

Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
1s-Gravenhage

2 A 1111 1979

MG-TNO

INSTITUUT VOOR MILIEUHYGIENE
EN GEZONDHEIDSTECHNIEK TNO

publicatie nr.670

DELFT-SCHOEMAKERSTRAAT 97-POSTBUS 214

STOF, STOFMETING, DE INVLOED VAN STOF OP HET MILIEU

Door Ir. L.J. Brassier

Hoofd van de Afdeling Buitenlucht van het Instituut
voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek TNO

INHOUD

1. Inleiding
2. Verspreiding van stof door de lucht
3. Luchtverontreiniging door stof, stofmeting
4. Gevolgen van stof voor het milieu
5. Microscopische stofherkenning

STOF, STOFMETING, DE INVLOED VAN STOF OP HET MILIEU

1. INLEIDING

Een duidelijke definitie voor stof is niet te geven, het beste voldoet de omschrijving "stof is een fijn verdeeld vast materiaal". Hieruit blijkt direct dat de fijne verdeling het eerste kenmerk is van stof.

Vele massagoederen bestaan uit een verzameling van min of meer grote brokken of korrels. Daartussen, vaak aan het oppervlak van de grovere delen klevend, bevinden zich fijne deeltjes, die in vele gevallen dezelfde samenstelling hebben als de grotere delen (ertsen e.d.), vaak ook een afwijkende samenstelling vertonen (stof in graan b.v.). Soms ook bestaan de goederen geheel uit fijne deeltjes (cement, meel).

Het is duidelijk dat bij het transport van massagoed de kans bestaat dat een deel van de fijnere brokstukken in de lucht geraakt om dan enige tijd in de lucht te blijven zweven. Handelingen als verladen met grijpers, storten, pneumatisch transport en dergelijke bieden gelegenheid tot het ontstaan van zwevend stof. Het is zelfs mogelijk dat deze handelingen een brekende werking op het massagoed uitoefenen, waardoor fijne deeltjes van de grovere worden afgebroken met een grote kans dat deze nieuwe fijne deeltjes in de lucht geraken. De overslag van massagoederen is dan ook een potentiële stofbron.

De opmerking is reeds gemaakt dat de fijne verdeling het eerste kenmerk is van stof. In dit verband is een nadere omschrijving van het begrip fijn wel gewenst. In het algemeen wordt pas van stof gesproken wanneer de deeltjes kleiner zijn dan 0,5 mm. Een deeltje met een afmeting van 0,5 mm (500 micrometer, μm) dat in de lucht geraakt, zal daar slechts betrekkelijk kort inblijven zweven, het zal snel naar de bodem toezakken zodat 500 μm als bovengrens voor "zwevend stof" een uiterste is. In het algemeen zal het stof veel fijner zijn. Een ondergrens is niet te geven, zolang de deeltjes nog als fijn verdeelde vaste materie zijn te omschrijven, blijft het begrip stof van toepassing. Zeer kleine deeltjes met een afmeting veel kleiner dan 1 μm komen in de praktijk in grote aantallen voor. Het aantal in de lucht zwevende deeltjes is echter niet de enige maat voor de aanwezige hoeveelheid stof. Het feit dat de massa van een stofdeeltje evenredig is met de derde macht van de afmeting betekent b.v. dat een enkel deeltje van 10 μm een zelfde massa heeft als een miljoen deeltjes van 0,1 μm gezamenlijk.

2. VERSPREIDING VAN STOF DOOR DE LUCHT

Het is duidelijk dat stofdeeltjes, afhankelijk van hun afmeting en gewicht, min of meer snel uitzakken. Grovere deeltjes hebben een grotere bezinksnelheid dan fijne deeltjes, deeltjes met een groter gewicht bezinken sneller dan deeltjes van dezelfde afmeting maar met een kleiner gewicht. Het verband tussen deze deeltjeskarakteristieken en de bezinksnelheid is gegeven in de wet van Stokes + Cunningham:

$$v = \frac{2g}{9} \cdot \frac{(D_1 - D_2)r^2}{\pi(1 + K\frac{\lambda}{r})}$$

waarin: v = bezinksnelheid

D_1, D_2 = dichtheid van deeltjes resp. medium

r = straal van het deeltje

π = viscositeit medium

K = constante van Cunningham

λ = gemiddelde vrije weglengte in medium

Na invullen van de gegevens voor lucht:

$$v = 0,0030 \left(1 + \frac{0,160}{d}\right) D_1 d^2 \text{ cm/sec.}$$

d = diameter deeltje in μm .

Enkele uitgewerkte waarden zijn:

d (μm)	v (cm/sec) voor deeltjes met dichtheid			
	$D_1=1,0$	$D_1=1,5$	$D_1=2,0$	$D_1=2,5$
0,5	0,0010	0,0015	0,0020	0,0025
1	0,0035	0,0052	0,0070	0,0087
5	0,077	0,116	0,155	0,194
10	0,31	0,46	0,61	0,77
20	1,21	1,82	2,42	3,03
50	7,5	11,3	15,0	18,8
100	30,0	45,0	60,0	75,0

De hier gegeven snelheden gelden ten opzichte van in rust verkerende lucht.

In de praktijk zweeft een deeltje echter in bewegende lucht, behalve een horizontaal transport door de wind treden ook verticale bewegingen op door luchtturbulentie, waardoor ook al zijn de bezinksnelheid van een deeltje, de windsnelheid en de hoogte van het deeltje boven de grond bekend, toch nog niet de plaats kan worden berekend waar het deeltje de grond zal bereiken. Het is in zijn algemeenheid natuurlijk wel juist dat grovere deeltjes dichter bij de bron neerslaan dan fijne deeltjes.

Het is vaak echter verbazingwekkend hoe ver een aantal van een groep betrekkelijk grove en zware deeltjes kunnen worden getransporteerd voor ze uiteindelijk neerslaan.

3. LUCHTVERONTREINIGING DOOR STOF, STOFMETING

Bij de bestudering van door stof veroorzaakte luchtverontreiniging is het nodig een maat te vinden voor de hoeveelheid in de lucht aanwezig stof. Bij gasvormige luchtverontreiniging is dat een betrekkelijk eenvoudige zaak, de gewichtshoeveelheid van een gasvormige verontreiniging b.v. SO_2 per volume-eenheid lucht is duidelijk aan te geven. Zijn er meerdere gasvormige verontreinigingen tegelijk in de lucht aanwezig, b.v. naast SO_2 ook NO en NO_2 , dan is voor deze andere verontreinigingen op even eenvoudige wijze een concentratie in de lucht aan te geven.

Zoals reeds eerder werd gesteld is een dergelijke eenvoudige beschrijving van een stofconcentratie niet mogelijk. Er zijn immers twee mogelijkheden om een stofconcentratie in uit te drukken n.l. als gewicht aan stof per volume-eenheid lucht en als aantal deeltjes per volume-eenheid lucht. Voor deze twee methoden zijn volkomen verschillende meettechnieken nodig. Bovendien is een chemische omschrijving van de aard van het stof dan nog niet gegeven, omdat de meeste stofsoorten mengsels van verschillende chemische stoffen zijn.

Een belangrijke faktor is de deeltjesgrootte. Deze bepaalt immers de bezinksnelheid en daarmee de mogelijkheid van transport van het stof over grote afstanden door de wind. Verder is de deeltjesafmeting van groot belang voor de afscheidbaarheid van het stof in de menselijke neus, in de luchtwegen en in de longen. Het is in de praktijk zeer onwaarschijnlijk dat in optredend stof alle deeltjes min of meer dezelfde afmeting hebben. Het is gebruikelijk dat stof uit een en dezelfde bron een korrelgrootteverdeling heeft waarbij de uitersten in deeltjesafmeting zeer ver uiteen liggen.

De afmeting van de deeltjes heeft ook een grote invloed op het oppervlak van de deeltjes (het oppervlak is immers evenredig met het kwadraat van de afmeting). De mogelijkheid van interactie tussen een deeltje en zijn omgeving hangt voornamelijk af van de aard en afmeting van het oppervlak van dat deeltje.

De vorm van de deeltjes is eveneens een belangrijk aspekt. Meestal wordt stilzwijgend aangenomen dat de deeltjes bolvormig zijn en dus voldoen aan de wet van Stokes. In werkelijkheid is dat meestal niet het geval. De bepaling van de deeltjesafmeting gebeurt veelal door het meten van de bezinksnelheid van het betrokken deeltje in lucht of in een vloeistof. We vinden dan de zgn. aerodynamische diameter, n.l. de diameter die een deeltje van dezelfde samenstelling en bezinksnelheid als het onderzochte deeltje zou hebben als het bolvormig was. Bij deze bepaling kunnen grote fouten worden gemaakt wanneer bij de monsterneming van het stof aggregaten (aan el-

kaar klevende deeltjes) ontstaan uit oorspronkelijk aparte stofjes of wanneer omgekeerd bij de meting aggregaten die in de lucht bestonden uit elkaar worden geslagen.

In het geval dat een deeltje vezelvormig is, heeft dit grote invloed op het gedrag van het deeltje; wanneer het b.v. in het longweefsel terecht komt, is de reactie van het lichaam anders dan wanneer een bolvormig deeltje van dezelfde massa aanwezig zou zijn.

De hier gegeven opsomming van eigenschappen van stofdeeltjes is nog niet volledig. Het is echter al wel duidelijk dat één enkele stofmeting niet in staat zal zijn alle eigenschappen van het betrokken monster stof te omschrijven. In feite zal voor onderzoek van vrijwel iedere eigenschap van het stof een aparte meetmethode nodig zijn. In de praktijk wordt daarom vaak volstaan met de meting van het totale gewicht van het per volume-eenheid lucht aanwezige stof. Deze grootte is vaak een goede indicator zolang men zich ten minste bewust is dat er vele eigenschappen van het stof dan onbekend blijven.

4. GEVOLGEN VAN STOF VOOR HET MILIEU

Hoewel stof na zijn verspreiding in het gehele milieu terecht kan komen en zo b.v. via het voedsel door grazende dieren kan worden opgenomen terwijl planten kunnen worden vervuild en soms zelfs aangetast, zal hier alleen de invloed op het menselijke welzijn worden gezien.

Er zijn twee mogelijkheden van aantasting van het menselijke welzijn, n.l. door directe beïnvloeding van de mens zelf en door het geven van hinder door vervuiling van oppervlakken.

In het algemeen zal de menselijke gezondheid gevaar kunnen lopen wanneer een voldoende hoeveelheid stof wordt ingeademd. Opname van stof op een andere wijze is minder gebruikelijk, hoewel niet uit het oog mag worden verloren dat met het voedsel soms neergeslagen stof kan worden opgenomen of dat door onvoldoende hygiëne stof in de mond terecht komt zoals dat o.a. gebeurt bij het opnemen van loodstof door spelen van de kinderen via vuile handen.

Het menselijk lichaam heeft enkele beveiligingen tegen het opnemen van stof door inademen. De mens werkt als een stofafscheider, grove deeltjes worden daar reeds afgescheiden uit de ademlucht, ze worden dan later door snuiten van de neus verwijderd. Ook de luchtwegen scheiden stof af door contact van de deeltjes met de wand. Door trilharen wordt dit stof weer teruggewerkt. Het stof kan dan echter nog wel via het spijsverteringskanaal in het lichaam worden opgenomen, het kan ook het lichaam via de neus verlaten. De allerfijnste deeltjes (kleiner dan 5 μm) bereiken de longblaasjes omdat noch de neus, noch de luchtwegen over voldoende afscheidend vermogen beschikken om deze deeltjes te vangen. Een deel van dit zeer fijne stof wordt in de longblaasjes vastgehouden, de rest wordt weer uitgedemd. Het in de longblaasjes

opgenomen stof blijft daar achter of het kan langzaam door het lichaam worden opgenomen. De reactie van het lichaam op dit stof is afhankelijk van aard en hoeveelheid er van. Algemene effecten zijn niet te geven, enkele voorbeelden zijn de vergiftigende werking van b.v. enkele zware metalen (lood!), de typische kanker-veroorzakende werking van asbeststof en de mogelijkheid van het ontstaan van longkanker door het inademen van enkele polycyclische koolwaterstoffen (roken!).

Wanneer het stof in het werkmilieu ontstaat is persoonlijke bescherming mogelijk door het dragen van beschermingsmiddelen (stofmaskers, persluchtmaskers). In het algemene leefmilieu is alleen stofbestrijding een aanvaardbare benaderingswijze.

Om een indruk van de vervuiling van oppervlakken te verkrijgen kan als informatie dienen dat volgens persoonlijke gegevens van F. Ireland (1978) een stofbedekking van een oppervlak over 0,2% van dat oppervlak zichtbaar is, terwijl een Engelse huisvrouw naar de stofdoek grijpt bij een oppervlakbedekking van 0,5%. Het oppervlak ziet er in dit laatste geval dus duidelijk stoffig uit.

Dit gegeven biedt de mogelijkheid tot het maken van enkele rekensommetjes.

Wanneer we uitgaan van vervuiling met bolvormige deeltjes met een diameter van 1 μm dan liggen er bij zichtbare vervuiling 2500 miljoen deeltjes op één m^2 en bij een stoffig uiterlijk 6400 miljoen per m^2 . Bij stof met een dichtheid van 1,5 weger die deeltjes tesamen 2 resp. 5 mg. Gaan we uit van deeltjes van 10 μm en overigens gelijke omstandigheden dan liggen er 25 miljoen resp. 64 miljoen deeltjes op een m^2 die dan 20 resp. 50 mg wegen.

Het blijkt dus mogelijk met 1 kg stof met deeltjesafmeting 1 μm resp. 10 μm , 500.000 m^2 resp. 50.000 m^2 zichtbaar te vervuilen.

Een zak meel van 20 kg met een dichtheid van 1 en korrelafmeting van 10 μm is in staat een oppervlak van 1½ miljoen m^2 zichtbaar te vervuilen! Er ligt dan gemiddeld 13,3 mg meel per m^2 . Ter vergelijking kan dienen dat uit metingen blijkt dat een gemiddelde dagelijkse stofneerslag van 20 tot 100 mg/m^2 in het westen van ons land gebruikelijk is.

Hoewel Nederland geen typisch stoffig land is, is er dus toch nog wel een goede reden om aandacht aan stofbestrijding te besteden.

5. MICROSCOPISCHE STOFHERKENNING

In vele gevallen is het van belang de bron van stofhinder te vinden zodat het verspreiden van stof door deze bron kan worden bestreden. Het is dan vaak nuttig om te bewijzen dat het in het milieu gevonden stof inderdaad afkomstig is uit de verdachte bron. Indien bepaalde chemische verbindingen worden verspreid die niet van andere plaatsen in de omgeving komen, dan is chemisch onderzoek van het hindergeven-
de stof vaak al doorslaggevend. In andere gevallen is een beoordeling van het uiterlijk van het stof nodig om zekerheid omtrent de bron te verkrijgen. Voor dat doel wordt dan microscopische stofherkenning gebruikt. Met behulp van een microscoop zijn

gegevens over de afmetingen, de vorm, de kleur en de oppervlakte van de deeltjes te verkrijgen. Soms is het mogelijk gegevens over de samenstelling en de brekingsindex te vinden. Op grond van dergelijke informatie is vaak een bepaalde bron als de veroorzaker van de hinder aan te wijzen.

Het behoort tot de uitzonderingen dat alle stof dat op een bepaalde plaats in het milieu wordt gevonden uit dezelfde bron afkomstig is. Meestal vindt men een mengsel van vele stofsoorten.

In de eerste plaats is er vrijwel steeds stof van natuurlijke oorsprong zoals stuifmeel, sporen, plantenharen, huidschilfers en insectendelen; ook niet biologisch natuurlijk stof komt voor zoals opgewaaid stof van de bodem (stof afkomstig van stofstormen in de Sahara kan eventueel over geheel West-Europa worden gevonden) en zeezoutkristallen afkomstig van verstoven zeewater.

De tweede grote groep is het stof afkomstig van slijtage. Vezels en haren uit kleding, rubberslijpsel van autobanden en zelfs ijzerdeeltjes van spoorrails zijn bekend.

De derde groep stofsoorten is afkomstig van bedrijven zoals as en roet van verbrandingsprocessen, metaalslijpsel, poedervormige katalysatoren, cement, e.d.

De vierde groep is afkomstig van transport en opslagwerkzaamheden, verstuiven van gestort massagoed (vaak indirect door op een bedrijfsterrein rijdende vrachtwagens). Omdat het hier weer vaak zeer typerende stofsoorten betreft (b.v. ertsen, kolen, granen) is microscopische herkenning vaak eenvoudig, dit te meer omdat de deeltjes vaak relatief grof zijn.

Samenvattend kan worden opgemerkt dat microscopische stofherkenning vaak het sluitstuk kan leveren voor een studie van stofhinder in het milieu daarmee wordt dan tevens een aanzet voor bestrijding van die hinder gegeven.