

*Risico is slechts meetbaar voor statistische fijnproevers*

# *Waar liggen de fijnstofdoden?*

Jaarlijks vallen in Nederland duizenden doden door fijnstof, becijferde het RIVM. Moeten we dus dankbaar zijn voor de strenge Europese normen op dat gebied? Toxicologen vinden in proefdieren en vrijwilligers niet of nauwelijks effecten, zelfs bij veel hogere concentraties. Niemand kan één concreet fijnstofslachtoffer aanwijzen. Het flinterdunne bewijs dat fijnstof fataal kan zijn, berust op het vergelijken van sterftcijfers in 'vieze' en 'schone' steden.

Marcel Crok

Vraag: door welke oorzaak vallen er 18.000 doden per jaar in Nederland? A) aids B) roken C) fijnstof. Het goede antwoord luidt C, fijnstof. Tenminste, als we een recent rapport van het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) moeten geloven.

Eigenlijk moeten er nog meer fijnstofslachtoffers vallen, want het rapport spreekt van 1200 tot 2200 mensen die ten onder gaan aan de korte-termijneffecten (dagen tot maanden na een fijnstofpiek) en van lange-termijneffecten waaraan jaarlijks tussen de 12.000 en 24.000 (beste schatting 18.000) mensen tien jaar te vroeg overlijden. Voor België komt men uit op zo'n 13.000 doden.

Jaarlijks sterven rond de 140.000 mensen in Nederland. Het RIVM suggereert dus dat één op de acht sterfgevallen in ons land te wijten is aan fijnstof. Hoe kan het, dat niet half Nederland met een mondkapje over straat gaat? Als ik drs Anne Knol, een van de twee auteurs van het rapport, telefonisch naar de berekening vraag flapt ze er spontaan uit: "Daar zit een moeras van aannamen achter." Die opmerking trekt ze daarna weer in, "want dat zou namelijk de indruk wekken dat je erin kunt wegzinken", aldus Knol, en dat is volgens haar niet het geval.

Knol staat nog steeds achter het rapport, maar erkent wel dat er grote onzekerheden zijn. "De getallen hebben een grote aantrekkingskracht op de media, maar worden meestal zonder vermelding van de onzekerheden gepresenteerd. Wij hebben in het rapport fijnstof vergeleken met andere milieufactoren, zoals ozon of de luchtvochtigheid in huis."

Knols collega ir Paul Fischer, epidemioloog, legt me later telefonisch uit dat er twee Amerikaanse epidemiologische studies uit de jaren tachtig en negentig aan de berekening ten grondslag liggen, de Harvard Six Cities-studie (HCS) en de American Cancer Society-studie (ACS). "Bij de HSC-studie is gekeken naar de verschillen in sterfte en fijnstof tussen zes Amerikaanse steden, bij de ACS-studie gaat het om maar liefst 151 steden. Je vergelijkt sterfte in schone steden met die in vervuilde steden en berekent daaruit het relatieve risico om te overlijden aan fijnstof. Natuurlijk hadden we liever de beschikking gehad over een Europese studie. We weten niet of de fijnstof-samenstelling in de VS hetzelfde is als in Europa, we weten niet of we Amerikanen goed kunnen vergelijken met Europeanen, of het zorgsysteem in de VS vergelijkbaar is met dat in

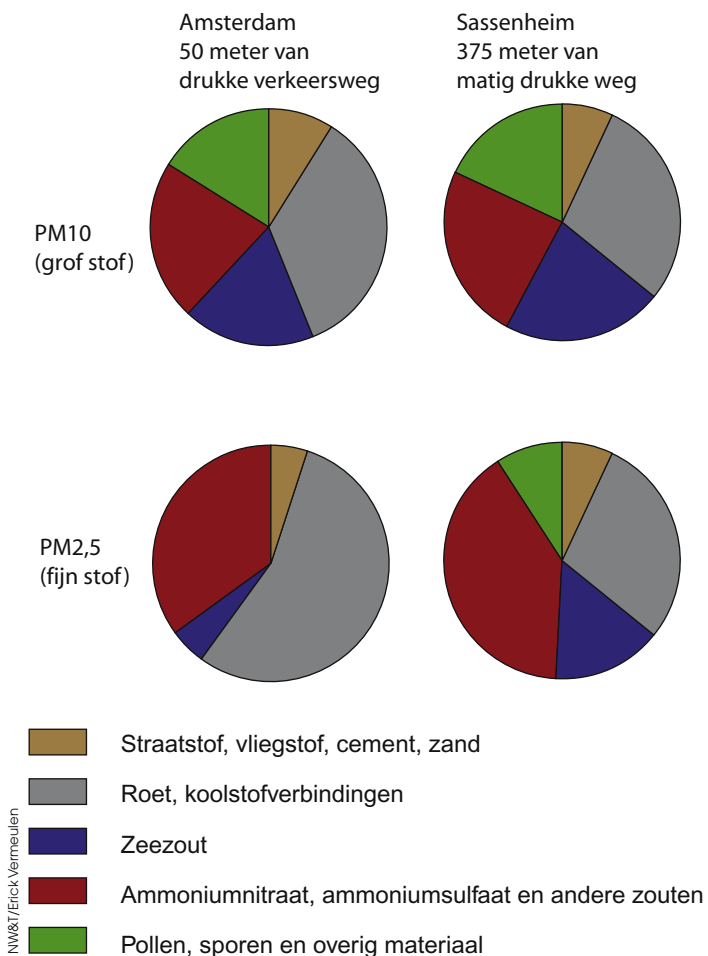
Europa en wat bijvoorbeeld het effect is van airconditioning, dat in Amerika al veel meer ingeburgerd is dan in Europa."

De gevonden verschillen in sterfte kunnen via een model worden omgerekend naar het aantal verloren levensjaren per miljoen inwoners (Daly's, *Disability Adjusted Life Years*). Toegepast op Nederland veroorzaakt fijnstof volgens deze twee Amerikaanse studies 180.000 Daly's per jaar. Maar hoe komt Knol dan aan 18.000 fijnstofslachtoffers die gemiddeld tien jaar levensduur kwijtraken? Knol: "Dat hebben we niet berekend, die tien jaar hebben we er zelf als aanname ingestopt." Daarmee volgt het RIVM een WHO-rapport over aan luchtverontreiniging gerelateerde kwalen, waarin dit als een niet-onderbouwde schatting opduikt. Fischer: "Vanwege die aannamen en onzekerheden hebben wij het ook niet over 18.000 doden maar over 12.000 tot 24.000 doden."

Er zijn ook deskundigen die het fundamenteel oneens zijn met reken-exercities zoals uitgevoerd door het RIVM. Dr. Jaap Hanekamp, van de 'milieukritische' denktank Heidelberg Appeal Nederland (stichting HAN): "Er is in Nederland een consensus over het gevaar van fijnstof in elkaar geknutseld." Ook Suresh Moolgavkar, als epidemioloog verbonden aan het Fred Hutchinson Cancer Research Center in Seattle, gelooft er niets van: "De epidemiologische verbanden bij fijnstof zijn zo gering dat het totaal onzinnig is om er aantallen doden uit af te leiden," laat hij telefonisch weten.

"Moolgavkar wordt betaald door de industrie om onzekerheid te genereren", countert epidemioloog dr Gerard Hoek, die zelf recent een opdracht deed voor het Astmafonds. Hij werkt bij het Institute for Risk Assessment Sciences (Iras) aan de Universiteit Utrecht. "Die methode past de industrie veel toe in Amerika", aldus Hoek. Moolgavkar erkent dat hij studies verricht in opdracht van de industrie, maar hij publiceert zijn werk in de *peer reviewed* literatuur. "Ze moeten mij op wetenschappelijke gronden aanvallen, niet op de herkomst van mijn fondsen", reageert Moolgavkar.

Dat de industrie belangen heeft is duidelijk. Maatregelen om fijnstof-concentraties verder naar beneden te brengen kosten veel geld. Daar tegenover staan de belangen van politici en beleidsmakers. De 18.000 doden werden prominent in de publiciteit gebracht door het Milieu en Natuur Planbureau (MNP), de beleidsafdeling van het RIVM. Fijnstof op de poli-



#### PM10

Dit ontstaat vooral door mechanische processen (schuren, wrijving, erosie), verbranding van kolen en olie en door opwaaien van bodemstof. Het bevat vliegafval, metaaloxiden van silicium, aluminium, titaan en ijzer, pollen en schimmelsporen. Grotendeels onoplosbaar. Levensduur: minuten tot uren, migratie: hooguit enkele tientallen kilometers.

#### PM2,5

Dit ontstaat met name door chemische reacties, condensatie, verdamping van druppels waarin gassen zijn opgelost en hebben gereageerd. Kenmerkend voor verbrandingsprocessen bij hoge temperatuur. Bevat sulfaat, nitraat, ammonium, elementair koolstof, organische verbindingen en metalen. Grotendeels oplosbaar. Levensduur: tot enkele weken, kan duizenden kilometers afleggen.

**Cocktail** Fijnstof is een steeds wisselend mengsel van honderden verschillende stoffen en soorten deeltjes.

tieke agenda krijgen en druk uitoefenen voor een verdere aanscherping van de normen, zou zonder een aansprekend aantal doden niet lukken.

**Korenwolf** Dat fijnstof sinds 1 januari 2005 ineens op de agenda staat in Nederland, komt overigens vooral doordat de Europese norm toen van kracht werd en allerlei bouwprojecten zijn stilgelegd. De Raad van State bleek de norm streng toe te passen, wat wil zeggen dat in gebieden waar de norm wordt overschreden gewoon niet meer gebouwd mag worden. “Fijnstof is de korenwolf van 2005”, zegt toxicoloog dr. Flemming Cassee van het RIVM dan ook, verwijzend naar de hamster die enige jaren geleden de bouw van een industrieterrein in Limburg wist tegen te houden.

“Nederland is het enige land in Europa waar de normen zo strikt zijn gekoppeld aan bouwactiviteiten”, aldus Cassee. “In Engeland en Duitsland geldt: als je aantoonbaar dat op termijn de fijnstof-concentratie in het bouwgebied omlaag gaat, mag je toch bouwen. In Nederland is de Raad van State ongevoelig voor dat argument.”

Fijnstof is een verzamelnaam voor een cocktail van honderden soorten deeltjes. De samenstelling varieert van stad tot stad, van land tot land en van dag tot dag. Een groot deel van het fijnstof bestaat trouwens uit zeezout, zand en pollen.

Ook de normen staan niet vast. In Europa richt de norm zich op deeltjes (*particulate matter*) kleiner dan tien micrometers,  $PM_{10}$ . De Verenigde Staten hebben daarnaast een tweede norm, voor deeltjes kleiner dan 2,5 micrometers,  $PM_{2,5}$ . Als vuistregel

geldt dat ongeveer zeventig procent van de  $PM_{10}$ -fractie bestaat uit  $PM_{2,5}$ . Soms wordt ook de  $PM_{0,1}$ -fractie nog onderscheiden.

De Europese norm voor  $PM_{10}$  is tweeledig: een jaargemiddelde aan fijnstof onder de veertig microgram per kubieke meter lucht, en een dagnorm van vijftig microgram per kubieke meter die niet meer dan 35 keer per jaar overschreden mag worden. Cassee: “We voldoen in Nederland aan de jaarnorm, met uitzondering van enkele plaatsen in Amsterdam en Rotterdam. De dagnorm wordt echter op vele plekken overschreden. Wij zagen dat al jaren geleden aankomen. We hebben berekend dat het jaargemiddelde rond de 31 microgram per kubieke meter moet liggen wil je aan de daglimiet kunnen voldoen. Momenteel zitten we echter op zo’n 34 microgram per kubieke meter en het ziet er niet naar uit dat 31 microgram op korte termijn haalbaar is.”

De dag- en jaarnormen zijn dus feitelijk niet met elkaar in overeenstemming. Bovendien hebben we op het merendeel van de variatie in fijnstof geen invloed.  $PM_{10}$  regent bijvoorbeeld heel snel uit. Cassee: “Ongeveer 85 procent van de variatie in fijnstof is toe te schrijven aan het weer. Slechts de resterende 15 procent kunnen we beïnvloeden.”

Wetenschappelijke artikelen over de gezondheidseffecten van fijnstof beginnen vaak met een verwijzing naar ernstige gevallen van luchtverontreiniging uit het verleden, zoals de smogperiode in Londen in december 1952. Het aantal sterfgevallen steeg van 2050 tot 4700 per week en het duurde weken voordat de sterfte weer terug was op het normale peil. Oudere Belgen herinneren zich wellicht nog de smog rond Luik van

# “Er is in Nederland een consensus in elkaar geknutseld”

december 1930, toen door dikke mist de luchtverontreiniging van de Luikse zware industrie bleef hangen in de Maasvallei. Zeker zestig mensen, voornamelijk ouderen en zwakkeren, stierven in de dagen erna.

Bij deze extreme episoden ging het om schadelijke stoffen als roet en zwaveldioxide, in concentraties die honderden malen hoger lagen dan nu – milligrammen per kubieke meter. Sinds de jaren vijftig is de lucht in Europa drastisch opgeklaard. Cassee: “De industrie stoot minder uit en per kilometer zijn voertuigen sinds de jaren zeventig honderd keer schoner geworden. Het aantal auto’s is weliswaar toegenomen, maar toch nam de totale emissie af.”

Ook voor fijnstof – dat pas vanaf begin jaren negentig systematisch gemeten wordt in Nederland – geldt een dalende trend. De afgelopen tien jaar is de concentratie met 25 procent gedaald. De vraag die zich anno 2005 daarom voordoet: zijn de huidige concentraties aan fijnstof – boven dan wel onder de norm – echt gevaarlijk?

Er zijn twee ingangen om dit vraagstuk op te lossen, de epidemiologie en de toxicologie. Epidemiologen zoeken met grootschalig bevolkingsonderzoek naar verbanden tussen fijnstofconcentraties en ziekte of sterfte. De aandacht richt zich vooral op hart- en longaandoeningen.

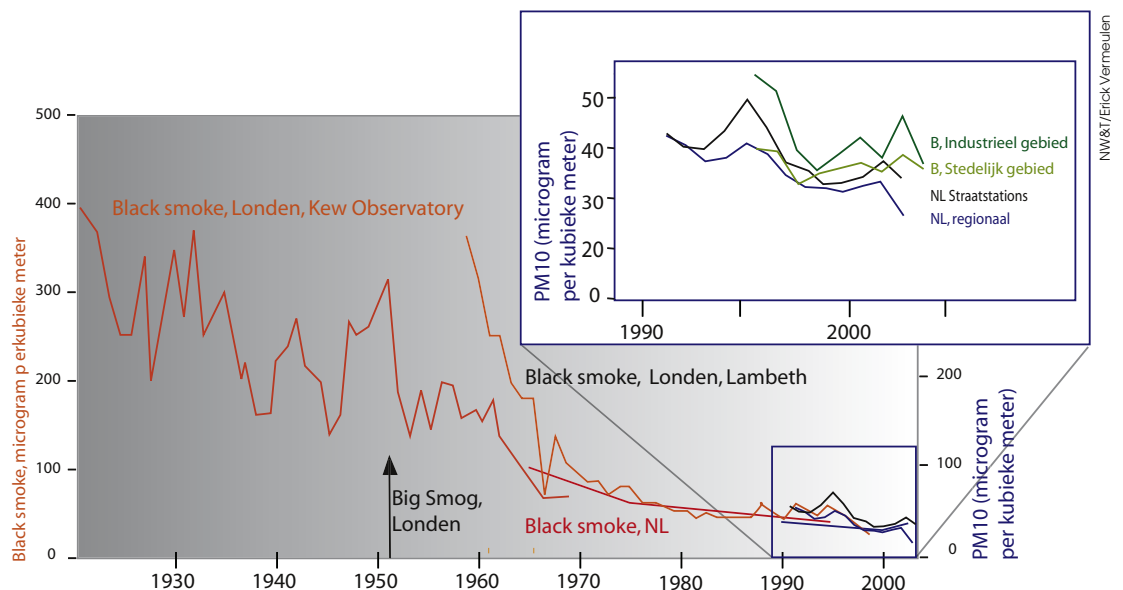
Toxicologen zoeken in het lichaam zelf naar de route die fijnstofdeeltjes afleggen naar de longen en de bloedbaan en de schade die dat zou kunnen aanrichten.

Je zou verwachten dat beide vakgebieden – epidemiologie en toxicologie – even zwaar meetellen in de discussie rondom fijnstof. Toxicoloog Cassee: “Bij het vaststellen van de

normen voor fijnstof telt de epidemiologie het zwaarst. Het voordeel van de epidemiologie is dat je onderzoek doet bij grote aantallen mensen. In de toxicologie zijn we afhankelijk van proefdieren en menselijke vrijwilligers. Dergelijke experimenten zijn extreem duur en dus werken we met veel kleinere aantallen. Het is aan ons, toxicologen, om de nadelige effecten van fijnstof die epidemiologen vinden te weerleggen. Wij kunnen de effecten die epidemiologen vinden niet reproduceren, maar bewijzen dat fijnstof onschadelijk is, is ook niet eenvoudig.”

De afgelopen decennia zijn enkele honderden epidemiologische studies naar fijnstof uitgevoerd, vooral naar de kortetermijn-effecten. Meestal wordt voor een stad waarvan gegevens uit het verleden beschikbaar zijn, het verband tussen de concentratie fijnstof en de sterfte bekeken, en dan met name of er verbanden zijn tussen fijnstofpieken en sterftepieken binnen 24 of 48 uur. Het overgrote deel van dergelijke studies komt tot de conclusie dat zo’n verband er inderdaad is. Hoek: “Het relatieve risico is klein, in de orde van 1,005.” Een relatief risico van 1 houdt in dat er geen effect gevonden is. Bij roken worden relatieve risico’s op longkanker gevonden tussen de 9 en 30. Een relatief risico van 1,005 houdt in dat bij een tijdelijke verhoging van de fijnstof-concentratie met tien microgram per kubieke meter de mortaliteit met een half procent toeneemt. Hoek: “We vinden dat risico terug in het merendeel van de studies. De Amerikaanse epidemioloog Jonathan Samet schreef een aantal jaar geleden daarom al een commentaar waarin hij stelt dat het bewijs rond is en dat het niet zinvol is om nog meer van zulke studies te doen.”

**Frisse wind** De lucht in Europa is de afgelopen decennia veel schoner geworden, al ontbreken nauwkeurige fijnstofmetingen van voor 1990. Daarvoor maten luchtonderzoekers vooral de Black: zwarting op een filter.





**Den Haag Veerkade** De in elkaar overlopende Stille Veerkade en Amsterdamse Veerkade in Den Haag zijn de twee fijnstof-figste straten in Nederland. De dagnorm voor fijnstof wordt er te vaak overschreden.

Toch zijn ook de zwakheden in zulke studies evident. De concentratie fijnstof wordt maar op één plek per stad gemeten. Over de individuele blootstelling van burgers weet je niets. Als iemand al overlijdt aan een geringe toename van fijnstof, dan zou het om zieken en ouderen moeten gaan die als het ware het laatste zetje krijgen. Die ouderen komen echter vrijwel niet meer buiten. Hoeveel fijnstof dringt een huis binnen? Hoek erkent de zwakheden in de studies, maar stelt dat veel van de vragen inmiddels opgehelderd zijn. Hoek zelf registreerde bij een groep patiënten in Amsterdam bijvoorbeeld de individuele blootstelling en vergeleek die met de concentraties buiten. Hoek: "Er bleek een goede correlatie te zijn. Zo'n zeventig procent van de  $PM_{2,5}$ -fractie weet huizen binnen te dringen. Voor  $PM_{10}$  en  $PM_{0,1}$  liggen de percentages lager."

Moolgavkar beaamt dat er veel onderzoek is gedaan naar *confounding factors* (versturende factoren) die het verband tussen fijnstof en mortaliteit kunnen verstoren zoals het weer, seizoensinvloeden en andere vervuulende stoffen zoals stikstofoxiden, zwaveldioxide, ozon en koolstofmonoxide. Moolgavkar: "Het is echter onmogelijk om voor alle relevante versturende factoren te corrigeren. Luchtverontreiniging bestaat uit honderden of zelfs duizenden mogelijk toxische verbindingen, waarvan we er slechts een stuk of vijf monitoren. Je kunt domweg niet corrigeren voor verbindingen die je niet meet en dat zijn er veel."

**Heranalyse** Omdat de verschillende studies zo moeilijk te vergelijken zijn, heeft het Health Effects Institute (HEI) in de Verenigde Staten een aantal jaar geleden een ambitieus project opgezet om via een uniforme aanpak het effect van  $PM_{10}$  in negentig Amerikaanse steden te onderzoeken. Interessant is, dat het HEI wordt gefinancierd door zowel de EPA als de auto-industrie. De tegengestelde belangen van de financiers dragen er vermoedelijk aan bij dat de HEI-rapporten opmerkelijk genuanceerd zijn.

De National Mortality, Morbidity, and Air Pollution Study (NMMAPS) concludeerde dat een toename van tien microgram per kubieke meter aan  $PM_{10}$  leidde tot een 0,4% stijging van het aantal sterfgevallen de volgende dag. Later ontdekten de onderzoekers zelf echter dat het meest gebruikte



**Amsterdam-west A10** De jarenvijftig-woningen langs de snelweg zijn hier voorzien van een glazen voorpui tegen uitlaatgassen en geluid. .

softwareprogramma in de milieu-epidemiologie, S-Plus, door hen niet goed gebruikt was. Niet alleen de NMMAPS-resultaten, maar vrijwel alle andere studies moesten vanwege deze foute toepassing opnieuw geanalyseerd worden.

De heranalyse werd gedaan met twee verschillende modellen, GAM en GLM. GAM leidde tot een verhoging van de sterfte met 0,28%, GLM tot 0,22%. Beide percentages zijn dus lager dan de eerder gevonden 0,4%. Hoek vindt het eindresultaat van NMMAPS nog altijd overtuigend. "Als fijnstof echt geen effect zou hebben, dan zou vijftig procent van de steden een positief effect op de gezondheid moeten laten zien." Volgens Moolgavkar, die bekend S-Plus zelf ook op de verkeerde manier te hebben gebruikt, komt het daar akelig dichtbij. "Na de heranalyse vertonen nog maar twee steden, New York en Oakland, een negatief effect dat statistisch significant is. Eén stad, Little Rock, laat een positief effect zien dat statistisch significant is. In totaal 33 van de 88 steden die op het vasteland liggen lieten een positief effect van fijnstof zien, wat natuurlijk onzin is. Niemand gelooft dat fijnstof goed is voor je gezondheid. Dat komt neer op bijna veertig procent van de steden. In mijn ogen heeft het geen enkele zin de resultaten van steden die zo verschillend zijn qua luchtverontreiniging en klimaat op één hoop te gooien. In toekomstig onderzoek zou men moeten proberen de verschillen tussen steden te verklaren en niet om met fancy statistische technieken te komen tot één nietszeggende gemiddelde waarde."

**Roken** Zouden we Moolgavkar rechtstreeks laten discussiëren met bijvoorbeeld Hoek en Fischer, dan draait het uit op welles-nietes. Fischer van het RIVM erkent dit ook aan de telefoon: "Je kunt eindeloos blijven discussiëren over de



**Utrecht Catharijnesingel** De plannen voor Hoog-Catharijne hebben al heel wat discussie losgemaakt, nu liggen ze opnieuw onder vuur door de normen voor fijn stof.

methodologische problemen die er aan epidemiologische studies kleven.”

Beide ‘partijen’ verwijzen daarbij naar historische artikelen waarin de grondslagen van de epidemiologie zijn vastgelegd. Bijvoorbeeld het artikel van Austin Bradford Hill uit 1965. Hill was de epidemioloog die in een groep van 40.000 Britse artsen die jarenlang werden gevolgd (een ‘cohort’) het verband aantoonde tussen roken en longkanker. Bij gematigde rokers (tot 15 sigaretten per dag) vond hij een relatief risico van 9, bij zware rokers kon dit risico oplopen tot 30. Zware rokers hebben dus maar liefst 2900 procent meer kans op longkanker dan niet-rokers. Dat enorme relatieve risico, plus het verband tussen dosis en risico, is een vrijwel waterdicht bewijs dat hier sprake is van oorzaak en gevolg. De relatieve risico’s van minder dan een procent die bij fijnstof worden gevonden, steken hier wat mager bij af, op z’n zachtst gezegd.

Epidemiologen zijn normaliter op zoek naar relatieve risico’s van minimaal drie. Daaronder is voorzichtigheid geboden, dat wil zeggen, kun je niet voetstoots aannemen dat er sprake is van causaliteit.

Het tweede criterium van Hill luidt ‘consistentie’. Bij relatieve risico’s onder de drie of twee kan er toch sprake zijn van causaliteit als het resultaat bij verschillende onderzoeken *consistent* dezelfde waarden laat zien. Alle insignificante effecten samen zouden dan wel significant zijn.

Dit criterium gebruiken epidemiologen in feite om op het gevaar van fijnstof te wijzen. Moolgavkar wijst er fijntjes op dat het criterium volstrekt subjectief is. “Voor mij is de uitslag van de NMMAPS-studie niet consistent, maar Hoek zal het waarschijnlijk wel consistent vinden.” Hoek bevestigt dat hij de effecten uit de NMMAPS-studie reeël vindt.

**Moerdijkse hoek** Hier had een bedrijventerrein moeten verrijzen, maar het project staat op losse schroeven door een uitspraak van de Raad van State over fijnstof, tot genoegen van lokale actievoerders.

**Lange termijn** Naast de honderden studies naar de korte-termijn-effecten van fijnstof, ligt slechts een handjevol lange-termijn-studies. Zulk onderzoek is potentieel veel belangrijker, omdat het dan gaat het om mogelijk verlies van vele gezonde levensjaren. De meeste epidemiologen erkennen echter dat de lange-termijn-effecten van fijnstof veel onzekerder zijn wegens de schaarste aan degelijk onderzoek.

De twee bekendste studies zijn het eerder genoemde Harvard Six Cities-onderzoek (HSC) onder achtduizend mensen en de cohort van de American Cancer Society (ACS) waarin de gezondheid van 550.000 mensen tussen 1982 en 1998 werd onderzocht in 151 steden. Door ‘schone’ steden met ‘vieze’ steden te vergelijken werden er relatieve risico’s vastgesteld. De HSC-studie vond een relatief sterfterisico van 1,26 tussen de stad met de hoogste niveaus aan  $PM_{2,5}$ , Steubenville, Ohio, en die met de laagste  $PM_{2,5}$ -concentraties, Portage, Wisconsin. Specifiek voor longkanker werd een relatief risico van 1,37 gevonden. Moolgavkar vergelijkt in een artikel in *Regulatory Toxicology and Pharmacology* dit getal met een onderzoek dat hij zelf ooit deed bij staalarbeiders, die jarenlang blootgesteld waren aan emissies van cokes-ovens. Met een ruwe berekening laat hij zien dat het relatieve risico op longkanker door de jarenlange blootstelling aan de emissies in de cokes-oven ongeveer negen keer zo klein was als het risico op longkanker in Steubenville door fijnstof! Moolgavkar: “Dat is zeer onwaarschijnlijk, gegeven het feit dat de lucht die de staalwerkers inademen in potentie veel toxischer was dan het fijnstof in Steubenville.”

De ACS-studie vond een relatief sterfterisico van 1,17 en dat is volgens Hoek vergelijkbaar met het risico van meerooken. De HSC- en ACS-studies deden veel stof opwaaien in de Verenigde Staten en daarom besloot het Health Effects Institute in 2000 om een heel nieuw team van onderzoekers een heranalyse te laten verrichten. Die heranalyses bevestigden de eerder gevonden resultaten, maar er kwamen ook een aantal verrassende zaken aan het licht, met name bij de ACS-studie. Moolgavkar: “Hoe hoger het opleidingsniveau, des te kleiner het effect van fijnstof. Bij mensen met de hoogste opleiding is het effect zelfs helemaal verdwenen. Dat doet vermoeden dat

**Uitlaat** De afgelopen twintig jaar zijn de normen voor alle motoren flink aangepast en zijn auto's dan ook beduidend schoner geworden. Helemaal schoon zijn ze echter nog lang niet. Nieuwe auto's zijn schoner dan oude modellen, maar moeten we nu kiezen voor een benzineauto, een diesel met roefilter of toch liever voor gas? Kijk naar NWTV waar deskundigen proberen te komen tot een eensluidend antwoord. Op 22, 23, 24 of 25 december om 21:00 op de digitale zender Hollanddoc of na die data op internet [www.natutech.nl](http://www.natutech.nl). Zie ook pag. 38.

we hier niet kijken naar fijnstof maar naar veranderingen in levensstijl. Het is bekend dat mensen met een hoge opleiding vaker stoppen met roken, beschikken over betere gezondheidszorg, dat ze gezonder eten, enzovoort. Voor dat soort aspecten valt moeilijk te corrigeren in de ACS-studie omdat de mensen alleen aan het begin een intakegesprek hebben gehad terwijl de studie liep van 1982 tot 1998. We weten niet wie in die periode gestopt is met roken."

Hoek spreekt niet tegen dat de relatie met opleidingsniveau is gevonden in de heranalyse, maar wijst er wel op "dat als je met subgroepen gaat werken, je *statistical power* omlaag gaat." Daarmee geeft hij in feite ook aan hoe moeilijk de opdracht is waar epidemiologen voor staan, want de ACS-studie is al de grootschaligste studie die ooit gedaan is.

Opmerkelijk was ook, dat in de heranalyse het relatieve risico sterker bleek samen te hangen met de concentratie zwaveldioxide in de lucht dan met fijnstof, terwijl vriend en vijand het er over eens zijn dat geringe concentraties zwaveldioxide geen sterfte veroorzaken. Moelgavkar: "Ondanks deze nieuwe inzichten zien veel onderzoekers de ACS-studie nog steeds als overtuigend bewijs dat fijnstof op de lange termijn sterfte veroorzaakt. Ik vind dat onbegrijpelijk."

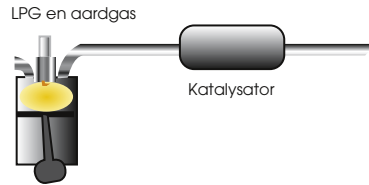
Naast de HSC en de ACS is er in Amerika nog een andere cohort-studie gedaan, bij een groep van 50.000 oorlogsveteranen. Deze waren geselecteerd op hun hoge bloeddruk. Mensen die al gezondheidsklachten hebben, zoals astma of in dit geval hoge bloeddruk, zouden namelijk gevoeliger zijn voor fijnstof. Moelgavkar: "Er werd geen significant effect van blootstelling aan fijnstof gevonden. De sterkste correlaties waren die tussen  $\text{NO}_x$  /ozon en sterfte. Deze studie is grotendeels genegeerd, er is geen serieus debat over gevoerd." In het RIVM-rapport van Anne Knol schrijven de auteurs dat ze de veteranenstudie niet goed vertaalbaar vinden naar de Nederlandse situatie en daarom zijn de resultaten ervan niet meegenomen in de berekening van fijnstofdoden.

**Toxicologie** Als het goed is, gaan epidemiologie en toxicologie hand in hand om de waarheid boven tafel te krijgen. In dit geval: epidemiologen vinden aanwijzingen dat mensen overlij-

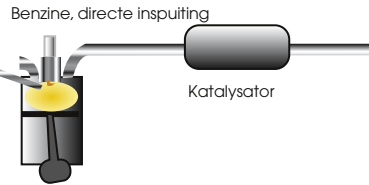
## Ottomotor



In de doorsnee benzinemotor bereikt een mengsel van brandstof en lucht de cilinder waar een bougievonk de verbranding laat beginnen. Roetvorming is beperkt, en de katalysator zet restanten brandstof,  $\text{NO}_x$  en  $\text{CO}$  om in onschuldige uitlaatgassen.



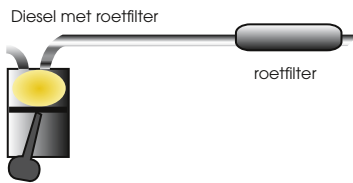
Gasvormige brandstof mengt gemakkelijk met lucht zodat er een homogeen verbrandingsmengsel ontstaat. Dit levert een schonere verbranding en daardoor minder roet.



Bij benzinemotoren met directe inspuiting is weliswaar de prestatie van de motor beter dan bij de normale benzinemotor (meer rendement, dus minder  $\text{CO}_2$  per kilometer) maar door inhomogene verdeling van druppels ontstaat meer roet. Fijnstofuitstoot is vergelijkbaar met die van dieselmotor met roefilter.



Zonder roefilter produceert een dieselmotor zowel veel roet als veel  $\text{NO}_x$ .



Een roefilter vangt het meeste roet op. Dit heeft geen effect op  $\text{NO}_x$ -uitstoot.

den door fijnstof, waarschijnlijk aan long- of hartaandoeningen. Toxicologen gaan met die bevindingen aan de slag en zoeken bij proefdieren en menselijke vrijwilligers naar mechanismen die de ziekte en sterfte door fijnstof verklaren. Vinden ze een biologisch mechanisme, dan wordt aannemelijker dat de kleine relatieve risico's die epidemiologen vinden, echt door fijnstof veroorzaakt worden.

Aanvankelijk richtten toxicologen zich vooral op long-aandoeningen. Men keek eerst naar sulfaten en nitraten, die in behoorlijke hoeveelheden voorkomen, ook in de Nederlandse lucht. "De toxiciteit van sulfaten en nitraten is echter laag", zegt Cassee van het RIVM. Zijn groep heeft een apparaat ontwikkeld waarmee ze de fijnstof-concentraties in de lucht ongeveer tachtig keer konden vergroten, zonder dat ze het stof eerst opvangen op een filter, want dat verstoort de samenstelling. Cassee: "Aan die geconcentreerde mengsels stel je proefdieren bloot. Die hebben we wel voorbehandeld met ozon, waardoor de longen al ontstoken raken. Maar ook voorbehandelde ratten en muizen moeten we aan hoge concentraties blootstellen, zo'n honderd keer hoger dan in de atmosfeer, voordat we enig effect zien."

## “Fijnstof is de korenwolf van 2005”

In Zweden zijn ook proeven gedaan met menselijke vrijwilligers, waar zowel astmatici als gezonde mensen werden blootgesteld aan hoge concentraties dieselemissies. Ook die studies vonden echter bar weinig.

Toxicoloog dr Paul Borm van de Hogeschool Zuyd in Heerlen, die in het verleden veel onderzoek bij mijnwerkers heeft gedaan, was aanvankelijk zeer sceptisch over de gevaren van fijnstof, “want de stofconcentraties in mijnen zijn duizend keer hoger”, maar na tien jaar onderzoek is zijn conclusie dat fijnstof toch wel een toxisch goedje kan zijn, vergelijkbaar met bijvoorbeeld vliegias. Borm: “Maar inderdaad, je moet proefdiereen eerst kreupel maken en blootstellen aan hoge concentraties voordat je effecten ziet.”

Borm steekt de hand in eigen boezem: “De toxicologie schiet tekort in het vinden van de oorzaken. Ik zie bij fijnstof hetzelfde gebeuren als bij de ziekten die mijnwerkers opliepen. Sommigen kregen last van stoflongen, ofwel silicose. Epidemiologen observeerden destijds in Frankrijk dat mijnwerkers in Lille wel silicose opliepen, maar in de Provence niet! Toxicologen hebben nooit kunnen ontdekken waaraan dat verschil lag. Bij fijnstof kijken we wellicht naar de verkeerde mechanismen en zien we daarom weinig.”

De laatste jaren schuiven fijnstof-toxicologen op van long- naar hartaandoeningen en de aandacht verschuift daardoor naar steeds kleinere deeltjes ( $PM_{0,1}$ ). Die kunnen immers via de longblaasjes in de bloedbaan terechtkomen en daar mogelijk bijdragen aan de vorming van bloedstolsels.

**Voorzorgprincipe** Voor toxicologen blijft het onbevredigend om te werken met een cocktail van deeltjes die je slechts onderscheidt op massa en grootte. Massa is als maatstaf voor toxiciteit vrijwel irrelevant. Borm wijst dan ook op de ontwikkeling van een test waarmee de oxidatieve stress – de schade aan cellen door oxidatiereacties – van mengsels vastgesteld kan worden. Borm: “Zo’n test kan in de toekomst leiden tot nieuwe normen voor luchtkwaliteit.”

Epidemiologen zijn het er ook over eens dat toekomstige onderzoeken zich moeten richten op het achterhalen van de bron van het kwaad. Moolgavkar wijst daarbij op onderzoek van Hoek en ook op dat van Annette Peters uit München. Hoek constateerde een aantal jaar geleden dat het wonen dichtbij de snelweg leidde tot hogere sterfte (relatief risico 2), zonder daarmee overigens te bewijzen dat dit door fijnstof komt. Peters ondervroeg bijna negenhonderd mensen die een hartaanval overleefden. Ze constateerde, dat die in de uren voor hun infarct vaker (relatief risico van 3) aan het verkeer deelnamen, per auto, maar ook lopend of op de fiets. Andere oorzaken dan luchtverontreiniging, zoals stress, zijn echter niet uit te sluiten.

Niemand wil terug naar de situatie van de jaren vijftig, waarin luchtverontreiniging het leven onaangenaam maakte. Een norm voor fijnstof kan daar op zich aan bijdragen. Moolgavkar merkt op dat normen voor fijnstof verdedigbaar zijn op basis van het voorzorgprincipe. Voor hem is het daarmee een volledig politieke beslissing geworden, los van wetenschappelijk onderzoek: “Want die onderbouwing is er gewoon niet.”

De Rotterdamse socioloog dr Roel Pieterman van de Erasmus Universiteit heeft de laatste jaren het voorzorgprincipe bestudeerd en er samen met Jaap Hanekamp van stichting HAN enkele artikelen over geschreven. Pieterman vindt de toepassing van het voorzorgprincipe doorgeslagen in Nederland. “Het mooiste voorbeeld van een succesvolle toepassing van het voorzorgprincipe is vaccinatie tegen ernstige ziekten. De baten hiervan zijn veel hoger dan de kosten. Steeds vaker passen we het principe echter toe op een manier waarbij de kosten veel hoger zijn dan de baten, zoals bij het voorkomen van legionella en het ondergronds leggen van hoogspanningskabels. Ook fijnstof zit in die categorie. Van Geel heeft nu al 900 miljoen euro toegezegd voor de fijnstof-problematiek. Over de economische schade door het stilleggen van bouwactiviteiten hebben we het dan nog niet eens. De baten kunnen waarschijnlijk nooit aangetoond worden.”

Pieterman wijst erop dat je je geld maar één keer uit kunt geven. “Ga nu eens honderd bejaarden die in een tehuis zitten uitleggen wat er aan de hand is en geef ze een keuze. U kunt door fijnstof wellicht een paar dagen of weken eerder overlijden. We hebben een miljard euro. Zetten we die in om de fijnstofconcentraties te reduceren of om de zorg in bejaardenhuizen te verbeteren? De vraag stellen is haar beantwoorden.” ■

### informatie

Kijk ook om 21:00 op 22, 23, 24 of 25 december naar NWTv op de digitale zender Holland.doc of na die data op internet [www.natutech.nl](http://www.natutech.nl).

Zie pag. 38.

Moolgavkar SH. A review and critique of the EPA’s rationale for a fine particle standard. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 42, maart 2005

[www](http://www)

Alle ruim honderd rapporten, waaronder de heranalyse van de HSC- en ACS-studies zijn gratis te downloaden op: [www.healtheffects.org](http://www.healtheffects.org)

Europa bundelt haar krachten in het programma  
Clean Air for Europe (CAFE)  
[europa.eu.int/comm/environment/air/cafe](http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe)