  met automatische monitoren. Hiermee voldoet het RIVM aan de wettelijke taak de bevolking tijdig te informeren op het gebied van luchtkwaliteit. Dit figuur bij-

voorbeeld toont metingen van *fijnstof* rond de kerstdagen in een drukke Utrechtse straat. De tijdelijke verbetering van de luchtkwaliteit gedurende de kerstdagen is ongetwijfeld te danken aan het inzakken van het verkeersaanbod.

Figuur 10: Jaarlijks gemiddelde  $PM_{10}$  op Nederlandse achtergrondlocaties. Rechts: gecorrigeerd voor variabele meteorologie [10].



Als we een langere meetreeks beschouwen is duidelijk te zien dat de luchtkwaliteit sinds 1993 sterk is verbeterd. Dit komt door emissiereducties van onder andere verkeer. Het figuur links toont de jaarlijks gemiddelde *fijnstof* concentraties op regionale achtergrondstations van het meetnetwerk. In het figuur rechts is een correctie voor meteorologie uitgevoerd. Deze correctie is belangrijk omdat in bepaalde jaren, zoals in 2003 en 1996, de *fijnstof* concentraties aanzienlijk hoger liggen door stagnerende meteorologische omstandigheden. Mooi weer betekent immers vaak slechte lucht.

Aan het figuur rechts is ook duidelijk te zien dat de lucht sinds 2003 plotseling een stuk schoner lijkt te zijn. Ik zeg hier met opzet *lijkt*, omdat ook hier de onzekerheid in metingen een belangrijke rol speelt.

Een belangrijk probleem bij het meten van *fijnstof* is de aanwezigheid van water en vluchtige bestanddelen, zoals ammoniumnitraat. Hiervan verdamppt een groot deel bij voorverwarming van het luchtmonster in de automatische meetapparatuur. Een correctiefactor van 1.3 wordt gebruikt om de metingen voor verdamping van *fijnstof* te corrigeren.

Het meetnetwerk wordt regelmatig uitgebreid en gemoderniseerd. Zo is eind 2003 de voorverwarmingsinstelling bij een nieuw type meetinstrument gewijzigd. De verandering in de voorverwarming leidt waarschijnlijk tot een grotere verdamping van vluchtige *fijnstof* bestanddelen. Dit is een waarschijnlijke verklaring voor de waargenomen verlaging sinds 2003.

De significante trendbreuk sinds 2003 heeft belangrijke consequenties. Zoals uitgelegd werken deze metingen door in de GCN kaarten die de basis vormen voor de wettelijk verplichte rapportage en toekomstverkenningen. De gevolgen zijn duidelijk: een groot aantal knelpunten is door een meeraanpassing opgelost.

Samenvattend blijken er grote onzekerheden te bestaan in het meten en modelleren van de *fijnstof* concentratie boven Nederland. Het reduceren van deze onzekerheden is wenselijk omdat *fijnstof* schadelijk is voor de gezondheid en de beleidsconsequenties aanzienlijk zijn.

De reactie van de politiek op de *fijnstof* problematiek heeft iets van "Help, de normen worden overschreden en dit dreigt economische ontwikkelingen te remmen". Een belangrijke doelstelling van de Wet Luchtqualiteit is het stopzetten van bouwprojecten stop te zetten. Feit is dat zowel de



gezondheidsschade, de metingen en de modellen onzeker zijn. En Nederland op slot gooien terwijl de onzekerheden zo groot zijn gaat veel beleidsmakers te ver.

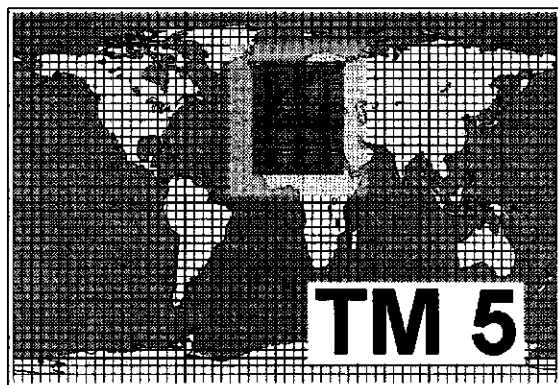
Gezondheidswetenschappers constateren terecht dat de normen worden opgerekt zonder dat de lucht op knelpunten in Nederland in een zelfde tempo verbetert.

Als wetenschapper op het gebied van luchtkwaliteit en atmosferische chemie signaleer ik een groot aantal uitdagingen. Vandaar ook de titel van deze rede: "Fijn, stof tot nadenken".

### **De leeropdracht**

Mijn taak aan de Universiteit bestaat voor een belangrijk deel uit onderwijs. Voor studenten is het doorgronden van de *fijnstof* problematiek een interessant voorbeeld, met wetenschappelijke en bestuurlijke raakvlakken. Veel andere milieuproblemen zijn ook gerelateerd aan de samenstelling van onze atmosfeer. Voorbeelden zijn het broeikaseffect en het gat in de ozonlaag. Tijdens de studie milieukunde of 'bodem water atmosfeer' worden de wetenschappelijke achtergronden van deze milieuproblemen behandeld, maar wordt er ook gediscussieerd. Maar al te vaak hoor ik halve waarheden aan de borreltafel, waar deze milieuproblemen vaak aan de orde komen.

Figuur 11: TM5 model, met zoom over Europa [13,14].



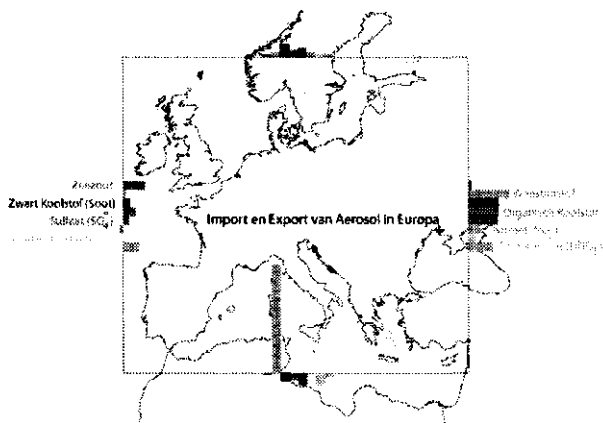
Terug naar *fijnstof*. Op dit gebied zijn er een groot aantal wetenschappelijke vragen. De grootste onzekerheden bij het modeleren liggen bij zeezout, grof bodemstof en de bijdragen door lange afstandstransport aan *fijnstof* in Nederland. Gezien mijn achtergrond op het gebied van het modeleren van de atmosferische samenstelling ligt het voor de hand mijn wetenschappelijke werk in Wageningen te richten op het modeleren van *fijnstof*.

Het is duidelijk dat het goed modeleren van *fijnstof* geen makkelijke taak is. Niet alleen zijn veel processen slecht begrepen, maar ook de invoergegevens, zoals emissies, zijn vaak slecht bekend. Bovendien is het modeleren een probleem dat speelt op vele ruimtelijke schalen, van de mondiale schaal tot op straatniveau.

Een aantal jaar geleden ben ik, samen met een aantal andere wetenschappers, begonnen met de ontwikkeling van een mondiaal chemie transport model TM5, dat de moge-

lijkheid biedt om 'in te zoomen' [13,14]. Bepaalde regio's worden dan op een hogere resolutie gesimuleerd. Intussen zijn we in staat met dit model simulaties uit te voeren van de mondiale aerosolsamenstelling.

*Figuur 12: Import en Export van verschillende aerosol-componenten voor Europa. Import bestaat voornamelijk uit zeezout en woestijnstof. Export is voornamelijk antropogeen aerosol [15].*



In het Europese onderzoeksproject PHOENICS [15] is bijvoorbeeld het Europese aerosolbudget geanalyseerd. Daarbij is de Europese import van zeezout en woestijnstof gekwantificeerd, alsmede de export van antropogeen aerosol. De fijnste resolutie van dit model is nog lang niet toereikend om voor Nederland hoge resolutie simulaties uit te voeren. Bovendien vergt het realistisch modelleren van de aerosolsamenstelling veel reken capaciteit. De vorming, emissie, en interacties tussen de verschillende aerosoldeeltjes moet immers berekend worden. Met de technische details hiervan zal ik u niet vermoeien.

Om de stap naar de Nederlandse schaal te maken, is de samenwerking met TNO gezocht, die het regionale LOTOS/EUROS model gebruiken voor de berekening van luchtkwaliteit. Door de numerieke beschrijving van de twee modellen (TM5 en LOTOS/EUROS) te harmoniseren en te koppelen, hopen we over een aantal jaar simulaties van de aërosolsamenstelling boven Nederland uit te kunnen voeren en zo de onzekerheden omtrent modelleren van *fijnstof* te reduceren. Het is goed om hierbij op te merken dat de nadruk bij de universiteit zal liggen op kennisontwikkeling op het gebied van *fijnstof* modelleren.

Voor dat ik afsluit, nog een aantal korte opmerkingen.

Nederland en Europa werken hard om de lucht schoner te krijgen. Eerder toonde ik dat de Nederlandse luchtkwaliteit sinds 1993 sterk verbeterd is. Toch blijven er nog knelpunten, met name in steden langs drukke wegen. Daarnaast stelt de WHO hoge eisen aan schone lucht, omdat *fijnstof* ook in lage concentraties schadelijk is [16]. Het verbeteren van de luchtkwaliteit op de knelpunten vergt schonere auto's en, minstens zo belangrijk, een rem op de groei van het verkeer. Het is onjuist de schuld voor de knelpunten bij onze buurlanden te leggen. Nederland is nu eenmaal zeer dicht bevolkt met een enorme verkeersdichtheid.

Tabel 1: Hoeveelheid CO<sub>2</sub> uitstoot (in kg) per 2000\$ bruto nationaal product in het jaar 2004 [17].

Japan	Nederland	USA	China
0.25	0.47	0.54	2.5

Als we luchtkwaliteit in Nederland afzetten tegen de luchtkwaliteit in een aantal ontwikkelende landen, zoals China,

moeten we constateren dat de situatie daar vele malen slechter is. Door vervuilende industrieën naar lage loonlanden te verplaatsen exporteren we ook ons luchtkwaliteitsprobleem. In ruil daarvoor importeren we daar geproduceerde producten zoals hardloopschoenen en iPods.

De getoonde tabel is illustratief [17]. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> uitstoot per dollar bruto nationaal product is in China 10 keer groter dan in Japan. Dit toont aan dat China energie-intensieve productie kent. Helaas heeft China niet structureel gekozen voor schone technologie. Europa heeft wat dat betreft geleerd van zure regen en gifschandalen.

Het schoner worden van de Europese lucht en het vuiler worden van de lucht in lage lonen landen kunnen niet los van elkaar gezien worden. Het bestrijden van milieuschade in zich ontwikkelende landen verdient een veel hogere plaats op de politieke agenda.

## Dankwoord

Dames en heren, aan het slot nog een dankwoord.

Het is een eer en een genoegen hier te mogen staan. Een aantal personen heeft hieraan in betekenende mate bijgedragen. Allereerst de persoon die me heeft geïntroduceerd in het vakgebied van de atmosferische chemie: Peter Bultjes. Ik hoop ook in de toekomst nog veel met je samen te werken. In de 15 jaar die ik nu werkzaam ben binnen dit vakgebied heb ik veel mensen ontmoet, en aan veel onderwerpen mogen werken. Op het IMAU in Utrecht kreeg ik veel vrijheid mijn eigen onderzoekslijn uit te zetten. Jordi Vila introduceerde me in de "intensity of segregation", Henk Dijkstra in de bifurcatieanalyse, en Han van Dop in de turbulentie. Ik kreeg de gelegenheid om met deze ingrediënten een eigen onderzoekscocktail te brouwen en me te ontwikkelen tot een specialist op het gebied van het modelleren van de atmosferische samenstelling. Ook de andere collega's van het IMAU wil ik bedanken voor de prettige wetenschappelijk atmosfeer in Utrecht. De nieuwe atmosferische chemie groep van Thomas Röckmann vormt weer een nieuwe bron van inspiratie. Een belangrijke rol speelde Jos Lelieveld, die eind jaren '90 met zijn groep vanuit Wageningen naar Utrecht kwam. Nu bewandel ik, weliswaar in deeltijd, de omgekeerde weg. Met name Frank Dentener uit die groep ben ik veel dank verschuldigd voor zijn stimulerende houding en grote overzicht van het vakgebied. Hij bood me ook de mogelijkheid een jaar in Italië te komen werken en me daar verder te verdiepen in het aerosol modelleren.

Naast mijn deeltijdfunctie in Wageningen ben ik de andere dagen werkzaam in Utrecht bij de SRON (Nederlands Instituut voor Ruimteonderzoek). Het waarnemen van de atmosferische samenstelling vanuit de ruimte heeft zeker een

toekomst. Regelmatig krijgt dit onderzoek dan ook media-  
attentie, ook op het gebied van satellietmetingen van lucht-  
kwaliteit. Het kwantitatief gebruik van satellietmetingen  
staat echter nog in de kinderschoenen en ik hoop bij SRON  
en in Wageningen aan dit onderwerp te blijven werken. De  
steun hiervoor vanuit SRON, met name van Ilse Aben en  
Sander Houweling, waardeer ik zeer.

Het is gezien de tijd niet mogelijk om alle collega's van  
SRON, IMAU, KNMI, TNO, MNP, ECN, en RIVM per-  
soonlijk te bedanken. Ik hoop in de toekomst in de vele sa-  
menwerkingsverbanden actief te kunnen blijven. Wel wil ik  
Jan Matthijsen persoonlijk noemen, die mij met zijn kennis  
over *fijnstof* in Nederland heeft geïnspireerd dit onderwerp  
voor mijn rede te kiezen.

Met mijn hoogleraarschap in Wageningen zijn drukke tij-  
den aangebroken. Ik wil de leerstoelgroep meteorologie en  
luchtkwaliteit bedanken voor het warme welkom dat ze me  
gegeven hebben. Zaak is nu een roefilter onder het busje  
met opschrift "meteorologie en luchtkwaliteit" geplaatst te  
krijgen, hetgeen niet mee blijkt te vallen.

Sjaak Slanina, van wie ik het stokje overnam, is, zeker wat  
redenaarskunst betreft, een prima voorbeeld. Ik waardeer ook  
de inzet van de Wageningse studenten, waardoor het leuk is  
om uitdagend onderwijsmateriaal te blijven ontwikkelen.

Ten slotte mijn familie. Mijn ouders wil ik bedanken voor  
alle mogelijkheden tot ontwikkeling die ze gaven. Ik vind  
het geweldig dat mijn vader hier aanwezig is. Pa, je bent  
altijd een grote steun geweest. Mijn moeder, die helaas te  
vroeg is overleden, zou ook zeker van dit moment genoten  
hebben.

En helemaal aan het eind, Martijn en Loeke. Jullie steun zou ik nooit willen missen. Al was het maar om de zaken op het werk met veel humor te relativeren. Jacqueline, jouw steun is zeker onmisbaar. Mijn waardering en liefde voor jou wordt lang niet vaak genoeg onder woorden gebracht. Dank je dat ik mijn leven met jou mag delen.

Geachte aanwezigen, Ik dank u voor uw aandacht

Ik heb gezegd



## Referenties en Bronnen:

- [1]. Crutzen, P. J., and E. F. Stoermer, The "Anthropocene". *Global Change Newsletter*. 41: 12-13, 2000.
- [2]. <http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session4/27/greatsmog52.htm>.
- [3]. Ministry of Health. Mortality and morbidity of the London fog of December 1952. Reports on Public Health and Medical Subjects, No. 95 London: HMSO, 1954.
- [4]. Wilkins ET. Air pollution and the London fog of December 1952. *Journal of the Royal Sanitary Institute* 1954;74:1-21.
- [5]. Inaugurele Rede Prof. A.A.M. Holtslag, uitgeproken op 18 januari 2007 in de Aula van Wageningen Universiteit.
- [6]. [http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/pdf/ia\\_report\\_en050921\\_final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/pdf/ia_report_en050921_final.pdf).
- [7]. Kaiser, J., Mounting evidence indicts fine-particle pollution, *Science*, 307, 1858-1861, 2005.
- [8]. <http://www.lml.rivm.nl/data/overschrijding/overschrijdingpm10.html>.
- [9]. <http://www.vrom.nl/luchtkwaliteit/> (a.o. wetsvoorstel Luchtkwaliteit met memorie van toelichting).
- [10]. PM10 in Nederland, Rekenmethodiek, concentraties en onzekerheden, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500093005, 2006.
- [11]. Fijn stof nader bekeken, de stand van zaken in het dossier fijn stof, Milieu- en Natuurplanbureau Rapport 500037008, ISBN 90-6960-124-9, 2005.
- [12]. <http://www.lml.rivm.nl/data/smog/index.html>.
- [13]. Krol, M., S. Houweling, B. Bregman, M. van den Broek, A. Segers, P. van Velthoven, W. Peters, F. Dentener, and P. Bergamaschi, The two-way nested global chemistry-transport zoom model TM5: algorithm and applications, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 5, 417-432, 2005.
- [14]. <http://www.phys.uu.nl/~tm5/>
- [15]. <http://phoenics.chemistry.uoc.gr/>.

- [16]. WHO air quality guidelines global update 2005, Meeting Report E87950, Bonn, Germany, 18-20 October 2005, [http://www.euro.who.int/air/activities/20050624\\_2](http://www.euro.who.int/air/activities/20050624_2).
- [17]. Key World Energy Statistics 2006, International Energy Agency.

### **Additionele informatie**

The European Environment, State and Outlook, publication of the European Environmental agency, November 2005, <http://www.infomil.nl>.

### **afkortingen**

CAR	calculation of air pollution from road traffic
GCN	generieke concentraties voor Nederland
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis (Laxenburg, Oostenrijk)
MNP	milieu en natuurplanbureau
OBP	overige bronnen PM
OPS	Operationele Prioritaire Stoffen
PHOENICS	Particles of Human Origin Extinguish Natural solar Irradiance in the Climate System ( <a href="http://phoenics.chemistry.uoc.gr/">http://phoenics.chemistry.uoc.gr/</a> )
PM	particulate matter
PM <sub>10</sub>	PM mass of particles with a diameter smaller than 10 $\mu\text{m}$
PM <sub>2,5</sub>	PM mass of particles with a diameter smaller than 2.5 $\mu\text{m}$