

Stofdeeltjes in de buitenlucht

Handvatten voor het kritisch beoordelen van
meetrapporten

drs. J. Bakker

Chemiewinkel Utrecht

Inhoudsopgave

VOORWOORD	6
1 INLEIDING	7
1.1 AANLEIDING ONDERZOEK	7
1.2 DOELSTELLING	7
1.3 WERKWIJZE EN LEESWIJZER	8
1.4 LEESWIJZER	10

2 BASISBEGRIPPEN	11
2.1. INLEIDING	11
2.2. MOGELIJKE INDELINGEN VAN STOFDEELTJES	11
2.3 STOFBRONNEN	12
2.3.1. NATUURLIJKE BRONNEN	12
2.3.2 ANTROPOGENE BRONNEN	13
2.4 VERWIJDERING UIT DE LUCHT	15
2.4.1 KORRELGROOTTE	15
2.4.2 WEERSOMSTANDIGHEDEN	16
2.4.3 BRONHOOGTE	16
2.4.4 RUWHEID VAN HET TERREIN	16
2.5 MOGELIJKE EFFECTEN VAN STOFDEELTJES IN DE LUCHT	17
2.5.1 HINDER	17
2.5.2 BLOOTSTELLINGSROUTES EN MOGELIJKE GEZONDHEIDSEFFECTEN	18
3 VAN AANLEIDING TOT VOORLOPIGE MEETVRAAG	22
3.1 INLEIDING	22
3.2 OPSTELLEN VAN DE ONDERZOEKSVRAAG	23
3.2.1 INRICHTINGEN	23
3.2.2 AUTOWEGEN	24
3.2.3 GEZONDHEIDSKLACHTEN	25
3.2.4 HINDER	25
3.2.5 OVERZICHT	25
3.3 HET FORMULEREN VAN DE MEETVRAAG	26
3.3.1 BRONGERICHT	26
3.3.2 OBJECTGERICHT	27
4 SPECIFICATIE VAN DE MEETVRAAG	28

4.1	INLEIDING	28
<hr/>		
4.2	EEN OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE PARAMETERS	29
<hr/>		
4.2.1	BRONGERICHT	29
4.2.2	OBJECTGERICHT	31
<hr/>		
4.3	MEETVENSTER	31
<hr/>		
4.3.1	CONCENTRATIE	32
	EMISSIE	32
	IMMISSIE	33
	IMMISSIE FIJN STOF/ ZWARTE ROOK	33
	IMMISSIE GROF STOF	34
4.3.2	TIJD	35
	EMISSIE	35
	IMMISSIE	37
4.3.3	PLAATS	37
	EMISSIE	37
	IMMISSIE	38
<hr/>		
	ALTERNATIEVE MEETVRAAG	39
<hr/>		
5.1	INLEIDING	39
<hr/>		
5.2.	HET GEBRUIK VAN MODELLEN	40
<hr/>		
5.2.1.	HET NIEUW NATIONAAL MODEL	40
5.2.2.	STOFVERSPREIDINGSMODEL FUGITIVE DUST MODEL (FDM)	43
5.2.3.	CALCULATIONS OF AIRPOLLUTION BY ROADTRAFFIC-MODEL	44
5.2.4	CHEMICAL MASS BALANCE MODELLERING (CMB)	44
5.2.5	BEORDELING VAN ZICHTBARE STOFONTWIKKELING	45
<hr/>		
5.3	GESPECIFICEERDE EN ALTERNATIEVE MEETVRAGEN	45
<hr/>		
	VAN MEETSTRATEGIE NAAR DE BEANTWOORDING VAN DE ONDERZOEKSVRAAG	47
<hr/>		
6.1	INLEIDING	47
<hr/>		
6.2	MEETSTRATEGIE	48
<hr/>		
6.2.1	EMISSIE	48
6.2.2	IMMISSIE	48
	ACHTERGRONDCONCENTRATIES FIJN STOF EN ZWARTE ROOK	48

TIJDSBEPALING METINGEN		50
PLAATSBEPALING METINGEN		50
6.3	EMISSIEMETINGEN	51
<hr/>		
6.4	IMMISSIEMETINGEN	52
<hr/>		
6.4.1	FIJN STOF EN ZWARTE ROOK	52
6.4.2	GROF STOF	53
6.5.	BEANTWOORDING VAN DE MEETVRAAG	55
<hr/>		
6.5.1	GEBRUIK VAN EEN MODEL	55
6.5.2	PRESENTATIE VAN MEETGEGEVENS	55
	EMISSIE	55
	IMMISSIE	55
6.5.3	KWALITEIT VAN DE MEETRESULTATEN	56
6.6	BEANTWOORDING VAN DE ONDERZOEKSVRAAG	57
<hr/>		
6.6.1	EMISSIE	57
6.6.2	IMMISSIE	58

Voorwoord

De Chemiewinkel Utrecht is een vrijwilligersorganisatie van de faculteit Scheikunde van de Universiteit Utrecht. De vrijwilligers zijn studenten en afgestudeerden, die worden begeleid door twee coördinatoren. Mensen kunnen gratis bij de Chemiewinkel terecht met vragen over chemische kwesties. De rol van de Chemiewinkel bij dergelijke problemen is het bijstaan van omwonenden met o.a. het kritisch doorlezen van meetrappen.

Elk jaar stelt het College van Bestuur van de Universiteit Utrecht geld beschikbaar aan de Chemiewinkel om Niet Routinematig Onderzoek te verrichten naar een onderwerp met een chemisch tintje dat de aandacht verdient. Voor het jaar 2001 is gekozen voor het samenstellen van een handleiding 'stof'. Voor u ligt het resultaat hiervan. Deze handleiding dient als leeswijzer voor het kritisch beoordelen van meetrappen over stofdeeltjes in de buitenlucht.

Inleiding

1.1 Aanleiding onderzoek

Bij de Chemiewinkel Utrecht zijn de laatste jaren een aantal vragen binnengekomen die te maken hebben met emissie en immissie van stofdeeltjes.

Een onderdeel van de totale luchtverontreinigingsproblematiek wordt gevormd door atmosferische deeltjes (aërosol). Dit is een algemene term voor deeltjes die zich in de vaste fase bevinden. In dit rapport is gekozen voor de term stofdeeltjes.

In figuur 1.1 is het verschil duidelijk gemaakt tussen de begrippen emissie en immissie. Emissie is de uitstoot van stoffen bij de bron en immissie is de "inworp" van stoffen op leefniveau.

Figuur 1.1 Verschil tussen emissie en immissie

In Zaltbommel ondervonden omwonenden van een ijzergieterij o.a. hinder vanwege de neerslag van stof. In de wijk Zuilen (Utrecht) ondervonden bewoners stoffhinder, waarvan het vermoeden bestond dat het industrieterrein Lage Weide een grote bijdrage hieraan leverde. In beide gevallen werd het noodzakelijk geacht metingen te verrichten om de hinderproblemen in kaart te brengen. Het ontbrak de Chemiewinkel Utrecht aan voldoende expertise om meetrapporten gericht op stofdeeltjes adequaat te kunnen beoordelen.

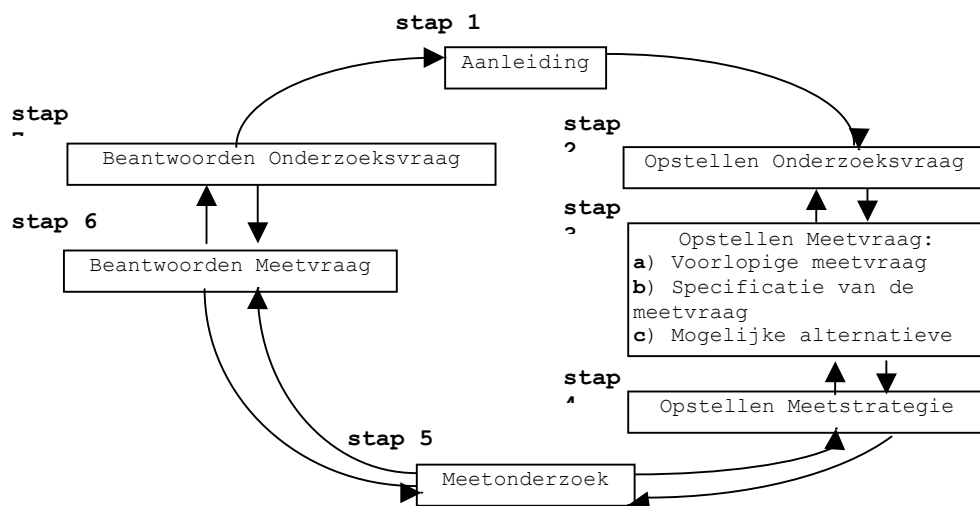
1.2 Doelstelling

Deze handleiding moet milieuorganisaties, overheden en overige betrokkenen in staat stellen een meetonderzoek naar stofdeeltjes kritisch te kunnen doorlopen.

1.3 Werkwijze

Om meer inzicht te krijgen in het fenomeen stofdeeltjes in de lucht is ten eerste literatuuronderzoek verricht. In hoofdstuk 2 is achtergrondinformatie opgenomen over de begrippen stofdeeltjes, stofbronnen, stofverspreidingsmechanismen en over de mogelijke gevolgen voor het welzijn en de gezondheid van mensen.

Vervolgens is gekeken naar de opbouw van een meetonderzoek. Als basis voor de opbouw van een meetonderzoek is gekozen voor de zogenaamde meetcirkel (Kolk, 1998)(Haselager, 2001) (zie figuur 1.2).



Figuur 1.2 De meetcirkel, een schematische weergave van de opbouw van een meetonderzoek (Van der Kolk, 1998; Haselager, 2001)

De meetcirkel kan stapsgewijs doorlopen worden en begint bij de aanleiding (**stap 1**).

Voorbeeld: Een snelweg loopt langs een nieuwbouwwijk. Bewoners van deze nieuwbouwwijk klagen opvallend veel over hun gezondheid. Dit kan een aanleiding zijn om een onderzoek op te starten.

Als er een aanleiding is om een onderzoek op te starten dan zal een onderzoeksvraag geformuleerd worden om de vraag die de aanleiding oproept te kunnen beantwoorden (**stap 2**).

Een onderzoeksvraag zou bij het voorbeeld kunnen zijn: Leidt de emissie van de weg tot concentraties die de milieukwaliteitseisen op leefniveau overschrijden ?

Een onderzoeksvraag is meestal niet direct te beantwoorden en/of meetbaar: er zal een vertaling gemaakt moeten worden naar een voorlopige meetvraag (**stap 3a**).

Een meetvraag voor het voorbeeld zou kunnen zijn: Wat is de immissie op leefniveau en in een referentiegebied ?

De meetvraag is nog erg algemeen en nog niet praktisch bruikbaar. Het is nodig de meetvraag te specificeren (**stap 3b**). Gekeken moet worden welke parameters gemeten moeten worden en tevens moet een meetvenster worden aangegeven. Het meetvenster geeft aan in welk bereik, met welke gevoeligheid en met welke details in tijd en plaats naar de parameters gekeken moet worden.

Bij het voorbeeld kan gekeken worden naar de parameters $PM_{2,5}$ en zwarte rook. Op grond van epidemiologisch onderzoek zijn grenswaarden (zie bijlage 2) voor deze parameters opgesteld. Deze grenswaarden zijn uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en kunnen uitgedrukt worden in bijvoorbeeld daggemiddelden of jaargemiddelden. Om uiteindelijk een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is het verstandig bij het opstellen van een meetvenster rekening te houden met de dimensie van de grenswaarden.

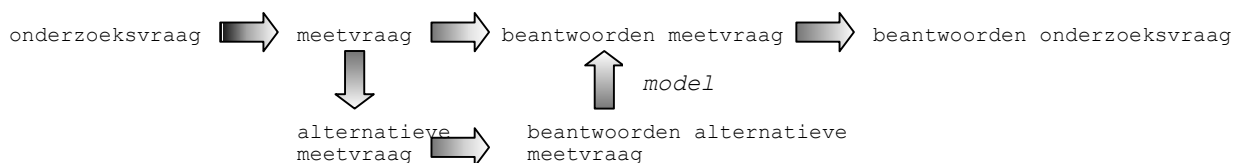
Soms is het noodzakelijk of praktisch een alternatieve meetvraag op te stellen (**stap 3c**). Een reden kan zijn dat een immissiemeting moeilijk uitvoerbaar is, omdat deze sterk afhankelijk is van weersomstandigheden. Als alternatief kan dan een emissiemeting of emissieberekening plaatsvinden, die vervolgens m.b.v. een verspreidingsmodel wordt omgerekend naar een immissieconcentratie op leefniveau.

Bij het voorbeeld kan er voor gekozen worden om een berekening uit te voeren naar de te verwachten emissie. Met een zogenaamd CAR-verspreidingsmodel kan vervolgens de immissie op leefniveau berekend worden.

Bij het opstellen van een meetstrategie (**stap 4**) moet rekening worden gehouden met de plaatselijke omstandigheden. Op sommige plekken kan bijvoorbeeld niet gemeten worden vanwege de aanwezigheid van obstakels. Er moet rekening worden gehouden met bijvoorbeeld mogelijke achtergrondconcentraties en de windrichting.

Bij het voorbeeld kan aan beide kanten van de snelweg worden gemeten en worden bijgehouden wat de windrichting tijdens de metingen is. Ook kan tientallen meters van de snelweg af een meting worden verricht om, zonder verspreidingsmodel, iets te kunnen zeggen over de verspreiding van de emissie.

Daarna vindt het daadwerkelijke veldwerk plaats (meetonderzoek; **stap 5**). Na de uitvoering van het veldwerk worden de genomen monsters opgeslagen en geanalyseerd. Nu kan de meetvraag beantwoord worden (**stap 6**) en vervolgens de onderzoeksvraag (**stap 7**). Als er sprake is van een alternatieve meetvraag moet echter nog een tussenstap worden gemaakt. M.b.v. een model wordt eerst het antwoord op de alternatieve meetvraag omgezet in een antwoord op de oorspronkelijke meetvraag om vervolgens deze te vertalen in een antwoord op de onderzoeksvraag (zie figuur 1.3).



Figuur 1.3 Stappenplan van onderzoeksvraag tot beantwoorden van de onderzoeksvraag. Voor het vertalen van het antwoord op de alternatieve meetvraag naar het antwoord op de oorspronkelijke meetvraag is een model nodig

De vraag is of de onderzoeksvraag naar volle tevredenheid beantwoord kan worden. Zo niet, dan kan dat aanleiding zijn tot een nieuw onderzoek (**stap 1**).

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een introductie van het onderwerp stofdeeltjes in de buitenlucht opgenomen. Hierin zijn een aantal basisbegrippen behandeld die hiermee te maken hebben. In hoofdstuk 3 t/m 6 worden, per stap van de meetcirkel, de opbouw en inhoud van meetrapporten over stofdeeltjes in de buitenlucht besproken. In bijlage 1 zijn gebruikte afkortingen opgenomen. Bijlage 2 bevat de defenities van gebruikte vaktermen. Bijlage 3 geeft een samenvatting van het doorlopen van de meetcirkel van alle in dit rapport behandelde soorten meetrapporten. In de tekst wordt naar de overige bijlagen verwezen. Voor verdere verdieping van een aantal deelonderwerpen in deze handleiding kan de literatuurlijst geraadpleegd worden.

Basisbegrippen

2.1 Inleiding

Stofdeeltjes in de buitenlucht is een verschijnsel van alle tijden. Voor de sterke groei van de bevolking in Europa gedurende de periode 1000-1350 waren stofdeeltjes vooral afkomstig van natuurlijke bronnen (bijvoorbeeld door winderosie). Met de sterke bevolkingstoename nam, door het toegenomen brandstofgebruik, de stofdeeltjesconcentratie in de lucht sterk toe. Hout en turf werden als brandstof gebruikt. Vanaf het midden van de 13e eeuw ging men gedeeltelijk over op kolen. Gedurende de industriële revolutie, vanaf 1800, werden door de uitvinding van de stoommachine steeds meer kolen gebruikt. Vanwege de toenemende bedrijvigheid (verwerken grondstoffen, overslag, etc..) werden de schadelijke gevolgen zichtbaar. De metaalverwerkende industrie veroorzaakte in de Harz (gebergte in Duitsland) bijvoorbeeld kale plekken in de bossen. Dit kwam door het neerslaan van een dikke stoflaag op de vegetatie. Tegenwoordig is de industrie nog steeds een belangrijke stofbron (Open Universiteit, 1997).

In de onderstaande paragrafen is voor een beter begrip van meetonderzoeken naar stofdeeltjes ingegaan op enkele basisbegrippen. In § 2.2 is aangegeven hoe stofdeeltjes kunnen worden ingedeeld in verschillende categoriën. Vervolgens zijn in § 2.3 de verschillende stofbronnen weergegeven. In § 2.4 is besproken hoe de geëmitteerde stofdeeltjes tot depositie kunnen komen. In § 2.5 zijn de mogelijke effecten van stofdeeltjes in de buitenlucht uitgelicht.

2.2 Mogelijke indelingen van stofdeeltjes

Stofdeeltjes kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld.

Allereerst kunnen stofdeeltjes worden onderverdeeld naar fase waarin ze voorkomen:

- primaire deeltjes;
- secundaire deeltjes en;
- hydrometeoren.

Primaire deeltjes zijn stofdeeltjes die direct als stofdeeltje in de atmosfeer komen, zoals opstuiwend zand. Secundaire deeltjes worden gevormd door gasdeeltjesconversie in de lucht, wat onderverdeeld kan worden in accretie en nucleatie van gasmoleculen. Accretie is het condenseren van gassen op bestaande kleine deeltjes en nucleatie is spontane vorming van stofdeeltjes uit gas. Secundaire deeltjes zijn hoofdzakelijk

omzettingsproducten van primair geëmitteerde SO_2 , NO_x en NH_3 (Annema et al., 1994). Deeltjes waar wolken- en regendruppels uit bestaan worden hydrometeoren genoemd.

Ten tweede kunnen stofdeeltjes ingedeeld worden naar grootte. De grootte van deeltjes wordt aangegeven met de aërodynamische diameter. Dit is de diameter van een imaginair bolvormig deeltje met een dichtheid van één, dat dezelfde weerstand (valsnelheid) ondervindt als het werkelijke niet-bolvormig deeltje. In de literatuur wordt vaak de volgende indeling aangehouden:

- fijn stof ($< 10 \mu\text{m}$)(PM_{10}) en;
- grof stof ($> 10 \mu\text{m}$).

Deze indeling is gebaseerd op twee verschillende, mogelijke gevolgen van stofemissie, namelijk gezondheidsklachten door fijn stof (door opname in het ademhalingsstelsel) en (visuele) hinder door grof stof (zie verder § 2.5).

Daarnaast hanteert het RIVM (Bloemen et al., 1998) de onderstaande indeling:

- zeer fijne deeltjes ($< 0,1 \mu\text{m}$);
- fijne deeltjes ($< 2,5 \mu\text{m}$ en $> 0,1 \mu\text{m}$) en;
- grove deeltjes ($> 2,5 \mu\text{m}$).

In Nederland bestaat de fijn stof fractie ($< 10 \mu\text{m}$), behalve in de buurt van mechanische bronnen, voor 2/3 uit een fractie kleiner dan $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$). Volgens Amerikaans onderzoek (zie Arends et al., 1998) is deze laatstgenoemde fractie het sterkst gecorrelleerd met gezondheidseffecten. Op basis hiervan heeft het RIVM deze indeling overgenomen. De $\text{PM}_{2,5}$ -fractie heeft een heterogene samenstelling. Het bestaat voornamelijk uit secundair aërosol (zoals ammoniumverbindingen) en roet (primair, koolstofhoudend aërosol al dan niet met geadsorbeerde zware metalen). In de PM_{10} -fractie zit naast deze componenten nog zeezout. Daarnaast bestaat de PM_{10} -fractie uit plantedelen en gecondenseerde organische componenten (o.a. Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK)). Grof stof bestaat voornamelijk uit minerale delen zoals zand; bij fijn stof is dat een kleiner aandeel (Arends et al., 1998). Verder wordt in de literatuur gesproken over de fractie PM_{carb} (zwarte rook). Dit zijn deeltjes die bij verbrandingsprocessen zijn gevormd (roet) inclusief andere zwart gekleurde deeltjes. Het merendeel van deze deeltjes maakt deel uit van de $\text{PM}_{2,5}$ -fractie. Zwarte rook bestaat voornamelijk uit grafiet (puur koolstof) en PAK (door onvolledige verbranding gevormd).

2.3 Stofbronnen

Stofdeeltjes in de buitenlucht zijn afkomstig van verschillende bronnen. Stofbronnen kunnen zowel van natuurlijke als antropogene oorsprong zijn.

2.3.1 Natuurlijke bronnen

Bij natuurlijke bronnen kan worden gedacht aan:

- bodem (vaak braakliggend terrein);
- vegetatie (b.v. stuifmeel);
- zee (mariene aërosolen zoals zeezout);
- bosbranden;
- vulkaanuitbarstingen;
- meteorietinslagen.

De chemische samenstelling van de belangrijkste natuurlijke bronnen in Nederland zijn in tabel 2.1 weergegeven.

natuurlijke bron	chemische samenstelling
Bodem	Na ⁺ , K ⁺ , humus en organisch materiaal
Zee	Na ⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ en Br ⁻ (Mariene aerosoldeeltjes)
Vegetatie	organische moleculen (lipiden & vetzuren)

Tabel 2.1 Natuurlijke stofbronnen in Nederland en hun chemische samenstelling

Over deze bronnen is in kwantitatief opzicht relatief weinig bekend. Het is wel bekend dat de bijdrage van de natuurlijke bronnen in Nederland t.a.v. antropogene bronnen niet groot is. Lokaal kunnen natuurlijke bronnen echter tot overlast leiden, zoals bij zand of lössgrond, onverharde wegen of militaire oefenterreinen (Slooff, 1987).

2.3.2 Antropogene bronnen

Antropogene bronnen kunnen ruwweg worden onderverdeeld in fijn stof- en grof stof bronnen

Fijn stof

De belangrijkste antropogene bronnen die in Nederland een bijdrage leveren aan de fijn stof-emissie zijn in tabel 2.2 opgenomen. De belangrijkste chemische componenten van de stofdeeltjes zijn in de laatste kolom weergegeven. Uit de tabel is op te maken dat de meeste fijn stofemissies worden veroorzaakt door verbrandingsprocessen.

fijn stof bronnen	onder te verdelen in...	Belangrijke chemische componenten
Industrie	voedingsindustrie	organische verbindingen
	raffinaderijen	roet, PAK, metalen, organisch verbindingen
	chemische industrie	wisselend
	bouwmaterialen, keramische en glas industrie	anorganisch stof
	metallurgische industrie	ijzer
	overig	wisselend
energieopwekking	energiecentrales	roet
	diffuse bronnen (woningen, etc..)	wisselend
verkeer	personenauto's (benzine, diesel, lpg), bestelauto's (diesel), bussen (diesel, gas)	uitlaatgassen: PM _{2,5} (gem. samenstelling: 47 % organische koolstof, 30 % roet)
	bandslijtage	rubber
	wegdekslijtage	PM ₁₀
	scheepvaart	Uitlaatgassen (vnl. afkomstig van dieselverkeer)
	spoorwegen	Metalen (Cu, Fe)
landbouw	veeteelt, pluimveehouderij, drogerijen, grondbewerking, oogsten	organische stof
overig	afvalverbranding, handel, diensten, overheid, bouw, consumenten	divers

Tabel 2.2 Indeling Nederlandse (antropogene) bronnen die bijdragen aan fijn stof-concentraties in de buitenlucht (uit: Bloemen et al., 1998, Annema et al., 1994 en Van den Brink, 1996)

In het begin van de jaren '60 werd antropogeen fijn stof nog vooral gekenmerkt door de zogenaamde zwarte rook uit kolenstook en tot het begin van de jaren '80 door zwavelhoudende aërosolen uit oliegestookte grote vuurhaarden (centrales, raffinaderijen, industrie). Bij de huidige, lagere fijn stof concentraties lijkt het moeilijker de onderliggende emissiebronnen te identificeren. Tegenwoordig zijn de grootste fijn stof bronnen de aardolie- en basismetalaalindustrie, de chemische industrie en weg- en waterverkeer (vnl. uitlaatgassen) (Wesseling et al., 1999)(Industriegroep LAE, 2001).

De verhoging van de concentraties aan fijn stof kan onder bepaalde (weers)omstandigheden tot smogvorming leiden. Bij smog moet gedacht worden aan een periodiek sterke toename van de luchtverontreiniging, voornamelijk veroorzaakt door antropogene luchtmissies van bepaalde stoffen, zoals fijn stof, NO₂ en SO₂. Door een toename van NO₂ emissies kan via fotolyse ozon (O₃) worden gevormd. In navolging van de Europese Richtlijnen wordt in Nederland vanaf 2001 een indeling in smogklassen aangehouden (zie tabel 2.3).

smogklasse	fijn stof	Ozon	NO ₂	SO ₂
geen/gering	< 50	< 180	< 200	< 350
matig	> 50	> 180	> 200	> 350
ernstig	> 200	> 240	> 400	> 500

Tabel 2.3 Indeling in smogklassen in microgram/m³

Bij mensen met een chronische aandoening aan de luchtwegen kunnen de klachten bij matige en ernstige smog verergeren. Dagelijkse berichten over smog en adviezen over dit onderwerp zijn te vinden op internet (www.teletekst.nos.nl (p.711 en 712)). Smog kan een rol van betekenis spelen bij het vóórkomen van eventuele klachten over gezondheid en/of hinder op lokaal niveau.

Grof stof

Bij primaire, antropogene grof stof bronnen kan volgens Vrins (2000) aan de in tabel 2.4 opgenomen bronnen gedacht worden. Grof stofemissies worden voornamelijk veroorzaakt door mechanische processen, zoals transport en/of laden en lossen.

grofstofemissie (ton/jaar) (PM ₁₀)	type bronnen	stofhinder ?
< 5	agrarisch bedrijf, kleine bouwlocatie	nauwelijks
5 – 20	ijzergieterij, shredderbedrijf, vuilstort	op zeer korte afstand hinder
20 – 100	puinbrekerij, vliegasoepslog	meestal geen hinder omdat dergelijke bedrijven meestal ver van bebouwing zijn gesitueerd
110 – 500	cementindustrie, kleinere overslagbedrijven	hinder tot 1 km afstand
500 – 3000	grote overslagbedrijven, staalproductie	hinder op enkele km afstand

Tabel 2.4 Grofstofemissies, type bronnen en mate van stofhinder (uit: Vrins, 2000)

In deze tabel zijn de emissiehoeveelheden per jaar, het type bron en de (op ervaringsfeiten gebaseerde) mate van hinder weergegeven. Te zien is dat de hinderkans en -reikwijdte toenemen bij een grotere emissiebron. Ter indicatie: een emissie van 1 g/s komt overeen met 31,5 ton/jaar (Vrins, 2000).

2.4 Verwijdering uit de lucht

Geëmitteerde stofdeeltjes slaan vervolgens weer neer onder invloed van verschillende verwijderingsprocessen. Bij verwijderingsprocessen van stofdeeltjes uit de lucht kan gedacht worden aan depositie. Bij depositie wordt onderscheid gemaakt tussen droge en natte depositie. Bij droge depositie is sprake van neerslag van stofdeeltjes. Bij natte depositie kan gedacht worden aan twee mechanismen:

- atmosferische deeltjes die fungeren als condensatiekern voor water en in de vorm van neerslag uitregenen;
- uitwassen of invang door neerslag (interceptie).

Het laatstgenoemde mechanisme geldt voornamelijk voor grove deeltjes (> 10 μm equivalente diameter) en in mindere mate voor fijn stof.

De snelheid van de verwijderingsprocessen is afhankelijk van:

- de korrelgrootte;
- de weersomstandigheden;
- de hoogte van de bron en de snelheid waarmee de emissie vrijkomt (denk aan een schoorsteen);
- de ruwheid van het terrein.

In de volgende paragrafen zijn deze factoren kort toegelicht.

2.4.1 Korrelgrootte

De korrelgrootte is een fysische eigenschap die sterke invloed heeft op de snelheid van de verwijderingsprocessen. De korrelgrootte wordt meestal uitgedrukt in aërodynamische diameter. Dit is de diameter van een imaginair bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 dat dezelfde weerstand/valsnelheid ondervindt als het werkelijke niet-bolvormig deeltje.

Vanwege de grote depositiesnelheid van grove stofdeeltjes is de verspreiding hiervan gering en vormen grof stof emissiebronnen vaak slechts een lokaal probleem. Fijn stof deeltjes verspreiden zich verder en worden opgemengd met de omringende lucht tot een achtergrondconcentratie. In figuur 2.1 is een voorbeeld gegeven van een antropogene bron, waarbij stofdeeltjes van verschillende korrelgrootte emitteren naar de lucht.

Figuur 2.1 Verspreiding van grof en fijn stof vanuit een antropogene bron (Vrins, 2000)

2.4.2 Weersomstandigheden

Weersomstandigheden die invloed hebben op de depositiesnelheid van stofdeeltjes zijn o.a. neerslag, de windrichting en -kracht en de stabiliteit van het weer. Hieronder worden deze factoren kort besproken.

Neerslag heeft vooral invloed op de verspreiding van grof stof, omdat vooral de grovere stofdeeltjes ingevangen worden door regendruppels. De factoren wind en stabiliteit van het weer kunnen aan de hand van een figuur toegelicht worden. In figuur 2.2 is de verspreiding van een antropogene puntbron onder verschillende weersomstandigheden weergegeven. Bij stabiel weer met de warmere, hogere luchtlagen zal bijvoorbeeld de emissie minder verspreid worden (inversie), omdat de stofdeeltjes dan in de koudere (onderste) luchtlaag zullen blijven hangen. Wel moet hierbij aangetekend worden dat grof stofdepositie zich veel minder aantrekt van de stabiliteit van de lucht dan fijn stof en sterker bepaald wordt door de zwaartekracht. De dispersie (verspreiding en menging van de stofdeeltjes in de lucht) is ook afhankelijk van de turbulentie. Turbulentie van lucht is vaak sterk lokatie specifiek. Zo kan gedacht worden aan turbulentie rond gebouwen of andere 'obstakels'.

diep, onstabiele luchtlaag en
weinig wind → fluctuerende
verontreiniging

stabiele, sterke wind

sterke inversie (geen dispersie)

inversie onder schoorsteentop →
geen menging neerwaarts, weinig
oppervlakte verontreiniging

inversie boven schoorsteen top →
menging neerwaarts, maximale
oppervlakte verontreiniging

zwakke inversie en weinig wind

Figuur 2.2 Schoorsteen pluim eigenschappen als een functie van de stabiliteit van het weer en de windsnelheid (Henderson en Robinson, 1986)

2.4.3 Bronhoogte

De bronhoogte heeft invloed op de verspreidingsmechanismen. Hoe hoger de bron, des te groter de verspreiding van de emissie zal zijn. Bij schoorstenen wordt vaak voor de input van verspreidingsmodellen gewerkt met de zogenaamde effectieve schoorsteenhoogte. Deze is afhankelijk van de werkelijke hoogte, de snelheid waarmee de emissie vrijkomt en de warmte-inhoud van het afgas. Hoe hoger de emissiesnelheid des te hoger het punt zal zijn, van waaruit er sprake zal zijn van een horizontale verspreiding.

2.4.4 Ruwheid van het terrein

Bij hoge obstakels kan de emissie worden ingevangen. Bekend is dat bijvoorbeeld bosranden veel meer te verduren hebben van luchtverontreiniging dan dieper het bos in. De ruwheid van een terrein wordt

uitgedrukt in een zogenaamde ruwheidslengte (z_0). In tabel 2.5 zijn voorbeelden gegeven van ruwheidslengten voor verschillende typen oppervlakten.

oppervlakte type	hoogte (cm)	z_0 (cm)
naaldbos	555	283
maisveld	220	84,5
tarweveld	60	23
gras	5-6	0,75

Tabel 2.5 Voorbeelden van ruwheidslengten (z_0). Naar: Henderson en Robinson (1986)

2.5 Mogelijke effecten van stofdeeltjes in de lucht

Eén van de mogelijke gevolgen van stofemissie zijn gezondheidsproblemen. Dit wordt vooral veroorzaakt door de fractie PM_{10} . De grovere stofdeeltjes kunnen leiden tot (visuele) hinder. In figuur 2.3 is dit nog eens schematisch weergegeven.

Figuur 2.3 Korrelgrootte en mogelijke gevolgen van stofemissie.

2.5.1 Hinder

In de jaren tachtig en begin jaren negentig werd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kolen (NOK) een onderzoek uitgevoerd naar de oorzaken en gevolgen van opwaaiend kolenstof bij een op- en overslag van kolen (Vrins en van Zuylen, 1991). Uit dit onderzoek bleek dat zeer plaatselijke (visuele) hinder het enige relevante effect was dat optrad. Dit werd veroorzaakt door grof stof. Vanwege het lokale karakter van het onderzochte probleem was bij de overheid geen behoefte aan een nationale standaardisatie van het meten van grof stof. Er zijn daarom geen specifieke normen voor grof stofemissies.

Depositie van zwevend stof vervuult materiaaloppervlakken. Dit leidt tot een esthetische waardevermindering, een lagere waardering van de (woon)omgeving en/of tot schade (aantasting door zure deeltjes). Het periodiek voorkomen van hoge vervuilingssnelheden kan aanleiding geven tot hinderklachten. In tabel 2.6 zijn factoren weergegeven die de mate van vervuiling beïnvloeden.

Factor	parameter	effect/proces
menselijke factoren	subjectieve beleving	
eigenschappen van materiaal waarop stofdeeltjes kunnen neerslaan	ruwheid van het oppervlak	invangen van deeltjes, depositiesnelheid
	reflectie van het oppervlak (kleur)	vervuilingscontrast
omgevingsfactoren	windsnelheid	turbulentie, depositie van deeltjes
	regenintensiteit	afspoelen van deeltjes
	relatieve vochtigheid	verhoogde depositie van deeltjes, invangen van deeltjes
eigenschappen van stofdeeltjes	concentratie	depositieflux
	deeltjesgrootte	depositiesnelheid
	lichtreflectie (kleur)	vervuilingscontrast
	kleefbaarheid	invangen van deeltjes
	soortelijke massa	verspreiding en depositie
microbiologische processen	schimmels, algen en wieren	verkleuring

Tabel 2.6 Factoren die de mate van vervuiling beïnvloeden (uit: Slooff, 1987; CWU, 1999)

Het is moeilijk een aanvaardbaarheidsdrempel te kwantificeren voor hinder door stofdeeltjes op oppervlakken, vanwege de vele factoren die hier invloed op hebben. In § 4.3.1 wordt hier verder op ingegaan.

2.5.2 Blootstellingsroutes en mogelijke gezondheidseffecten

Gezondheidsklachten kunnen veroorzaakt worden via een drietal blootstellingsroutes: via huiddepositie, voedsel en inademing. Bij stofdeeltjes wordt de blootstelling via de inademing als de belangrijkste beschouwd (Vincent, 1989). Blootstelling via huiddepositie kan een belangrijk probleem vormen bij hoge concentraties aan bijvoorbeeld PAK. Op de werkvloer kan dit op lange termijn tot gezondheidsproblemen leiden. In de buitenlucht speelt deze blootstellingsroute vanwege de lagere concentraties aan bijvoorbeeld PAK geen grote rol. De blootstellingsroute via voedsel is meestal eenvoudig te beperken door het wassen van het voedsel voor consumptie.

Het ademhalingsstelsel heeft vijf afweermechanismen tegen in de lucht meegevoerd stof:

- slijmvlies in de neusholte: vooral grotere deeltjes zullen blijven plakken en bij snuiten verwijderd worden;
- trilhaarcellen in de luchtpijp en de bronchiën tussen de slijmvliezen. Stofdeeltjes worden met het slijm naar boven gebracht;
- hoesten: bij prikkeling van de luchtpijp wordt hoesten opgewekt, waardoor stofdeeltjes en bacteriën verwijderd worden;
- macrofagen: deeltjes die in de longen terecht komen, worden door macrofagen (vrije cellen) opgenomen en verwijderd via het lymfestelsel;
- afvoer via het bloed. Dit kan alleen met zeer kleine deeltjes (moleculair niveau) zoals lood.

Dergelijke afweermechanismen werken afdoende, zolang de concentratie aan stofdeeltjes voldoende laag is. In geen enkele studie is echter een grenswaarde aangegeven van de PM_{10} - of $PM_{2,5}$ -concentratie, waaronder geen gezondheidseffecten meer optreden (Bloemen et al., 1998).

Met behulp van experimenteel onderzoek zijn vanaf het eind van de jaren zeventig criteria opgesteld voor de mate waarin stofdeeltjes bij de mens via de neus en mond in het lichaam komt. Vastgesteld werd dat er geen duidelijke maximale deeltjesgrootte is te meten, maar dat door gravitatie deeltjes groter dan 100 μm niet snel zullen worden opgenomen (Vincent, 1989).

Begin jaren tachtig is de ISO (International Standards Organisation) begonnen met het ontwikkelen van standaard methodieken voor het meten van stofdeeltjes in relatie met gezondheid. De inhaleerbare fractie wordt daarbij onderverdeeld in:

- de extrathoracale fractie;
- de thoracale fractie en;
- de respirabele fractie.

De extrathoracale fractie slaat neer in de neus- en keelholte. De deeltjesgrootte van deze fractie ligt rond het bereik 10-100 μm . De thoracale fractie is de fractie deeltjes die voorbij de keelholte neerslaat (circa < 10 μm). De respirabele fractie is de fractie die uiteindelijk in de longen neerslaat (zie figuur 2.4). Van de opnamecapaciteit als functie van de deeltjesgrootte is een standaard functieverloop vastgesteld (zie figuur 2.5).

<i>nasopharynx</i>	<i>neusholte</i>
<i>larynx</i>	<i>keelholte</i>
<i>trachea</i>	<i>luchtpijp</i>
<i>bronchi(oles)</i>	<i>vertakkingen van de luchtpijp</i>
<i>alveoli</i>	<i>longen</i>

Figuur 2.4 Schematische weergave van het ademhalingsstelsel (Vincent, 1989)

Figuur 2.5 ISO curves voor de inhaleerbare, thoracale en respirabele aërosol als fracties van het totaal. De overige curves zijn hiervan afgeleid (Vincent, 1989)

Sommige deeltjes voldoen niet aan de standaard ronde vorm, maar zijn langwerpig. Stoffen die een dergelijke vorm hebben worden fibrogene stoffen genoemd. Onder deze groep vallen alle vezelvormige stoffen, waaronder asbest. Deze stoffen kunnen relatief makkelijk in de longen komen. Tevens zijn de longen minder goed in staat deze vezelvormige stoffen te elimineren.

Inhaleerbare deeltjes kunnen op drie manieren gezondheidseffecten veroorzaken (Keuken et al., 1999):

- een direct mechanisch effect op de ademhalingswegen;
- een direct (systematisch) toxisch effect en:
- een indirect effect als drager van toxische stoffen.

Uit epidemiologisch onderzoek blijkt dat er consistente verbanden bestaan tussen een toename in de PM₁₀-concentratie in de lucht en gezondheidseffecten. Figuur 2.6 geeft een schematische weergave van dit verband.

Figuur 2.6 Schematische weergave van de omvang van gezondheidsrisico's geassocieerd met fijn stof. De omvang van de effecten neemt af naarmate de ernst ervan toeneemt (Bloemen et al., 1998)

De causaliteit van de blootstelling-effect relaties is echter niet aangetoond (Bloemen et al., 1998). Evenmin is er inzicht in de effect-bepalende fracties of componenten van fijn stof. Inhalatie-toxicologisch onderzoek heeft aangetoond dat deeltjes met uiteenlopende chemische en fysische eigenschappen effecten in de luchtwegen kunnen veroorzaken. De hierbij toegepaste concentraties zijn veelal fors hoger dan die in de buitenlucht voorkomen (Bloemen et al., 1998). Tabel 2.7 geeft hiervan een aantal voorbeelden.

soorten bronnen (voorbeelden)	soort stofdeeltjes	acute effecten	effecten op lange termijn
keramische industrie, kolenindustrie, zandsteen verwerkende bedrijven	kwartsen (kwarts, veldspaat, kaolien)	kortademigheid, hoesten, pijn in de borst (silicose)	bronchitis, emfyseem (lucht tussen longen en borstvlies)
materialen in de industrie en bouw	asbest (serpentijn, amfibool)	kortademigheid (asbestose)	asbestose, kanker
rubber- en accu-industrie, talkmijnen en -maalderijen	plaatvormige en vezelvormige talk	hoesten, kortademigheid	verdikking uiteinde vingers (trommelstokvingers), cyanose van lippen en nagelbedden (blauwverkleuring)
metaalverwerkende industrie	niet-inerte metalen (aluminium, berilium en siliconcarbide)	hoesten, kortademigheid	longaandoeningen
katoen, meel, jute, hooi, stro	organische stof	allergie (astma, hooikoorts), niet-allergische overgevoeligheid	chronische bronchitis, chronische emfyseem

Tabel 2.7 Soorten bronnen, stofdeeltjes en effecten op de gezondheid (naar: CWU (1980) en Chemiekaarten (1999))

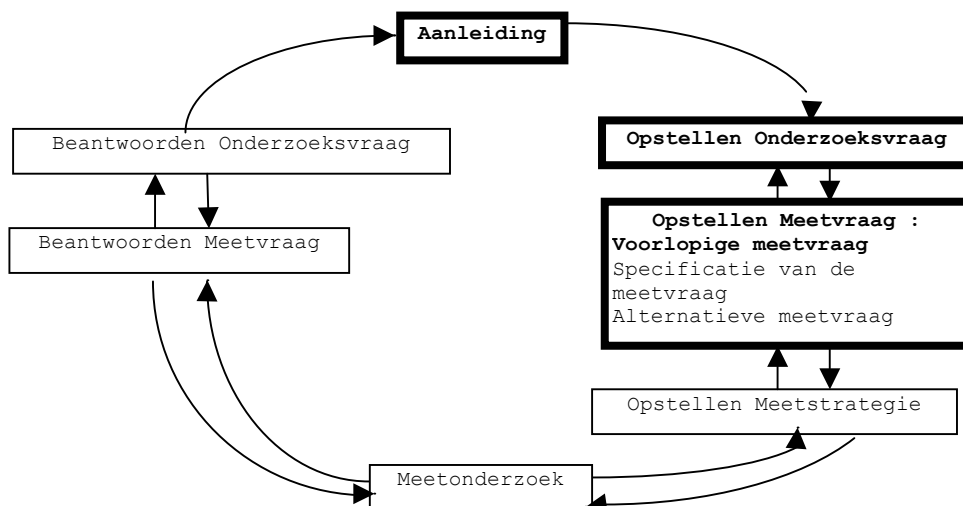
Voor een uitgebreid overzicht van soorten aandoeningen wordt verder verwezen naar het Handboek stof van de voormalige Chemiewinkel van de UvA (1990), een publicatie van het CWU (1980) en Bloemen et al.(1998).

Binnenshuis is de luchtsamenstelling anders dan in het buitenmilieu. In bijlage 4 wordt hier nader op ingegaan.

Van aanleiding tot voorlopige meetvraag

3.1 Inleiding

In figuur 3.1 is weergegeven welk onderdelen van de meetcirkel in dit hoofdstuk behandeld worden (vetgedrukt).



Figuur 3.1 Onderdelen van de meetcirkel die in dit hoofdstuk behandeld worden (vetgedrukt) (naar: Haselager, 2001)

Er zijn verschillende aanleidingen om over te gaan tot een onderzoek naar stofdeeltjes. In de volgende paragrafen worden verschillende mogelijke aanleidingen besproken: inrichtingen (§ 3.2.1) en autowegen (§ 3.2.2) (beiden wettelijke verplichtingen), gezondheidsklachten (§ 3.2.3) en hinder (§ 3.2.4). Deze indeling wil echter niet zeggen dat het niet voorkomt dat er onderzoek plaatsvindt bij inrichtingen en autowegen naar aanleiding van gezondheidsklachten en/ of hinder. Gezondheidsklachten en/of hinder

worden echter apart behandeld, omdat dit kan leiden tot een andere onderzoeksopzet. In § 3.3 zijn de voorlopige meetvragen opgesteld. De voorlopige meetvraag is nog zeer algemeen/theoretisch van aard en kan nog niet concreet gebruikt worden bij een toekomstig meetonderzoek.

3.2 Opstellen van de onderzoeksvraag

3.2.1 Inrichtingen

Eén van de mogelijke aanleidingen voor een stofonderzoek is de vestiging of uitbreiding van een bedrijf. Op basis van de Wet Milieubeheer moet het bedrijf een milieuvergunning aanvragen. In hoofdstuk 8 van de Wet Milieubeheer zijn de uitzonderingen op deze vuistregel beschreven. Ook als een bedrijf al wel gevestigd is, maar door verandering in de bedrijfsvoering vergunningsplichtig is geworden, moet een milieuvergunning worden aangevraagd.

Als een bedrijf onder het Besluit Risico Zware Ongevallen (BRZO) valt, kan door het bevoegd gezag aanvullende informatie worden geëist over bijvoorbeeld mogelijk stofexplosiegevaar. Als een bedrijf niet onder dit besluit valt, maar er twijfel bestaat over de veiligheid, dan kan het bevoegd gezag op grond van artikel 5.6 (Inrichtingen- en Vergunningenbesluit Milieubeheer) aanvullend onderzoek eisen naar het externe risico van het bedrijf. Meestal worden in overleg met het bedrijf deze eisen al in de voorschriften opgenomen, zodat artikel 5.6 niet ingezet hoeft te worden.

Het BRZO is een staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden (nr. 234). In dit staatsblad staat precies omschreven welke inrichtingen onder dit besluit vallen

een mogelijke risicofactor bij een bedrijf kan een stofexplosie zijn. Een stofexplosie kan ontstaan bij de aanwezigheid van de onderstaande punten:

- *brandstof;*
- *zuurstofbron;*
- *ontstekingsbron (zoals statische electriciteit, brandende sigaret, laswerkzaamheden, etc.);*
- *(een afgesloten ruimte) (deze factor is niet noodzakelijk, maar verhoogd het risico wel)*

Bij een stofexplosie vindt er een explosie verbranding van poeders, korrels of andere kleine deeltjes plaats. (zie voor uitgebreide informatie SWZ (1992))

Als het bevoegd gezag niet zeker is over mogelijke risico's, dan kan er voor gekozen worden het bedrijf een voorlopige vergunning te geven. Na de proefperiode kan dan alsnog een permanente vergunning worden afgegeven.

In artikel 5.1.h (IVM) is opgenomen dat de aard en omvang van de milieubelasting die een inrichting tijdens normaal bedrijf kan veroorzaken in kaart moet worden gebracht. Het bedrijf wordt geacht te voldoen aan bepaalde emissie-eisen, die in wettelijke regelingen of in de Nederlandse emissie Richtlijn lucht (NeR) (InfoMil, 2000) zijn opgesteld (zie verder § 4.3). De NeR is een richtlijn waar gemotiveerd van mag worden afgeweken. De emissie-eisen zijn gebaseerd op de stand der techniek en zijn dus niet rechtstreeks gekoppeld aan milieukwaliteitseisen ofwel de algemene buitenluchtkwaliteit. Een mogelijke onderzoeksvraag kan in het kader van de Wet Milieubeheer, zijn: *Voldoet het bedrijf aan de stofemissie-eis en zo nee, kan daar gemotiveerd van afgeweken worden ?*

Een andere aanleiding om een stofemissieonderzoek te laten uitvoeren bij een inrichting is als een stofreducerende maatregel is getroffen. Bij het plaatsen van bijvoorbeeld een filter kan een bedrijf aan de

leverancier vragen om een garantiemeting te verrichten. De leverancier moet met deze meting bewijzen dat het filter aan de eisen voldoet. De onderzoeksvraag kan in dat geval zijn: *Voldoet de stofreducerende maatregel aan de gegarandeerde stofreductie ?*

In een hinderwetvergunning (voorloper van de milieuvergunning) van de mengvoederfabriek "Firma Gelderland" te Doetinchem zijn, naast een emissie-eis, een aantal voorwaarden opgenomen ter voorkoming van stofhinder bij een aantal potentiële stofbronnen.

Bijvoorbeeld: het lossen van schepen dient te geschieden met behulp van gesloten leidingen; het lossen van vrachtauto's met grondstoffen dient uitsluitend te geschieden in ruimten met een deugdelijke overkapping; minimale open verbindingen met de buitenlucht en voorzien van een bronafzuiginstallatie met doekfilterinstallatie.

Dergelijke voorschriften zijn echter moeilijk handhaafbaar door termen als deugdelijk en minimaal. Deze termen zouden eigenlijk nader gespecificeerd moeten worden.

Ook kan gekeken worden naar het totaal effect van de inzet van een pakket aan nageschakelde reducerende maatregelen. Hierbij gaat het om het testen van dergelijke maatregelen. Een dergelijk onderzoek wordt ook wel een rendementsonderzoek genoemd. De onderzoeksvraag kan in dat geval zijn: *Wat is het rendement van de stofreducerende maatregelen ?*

Volgens de Wet Milieubeheer mag daarnaast de emissie van een bedrijf niet leiden tot concentraties boven de milieukwaliteitseisen in de leefomgeving (immissie eisen). Voor zwaveldioxide (SO₂), stikstofdioxide (NO₂), koolmonoxide (CO), lood (Pb), zwarte rook, ozon en benzeen zijn wettelijke grens- en richtwaarden opgesteld. Voor fijn stof zijn niet-wettelijke grenswaarden vastgesteld. Voor grof stof zijn geen grenswaarden opgesteld, maar geldt het subjectieve begrip hinder als maatstaf (zie verder § 4.3.1). De onderzoeksvraag is in dit geval: *Leidt de emissie van het bedrijf tot concentraties boven de milieukwaliteitseisen op leefniveau/ in de leefomgeving ?*

In de milieuvergunning moeten zowel de emissie- als de immissie-eisen opgenomen zijn. In de praktijk worden de immissiewaarden zelden getoetst, in de veronderstelling dat de emissie-eisen dusdanig streng zijn dat op leefniveau geen gezondheidsrisico's zijn te verwachten. Bepaalde omstandigheden kunnen echter aanleiding geven tot het berekenen van de immissie. Enkele voorbeelden zijn:

- als de emissie door gemotiveerd afwijken boven de emissie-eis ligt (zie bijlage 6);
- als de emissie net onder de emissie-eis ligt;
- als de schoorsteen van het bedrijf erg laag is;
- als het bedrijf ingesloten is door bebouwing;
- als dichtbij het bedrijf woningen liggen.

3.2.2 Autowegen

Gemeenten zijn volgens de Wet Milieubeheer verplicht elk jaar over de luchtkwaliteit rond verkeerswegen te rapporteren. Met behulp van verkeersintensiteitsmetingen, verkeerssamenstelling en het CAR-verspreidingsmodel (§ 5.2.3) kan gekeken worden of wordt voldaan aan de milieukwaliteitseisen. Met meetgegevens van het RIVM (op straatniveau, zie § 4.3.1) kan eventueel gekeken worden of de berekeningen een redelijk beeld geven. Er geldt echter alleen een meetverplichting voor de parameters CO, NO₂ en benzeen, al worden in de praktijk ook de parameters stof en zwarte rook meegenomen. Een onderzoeksvraag kan in dit geval zijn: *Wordt in de leefomgeving rond de weg voldaan aan de milieukwaliteitseisen ?*

3.2.3 Gezondheidsklachten

Een veel voorkomende aanleiding voor stofonderzoek is het feit dat omwonenden gezondheidsklachten hebben, die mogelijk gerelateerd zijn aan stofemissie afkomstig van bijvoorbeeld een weg of inrichting of een combinatie van meerdere fijn stofbronnen. Vaak speelt de aanwezigheid van een lokale bron en daarmee de herkenbaarheid van een stof (kleur, plakkerigheid) een rol. Dan wordt er eerder een verband gelegd met de eigen gezondheid(sproblemen). Niet via inademing, maar via bijvoorbeeld volkstuintjes kunnen omwonenden blootgesteld worden aan het neergeslagen stof. Het is echter afhankelijk van de chemische samenstelling van het stof en de mate van blootstelling of sprake kan zijn van gevaar voor de volksgezondheid. Bewoners kunnen een verzoek indienen om tot handhaving over te gaan of om een vernieuwde vergunning op te stellen (revisievergunning). Een onderzoeksvraag kan in dit geval zijn: *Is er een relatie tussen de (plaatselijke) luchtkwaliteit en de gezondheid van mensen ?*

3.2.4 Hinder

Naast de bovenstaande aanleidingen kunnen omwonenden last hebben van (visuele) hinder door stof. Het gaat in deze gevallen meestal om een grote belasting aan grof stof in een relatief korte tijd. Vaak heeft dit te maken met een combinatie van factoren. Onder bepaalde weersomstandigheden zal bijvoorbeeld meer stof kunnen emitteren en immiteren.

Bij hinder kan ook aan aanvreting van materialen gedacht worden. Het gaat dan meestal om zwavelzuuremissies (of sulfaat- of sulfiet-(stofdeeltjes)), één van de veroorzakers van zure regen. Vanwege de strenge aanpak aan de bron wordt naar dit verschijnsel echter nog maar weinig onderzoek verricht.

Alvorens over te gaan tot een stofonderzoek naar aanleiding van hinderklachten, kan door middel van een enquête de subjectiviteit van de hinder objectiever worden gemaakt. De mate van objectiviteit is afhankelijk van de samenstelling, de omvang en de duur van de enquête. Dergelijke enquêtes worden ook objectiever door deze niet te presenteren als enquêtes over hinder, maar als enquêtes over de kwaliteit van de woonomgeving. Een leefbaarheidsenquête wordt meestal in de vorm van een TLO (Telefonisch Leefbaarheids Onderzoek) uitgevoerd. In bijlage 5 worden kort samengevat de richtlijnen voor een TLO besproken. Deze richtlijnen zijn voorgeschreven door VROM (VROM, 1994). In eerste instantie was deze TLO ontwikkeld voor geurhinderklachten, maar wordt ook ingezet voor andere zogenaamde milieustressoren zoals stofdeeltjes.

Als vastgesteld is dat er sprake is van stofhinder, dan kan de onderzoeksvraag zijn: *Is het verzamelde stof mogelijk afkomstig van een metaalgieterij ?* (Timmer en Keuken, 1999) of *Wat is de relatieve bijdrage van Lage Weide ten opzichte van de zeer lokale bronnen (Amsterdamse Straatweg) en de wijdere omgeving ?* (Vrins, 2001).

3.2.5 Overzicht

Om het overzicht te behouden, zijn in de onderstaande tabel de verschillende aanleidingen en de hierbij aansluitende voorbeelden van onderzoeksvragen opgenomen. Sommige vragen zijn brongericht (**b**) en sommige vragen zijn objectgericht (**o**). Brongerichte vragen hebben tot doel om informatie over de bron te verkrijgen, terwijl objectgerichte vragen zijn gericht op effecten van een mogelijke verontreiniging. Deze indeling is van belang bij de volgende stap van het onderzoek, namelijk de formulering van de meetvraag.

aanleiding stofonderzoek	mogelijke onderzoeksvragen
vergunning inrichting (Wet Milieubeheer, Inrichtingen- en vergunningenbesluit Milieubeheer) (zie inrichtingen: § 3.2.1)	<i>Voldoet de inrichting aan de stofemissie-eis en zo nee, kan daar gemotiveerd van afgeweken worden ? (b)</i> <i>Leidt de emissie van de inrichting tot concentraties die de milieukwaliteitseisen op leefniveau overstijgen ? (o)</i>
producteis (bijvoorbeeld: filter) (zie inrichtingen: § 3.2.1)	<i>Voldoet de stofreducerende maatregel aan de gegarandeerde stofreductie ? (b)</i>
rendementsonderzoek nageschakelde reducerende technieken (zie inrichtingen: § 3.2.1)	<i>Wat is het rendement van de stofreducerende maatregelen ? (b)</i>
milieukwaliteit rond wegen (Wet Milieubeheer) (zie autowegen: § 3.2.2)	<i>Leidt de emissie afkomstig van de desbetreffende weg tot concentraties die de milieukwaliteitseisen op leefniveau overstijgen ? (o)</i>
gezondheidsklachten (zie gezondheidsklachten: § 3.2.3)	<i>Is er een relatie tussen de (plaatselijke) luchtkwaliteit en de gezondheid van mensen ? (o)</i>
hinder (meestal in combinatie met zorgen over de gezondheid) (zie hinder: § 3.2.4)	<i>Is het verzamelde stof mogelijk afkomstig van een metaalgieterij ? (Timmer en Keuken, 1999) (b) of</i> <i>Wat is de relatieve bijdrage van Lage Weide ten opzichte van de zeer lokale bronnen (Amsterdamse Straatweg) en de wijdere omgeving ? (Vrins, 2001) (b)</i>

Tabel 3.1 Overzicht aanleidingen stofonderzoek en mogelijke onderzoeksvragen

3.3 Het formuleren van de meetvraag

Na het opstellen van de onderzoeksvraag kan een meetvraag opgesteld worden. De meetvraag heeft in dit stadium een voorlopige status, omdat nog niet bekend is of het mogelijk is deze meetvraag te beantwoorden. Als door vooronderzoek aannemelijk is gemaakt dat stofdeeltjes een rol spelen bij de aanleiding tot onderzoek dan wordt deze parameter meegenomen. Zoals in de vorige paragraaf al is beschreven, is er een indeling gemaakt in bron- en objectgericht (stof)onderzoek. Aan het eind van § 3.3 is voor het overzicht een samenvatting gemaakt van mogelijke onderzoeksvragen (zie ook tabel 3.1) en de daarbij behorende (voorlopige) meetvragen.

3.3.1 Brongericht

In het geval van een (nieuwe) vergunning kan gekeken worden of de emissie voldoet aan de emissie-eisen die zijn opgesteld in de wettelijke regelingen of de NeR. De voorlopige meetvraag kan dan luiden: *Wat is de stofemissie van het toestel of de inrichting ?*

Bij de onderzoeksvraag '*Voldoet de stofreducerende maatregel aan de gegarandeerde stofreductie ?*' wordt gekeken of bijvoorbeeld een stoffilter voldoet aan de kwaliteitseis van een reductie van 80 % stofemissie. Een bedrijf geeft de opdracht, de leverancier meet. In principe geldt de regel: 'Niet goed, geld terug.' De meetvraag wordt dan: '*Wat is de stofemissie voor en na de inzet van het stofreducerende product ?*'

Als een bedrijf wil nagaan wat het effect is van bepaalde emissie reducerende maatregelen kan een onderzoeksbureau ingeschakeld worden om hiervoor metingen te verrichten. De meetvraag kan dan zijn: '*Wat is de stofemissie voor en na de inzet van de stofemissie reducerende maatregelen ?*' Bij deze vraag staat dus niet een specifiek product centraal, maar het geheel aan maatregelen.

Bij hinder door stofneerslag kan nagegaan worden wat de bron kan zijn. De meetvraag kan dan zijn: *Hoe zijn de windrichting en de immissie verdeeld over de tijd ?* vaak in combinatie met de vraag: *Wat is de samenstelling van de stofdepositie ?* Een andere meetvraag kan zijn: *Wat is de emissie van de individuele, potentiële diffuse bronnen ?* vaak in combinatie met een objectgerichte vraag (zie hieronder).

3.3.2 Objectgericht

Bij (potentiële) gezondheidsklachten (bij wegen en/of inrichtingen) of bij de aanvraag van een (nieuwe) vergunning wil men de concentratie van de desbetreffende parameter op leefniveau weten. De voorlopige meetvraag kan dan luiden: *Wat is de stofconcentratie op leefniveau en in een referentiegebied ?*

Een referentiegebied is een gebied waar overeenkomstige concentraties zijn te verwachten, maar dat niet in de invloedssfeer valt van de potentiële emissiebronnen die vermoedelijk tot klachten leiden.

De meetvragen zijn in tabel 3.2 nog eens weergegeven.

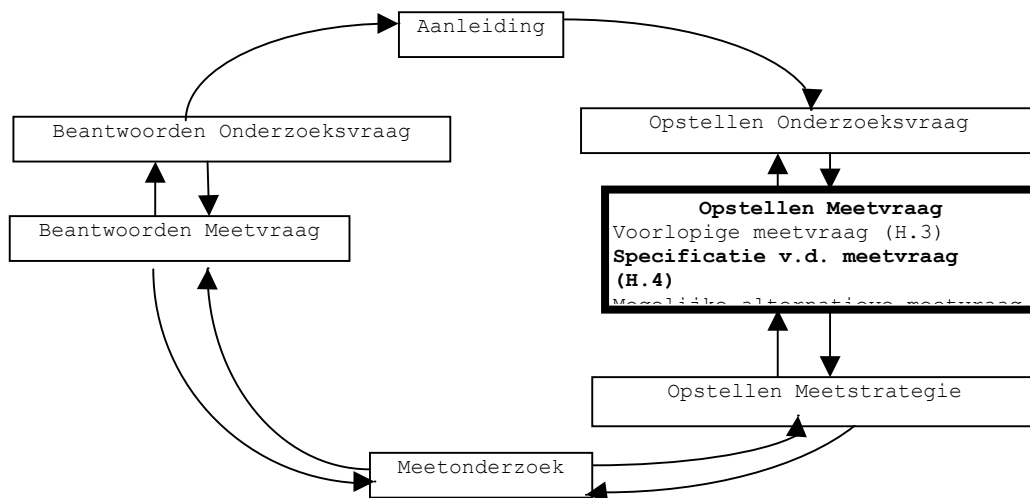
Mogelijke onderzoeksvragen	Voorlopige meetvragen
Brongericht	
<i>Voldoet het bedrijf aan de stofemissie-eis en zo nee, kan daar gemotiveerd van afgeweken worden ?</i>	<i>Hoe groot is de stof emissie van het installaties/ de inrichting (emissie) ?</i>
<i>Voldoet de stofreducerende maatregel aan de gegarandeerde stofreductie ?</i>	<i>Wat is de stofemissie voor en na de inzet van het stofreducerende product ?</i>
<i>Wat is het rendement van de stofreducerende maatregelen ?</i>	<i>Wat is de stofemissie voor en na de inzet van de stofemissie reducerende maatregelen ?</i>
<i>Is het verzamelde stof mogelijk afkomstig van een metaalgieterij ? (Timmer en Keuken, 1999)</i>	<i>Hoe zijn de windrichting en de immissie verdeeld over de tijd ?</i>
<i>Is het verzamelde stof mogelijk afkomstig van een metaalgieterij ? (Timmer en Keuken, 1999)</i>	<i>Wat is de samenstelling van het stof (emissie, immissie) ?</i>
<i>Wat is de relatieve bijdrage van Lage Weide ten opzichte van de zeer lokale bronnen (Amsterdamse Straatweg) en de wijdere omgeving [op leefniveau]? (Vrins, 2001)</i>	<i>Wat is de emissie van de individuele, potentiële diffuse bronnen ?</i>
Objectgericht	
<i>Leidt de emissie van de inrichting/weg tot concentraties die de milieukwaliteitseisen op leefniveau overschrijden ?</i>	<i>Wat is de stofconcentratie op leefniveau en in een referentiegebied (immissie)?</i>
<i>Is er een relatie tussen de (plaatselijke) luchtkwaliteit en de gezondheid van mensen ?</i>	<i>Wat is de stofconcentratie op leefniveau en in een referentiegebied (immissie)?</i>

Tabel 3.2 Mogelijke onderzoeksvragen voor stofonderzoek en de daarbij behorende meetvragen

Specificatie van de meetvraag

4.1 Inleiding

In figuur 4.1 is te zien welke stap van de meetcirkel in dit hoofdstuk behandeld zal worden (vetgedrukt).



Figuur 4.1 Onderdeel van de meetcirkel dat in dit hoofdstuk behandeld wordt (vetgedrukt) (naar: Haselager, 2001)

In hoofdstuk 3 zijn mogelijke meetvragen opgesteld die nog zeer algemeen zijn en gespecificeerd kunnen worden. Het is ten eerste van belang om te weten welke parameter of parameters moeten worden bepaald. Bij deze handleiding is er van uit gegaan dat bij het vooronderzoek al is gebleken dat stofdeeltjes in ieder geval in het onderzoek 'moeten' worden meegenomen. Bij de typische stofonderzoeken die in deze handleiding staan worden ook nog andere veel gemeten parameters besproken (zie § 4.2). Voor het opstellen van een meetvraag is het tevens noodzakelijk een zogenaamd meetvenster op te stellen. Met het meetvenster wordt aangegeven in welk bereik, met welke gevoeligheid en met welke details in tijd en/of plaats naar de parameters gekeken moet worden. Het opstellen van het meetvenster wordt besproken in § 4.3.

4.2 Een overzicht van de belangrijkste parameters

Om de meetvraag te kunnen specificeren, is het noodzakelijk te weten welke parameters daadwerkelijk gemeten moeten worden. Onderscheid moet gemaakt worden tussen:

- stofparameters (bijvoorbeeld PM_{10});
- verspreidingsparameters (bijvoorbeeld ruwheidslengte);
- vergelijkingsparameters (bijvoorbeeld temperatuur van het afgas).

Opnieuw is de indeling bron- en objectgericht aangehouden en zijn per (voorlopige) meetvraag de mogelijk te meten parameters aan gegeven.

4.2.1 Brongericht

Emissie

Wanneer een bedrijf een aanvraag doet voor een nieuwe vergunning, kan nog niet worden gemeten in de afgaskanalen van een puntbron. Het bedrijf heeft immers nog geen toestemming om te produceren. Bij de aanvraag moet het bedrijf opgeven welke stoffen zij denken te gaan emitteren (en hoeveel). Na het in productie gaan van het bedrijf kan zeer gericht in het afvoerkanaal gemeten worden als bekend is welke chemische componenten vrijkomen. In een aantal wettelijke regelingen en de NeR (zie § 4.3) zijn chemische parameters terug te vinden, die achteraf ook aan de emissie-eisen getoetst kunnen worden. De emissie-eisen gelden onder standaardcondities van droog afgas, 273 K en 101 kPa. Daarnaast worden de emissie-eisen vaak gerelateerd aan een bepaald zuurstofgehalte in het afgas, om verdunning uit te sluiten.

Naast de concentratie van een bepaalde stof in het afgas, moet ook de volumestroom of het debiet (m^3/u) gemeten of geschat worden, zodat de vracht (=massastroom in kg/u) kan worden bepaald. Andere referentiegrootheden die in de rapportage opgenomen moeten worden, zijn:

- de gemiddelde snelheid in het afgaskanaal;
- de afgastemperatuur;
- het vochtgehalte van het afgas;
- statische druk;
- kanaalafmetingen (vorm en grootte).

Lucht wordt bij een stofmeting aangezogen over een filter waar het stof wordt ingevangen. De snelheid van de aanzuiging is aangepast aan de snelheid in het afgaskanaal. De debietmeter die naast het kanaal opgesteld staat, is vaak geijkt onder andere omstandigheden (druk, temperatuur en vochtigheid). Ook deze gegevens zijn dan nodig om een vergelijking te maken met de emissie-eisen die in de wettelijke regelingen en de NeR zijn opgesteld.

In figuur 4.2 zijn de noodzakelijke referentiegrootheden schematisch weergegeven.

Figuur 4.2 Stofemissiemeting in een afvoerkanaal en de referentiewaarden die noodzakelijk zijn om te meten

Voor het bepalen van emissie afkomstig van bijvoorbeeld een hal naar de buitenlucht (via b.v. een geopende deur) zijn andere parameters nodig. Het gaat hierbij om diffuse bronnen die (gedeeltelijk) van de buitenlucht zijn afgesloten. De benodigde parameters hiervoor zijn:

- de stofconcentratie in de hal (mg/m^3);
- de zogenaamde ventilatievoud (h^{-1}) en;
- het halvolume (m^3).

De ventilatievoud is gedefiniëerd als het aantal keren dat er binnen een uur een totale luchtverversing van bijvoorbeeld een hal plaatsvindt. Met de ventilatievoud en het halvolume wordt het debiet van lucht van de hal naar de buitenlucht berekend (m^3/h). Vervolgens kan de maximale massavracht/massastroom (g/uur) bepaald worden door de stofconcentratie (mg/m^3) te vermenigvuldigen met het debiet (m^3/h). De massastroom is van belang, omdat deze de emissie-eis bepaalt (zie bijlage 6).

In formulevorm:

ventilatievoud (h^{-1}) x het volume van de hal (m^3) = debiet (m^3/h) van de lucht in de hal

debiet (m^3/h) x stofconcentratie in hal (mg/m^3) = massavracht (g/uur) (= hoeveelheid emissie vanuit de hal naar de buitenlucht)

Dergelijke diffuse bronnen kunnen dus getoetst worden aan de emissie-eisen die gelden voor puntbronnen.

Bij diffuse emissies (meestal veroorzaakt door mechanische processen in de buitenlucht) wordt aan de hand van een aantal kenmerken uiteindelijk de emissie-eis bepaald. In § 3.5 van de NeR is dit uitgewerkt.

Immissie

Naar aanleiding van klachten over hinder of gezondheid kunnen immissiemetingen plaatsvinden om de bron(nen) te herleiden. Hiervoor is het noodzakelijk gegevens te verzamelen over de windrichting, verdeeld over de tijd. Fijn stof wordt meestal meegenomen, omdat deze parameter toetsbaar is en in verband staat met de gezondheid. Volgens recente literatuur is het bepalen van een fijnere fractie ($\text{PM}_{2,5}$) een betere indicator (Krijgsheld, 1999). Grof stof wordt vaak gemeten als er sprake is van visuele hinder. Meestal is in dat geval sprake van emissie als gevolg van mechanische processen, zoals verstuiving, transport en laden en lossen.

Daarnaast kan t.b.v. de bronidentificatie aanvullend gekeken worden naar de structuur (korrelgrootte, morfologie), de kleur en de chemische vingerafdruk van het stof (soorten stoffen, verhoudingen tussen bepaalde stoffen) om de relatie tussen het stof en de bron te analyseren.

Naar aanleiding van een klacht over stofneerslag bij woningen, schuin tegenover een ijzergieterij in Zaltbommel, zijn op diverse plaatsen stofmonsters genomen, om zo de herkomst van het stof via een vergelijkend morfologisch en analytisch onderzoek van de monsters vast te stellen. Monsters afkomstig van het dak van de gieterij bestaan uit grove zwarte conglomeraten met een zeer karakteristieke aanwezigheid van (combinaties) van elementen zoals silicium/zirkonium, koolstof/chroom/ijzer, ijzer/zuurstof en diverse chroom/ijzer verhoudingen. De morfologie en chemische samenstelling van de monsters op de plaats van de klacht kwamen duidelijk hiermee overéén. Vooral de aanwezigheid van zirkonium was zeer specifiek (TNO, september 1999).

4.2.2 Objectgericht

Voor de aanvraag van een (nieuwe) vergunning kan bij het meten of berekenen van de immissie, gekeken worden naar de parameters PM₁₀, zwarte rook en grof stof. Vooral bij aanwezigheid van meerdere bronnen kan gekozen worden om naar de fysische en chemische 'vingerafdruk' van het stof te kijken.

Bij onderzoek aan autowegen worden de volgende parameters vaak gemeten: PM₁₀, PM_{2,5}, zwarte rook (roet), NO, NO₂, benzeen, O₃, CO en ultra fines. Ultra fines zijn deeltjes die te klein zijn om de massa te bepalen. Bij spoorwegen worden zware metalen concentraties gemeten, vooral koper (Cu) afkomstig van de bovenleidingen en in mindere mate ijzerdeeltjes (Fe) afkomstig van de rails.

Bij gezondheidsklachten is het afhankelijk van de bron (spoorweg, autoweg of inrichting) welke parameters gemeten worden. In ieder geval is het van belang de PM_{2,5}-concentratie te bepalen, vanwege de aangetoonde relatie met mogelijke gezondheidsklachten. Ten tweede kan naar de chemische samenstelling van het stof gekeken worden, omdat de chemische samenstelling ook invloed kan hebben op de gezondheid. Dit laatste is echter moeilijk te bepalen en in vergelijking met stofbelasting an sich meestal niet de belangrijkste factor.

Bijvoorbeeld kan bij organische stofemissie gekeken worden naar:

- 1- *eiwitten en koolhydraten;*
- 2- *bacteriële endotoxinen en β-(1->3)-glucanen;*
- 3- *schimmelproducten (mycotoxinen en antigenen)*

ad 1) Eiwitten en koolhydraten worden gemeten om te dienen als maat voor het organisch stofgehalte in stof.

ad 2) Endotoxinen en β-glucanen kunnen verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van ontstekingsreacties in de luchtwegen. Het zijn celwandbestanddelen van bacteriën. Ze bestaan voornamelijk uit lipopolysachariden (LPS). Het toxische, reactieve deel daarvan is meestal Lipid-A.

ad 3) Belangrijke schimmelsoorten in Nederland zijn: Aspergillus, Penicillium en Cladosporium. De eerste twee komen zowel in het binnen- als buitenmilieu voor, Cladosporium vooral op dode gewassen. Mycotoxinen zijn afscheidingsproducten van een aantal schimmelsoorten en zijn carcinogeen. Antigenen kunnen allergieën veroorzaken.

In het algemeen is het van belang dat bij objectgericht onderzoek rekening wordt gehouden met de achtergrondconcentraties in de lucht. Voor achtergrondconcentraties kan gebruik gemaakt worden van de meetgegevens van het RIVM. Een onderdeel van het RIVM, het Landelijke Meetnet Luchtkwaliteit (LML), meet, ter monitoring van de Europese richtlijnen voor de luchtkwaliteit, de volgende parameters: NH₃, PM₁₀, CO, O_x (=NO₂ + O₃), O₃, NO₂, NO, NO_x (=NO₂ + NO), zwarte rook en SO₂.

4.3 Meetvenster

Het meetvenster is het kwantitatief kader dat aangeeft wat de onderzoeker wil kunnen meten. Het meetvenster bestaat globaal uit de volgende onderdelen:

- een concentratie-eis waaraan de concentratie van de te meten parameter moet voldoen (concentratie);
- de mate van detail in de tijd en het onderzoekstermijn (tijd);
- het onderzoeksgebied (plaats).

In de volgende paragrafen worden deze drie punten toegelicht.

4.3.1 Concentratie

Emissie

Het toetsingskader voor emissies (de concentratie-eisen) van installaties/inrichtingen wordt bepaald door de wetgeving of richtlijn waaronder een installatie of inrichting valt. In tabel 4.1 zijn wettelijke regelingen omschreven die van toepassing zijn op specifieke installaties of inrichtingen.

Wettelijke regelingen	korte omschrijving	Staatsblad
BEES-A: installaties die onder deze regeling vallen, vallen onder het bevoegd gezag van de provincie. Bijvoorbeeld: raffinaderijen.	van toepassing op (stook)installaties die behoren tot specifieke categorieën in bijlage 1 in het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer (Ivm)	1998, nr. 168
BEES-B: installaties die onder deze regeling vallen, vallen onder het bevoegd gezag van de gemeente. Bijvoorbeeld: kassen.	alle overige categorieën in het Ivm minus categorie 28, als de betreffende installatie binnen een dergelijke inrichting valt	1998, nr. 167
Besluit emissie eisen NO _x -salpeterzuurfabrieken		1987, nr. 329
Besluit houdende emissie eisen voor titaandioxide inrichtingen		1993, nr. 324
Besluit luchtemissies afvalverbranding (BLA)		1993, nr. 36
Regeling verbranden gevaarlijke afvalstoffen		Staatscourant 1998, nr. 79, pag. 8

Tabel 4.1 Wettelijke regelingen voor luchtemissies van inrichtingen of onderdelen van inrichtingen
BEES Beschikking Emissie-Eisen Stookinstallaties

De genoemde concentraties in de Regeling verbranden gevaarlijke afvalstoffen zijn niet genormaliseerd. Dit betekent dat de concentratie op iedere plek in de schoorsteen anders is (denk aan afkoelen van rookgassen). Deze regeling is dus nauwelijks handhaafbaar.

De emissie-eisen in de BEES-A en BEES-B zijn afhankelijk van:

- *type installatie*
- *brandstof*
- *datum vergunning*
- *thermisch vermogen*

Voor een aantal specifieke stoffen gelden een aantal wettelijke regelingen, die zijn aangegeven in tabel 4.2.

wettelijke regelingen	Staatsblad
Besluit zwavelgehalte brandstoffen	1974, nr. 580
Asbestbesluit hinderwet	1991, nr. 580
Besluit inzake stoffen die de ozonlaag aantasten	1992, nr. 599 en 1996, nr. 575

Tabel 4.2 Wettelijke regelingen voor luchtemissies van specifieke stoffen

In de hierboven genoemde staatsbladen en –couranten zijn uitgebreid de specifieke emissie-eisen en meetmethoden opgenomen.

Als al de hierboven omschreven wettelijke regelingen niet van toepassing zijn of niet alle componenten of chemische stoffen van de desbetreffende emissie onder deze wettelijke regelingen vallen, dan dient de NeR (Nederlandse emissie Richtlijnen) als een soort vangnet. De NeR heeft geen wettelijke status, maar is een richtlijn waar gemotiveerd van afgeweken mag worden. De NeR is opgebouwd uit acht stappen die doorlopen moeten worden om de voorgeschreven emissie-eis te bepalen. In bijlage 6 zijn deze stappen uitgewerkt. In deze bijlage 6 zijn ook de emissie-eisen opgenomen. De emissie-eisen gelden onder standaardcondities van droog afgas, 273 K en 101 kPa.

De emissie-eisen moeten vergeleken worden met een halfuurgemiddelde, gemeten concentraties in mg/m^3 . Ze gelden naast stofpuntbronnen ook voor diffuse stofbronnen. Uit de bijlage is te halen dat bij de stappen 5 en 6 van de emissie-eis kan worden afgeweken als stofreducerende technieken redelijkerwijs kunnen worden toegepast. Als een bedrijf echter om een bepaalde reden niet kan voldoen aan de emissie-eisen, bestaat er ook een mogelijkheid hierboven te blijven (zie bijlage 6).

Immissie

De luchtkwaliteit moet voldoen aan bepaalde milieukwaliteitseisen die zijn vastgesteld door de Kroon, een minister of door Provinciale Staten. Provinciale Staten stellen milieukwaliteitseisen vast als dit op nationaal niveau (nog) niet is gedaan of als Provinciale Staten een aanscherping noodzakelijk acht. Ministers kunnen dergelijke aanscherpingen inperken door het aangeven van een bandbreedte, waarbinnen mag worden afgeweken. Provincies kunnen in beginsel hun bevoegdheid overdragen aan gemeenten en waterschappen.

De milieukwaliteitseisen waar de luchtkwaliteit aan moet voldoen, zijn vertaald naar grenswaarden, richtwaarden en streefwaarden (uitgedrukt in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$). Grenswaarden zijn minimumwaarden waaraan het milieu in ieder geval moet voldoen. Richtwaarden geven het milieukwaliteitsniveau aan dat zoveel mogelijk moet worden bereikt of gehandhaafd. Streefwaarden zijn de meest ideale toestand van het milieu en geven het kwaliteitsniveau aan waarbij geen nadelig te waarden effecten van milieubelasting te verwachten zijn. Bij een overschrijding van grenswaarden kan een vergunning geweigerd worden (art. 8.8 lid 3 Wm). Van een milieukwaliteitseis die als richtwaarde is geformuleerd mag echter gemotiveerd afgeweken worden. De streefwaarde vormt een einddoel, dat op de lange termijn bereikt zou moeten worden.

Voor stofdeeltjes zijn alleen voor de parameters fijn stof ($<10 \mu\text{m}$) en zwarte rook grenswaarden opgesteld. Voor grof stof is geen grenswaarde vastgesteld, maar wordt soms gebruik gemaakt van een drempelwaarde (uitgedrukt in g/m^2). Hieronder zijn deze parameters verder toegelicht.

Immissie fijn stof/ zwarte rook

Een gedeelte van de hoeveelheid fijn stof wordt gevormd door zwarte rook. Het aandeel zwarte rook in fijn stof (PM_{10}) schommelt echter. In gebieden waar veel verbrandingsprocessen plaatsvinden (verkeer en industrie) zal het aandeel zwarte rook hoger zijn (Arends et al., 1998).

Op grond van epidemiologisch onderzoek zijn grenswaarden voor de concentratie fijn stof en zwarte rook vastgesteld (tabel 4.3).

soort stof	grenswaarden	concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	grenswaarde	40 ²
	grenswaarde	140 ¹
	EU grenswaarde 2005	30 ² 50 (96) ¹ maximaal 35 overschrijdingen per jaar
	EU grenswaarde 2010	20 ² 50 (98) ¹ maximaal 7 overschrijdingen per jaar
zwarte rook	grenswaarde	90 (98) ¹ 75 (95) ¹ 30 (50) ¹

Tabel 4.3 PM₁₀ en zwarte rook, grenswaarden en concentraties (naar: Arends et al., 1998 ;Krijgsheld, 1999 en www.LML.rivm.nl)

¹ 24 uren gemiddeld (percentiel)

² jaargemiddeld

In de richtlijnen voor de toekomst is een verplichte heroverweging opgenomen van de fijn stof norm in 2003, op basis van nieuwe kennis die dan beschikbaar is gekomen. Dit is gedaan om een aantal redenen:

- onduidelijkheid of de PM₁₀-fractie de juiste fractie is om te normeren;
- discrepanties tussen meetresultaten en verspreidingsmodellen;
- PM₁₀ is gedeeltelijk (circa 1/3) afkomstig van natuurlijke bronnen waar het beleid geen vat op heeft.

Immissie grof stof

Voor de parameter grof stof bestaan geen milieukwaliteitseisen. Hier zijn een aantal redenen voor aan te geven:

- grof stof is niet respirabel en zal op deze wijze de gezondheid niet negatief kunnen beïnvloeden;
- grof stofemissies slaan relatief snel neer en zullen alleen lokaal problemen kunnen opleveren.

In plaats van een grenswaarde wordt bij lokale grof stofemissies vaak met een zogenaamde hinderdrempelwaarde gewerkt.

Met het meten van een emissie van een willekeurige bron zal geen uitspraak kunnen worden gedaan over het wel of niet voorkomen van hinder. Hiervoor is een vertaalslag nodig naar een mate van stofbelasting die kan optreden bij een bepaalde emissie. Het is aannemelijk dat hinder alleen kan optreden als binnen een bepaalde tijd een waarneembare verhoging van de stofbelasting plaatsvindt. De tijd waarin dit optreedt is ook nog arbitrair. Stof is altijd aanwezig en dat na verloop van tijd objecten stoffig worden, is een bekend gegeven. Alleen wanneer dit in een relatief korte tijd plaatsvindt, zal dit aanleiding geven tot hinder. Of een bijdrage van een potentiële stofbron aan de stofdepositie waarneembaar is, hangt niet alleen af van de mate van deze bijdrage, maar ook van de bijdrage van de overige stofbronnen en van het contrast met de ondergrond. Gesteld kan worden dat een bijdrage aan stofbelasting zodanig moet zijn, dat dit op een schoon, goed contrasterend oppervlak waarneembaar is. Dit oppervlak moet zich verder in een hindergevoelige omgeving bevinden zoals woonbebouwing of kantoren (Vrins, 2001).

Vrins en van Zuylen (1991) geven een overzicht van waarnemingsdrempels. Vrins et al. (1998) zien naar aanleiding van de gevonden literatuur 0,1 g/m² grof stof op een goed contrasterend oppervlak als een

realistische drempelwaarde, wanneer dit onder de meest ongunstige weersomstandigheden binnen 24 uur wordt bereikt. 0,1 g/m² komt overeen met een stof belading van 0,5 % bedekking (bij een korrelgrootte van 10-70 µm). Deze daggemiddelde bijdrage is geen vaststaande waarde en kan naar gelang de omstandigheden hoger of lager liggen (zie eerder § 2.5.1). Volgens Vrins en van Zuylen (1991) ligt de waarnemingsdrempel tussen de 1,0 g/m²/mnd voor kolenstof en 10 g/m²/mnd voor stof van natuurlijke bronnen.

Ook wordt wel de volgende indeling naar beleving van stofdepositie aangehouden:

hoeveelheid stof (g/m ² /maand)	< 5	5-8	10-15	> 15
hinderbeleving van stofdepositie	achtergrondwaarde	acceptabel in stedelijke omgeving	vervuilend (hinderlijk)	sterk vervuילend en klachten (hinderlijk)

Tabel 4.4 Hinderbeleving versus stofdepositie naar Duitse en Engelse richtlijnen (Uit: Keuken en Hollander, 1999)

Bij een depositie snelheid van > 10 g/m²/mnd (of 350 mg/m²/d) kan er volgens deze buitenlandse richtlijnen sprake zijn van hinder. Deze richtwaarden zijn echter gebaseerd op meetwaarden van specifieke depositiemeters die zowel droge als natte depositie meten (Duitsland: Bergerhof, Engeland: BS deposit gauges/frisbees). Deze waarden zijn moeilijk te vergelijken met de hinderrelevante, droge 10-70 µm fractie die door Vrins en Van Zuylen (1991) is omschreven. De in Nederland vaak toegepaste Luikse Bol (zie § 6.3.2) meet vooral de droge depositie en is daarom niet te vergelijken met de in Duitsland en Engeland gebruikte depositiemeters.

Gevonden meetwaarden of berekende waarden kunnen vergeleken worden met de hierboven genoemde richtwaarden. Gemeten depositiewaarden zijn echter kwantitatief niet erg betrouwbaar (zie verder § 6.3.2).

4.3.2 Tijd

Emissie

In eerste instantie geeft een meting van een half uur bij een puntemissie een representatief beeld, tenzij te weinig monster verkregen kan worden binnen deze tijd en/of een kortere of langere meetperiode representatiever is. Het aantal deelmetingen per meetronde is afhankelijk van het emissiepatroon. Bij een continu emissiepatroon moeten in totaal minstens drie metingen worden verricht op tijdstippen dat de inrichting niet in bedrijf is, wel in bedrijf is en op een tijdstip met de hoogst te verwachten emissie. Bij een variabel emissiepatroon dienen tenminste drie metingen te worden verricht onder die bedrijfsomstandigheden waarbij de hoogste emissies op zullen treden, tenzij de emissie-uitkomsten sterk fluctueren. Bij een sterke emissie-fluctuatie wordt geadviseerd om tenminste zes metingen te verrichten.

*Er is sprake van een sterke emissie fluctuatie als de hoogste en de laagste meetwaarde met meer dan een factor twee van elkaar verschillen, waarbij tevens de individuele meetwaarden hoger uitkomen dan 0,75 * de emissie eis*

Als het aantal deelmetingen per meetsessie is bepaald, moet gekeken worden hoe in de toekomst de emissie gemonitord moet worden. Voor het monitoren van emissies van installaties of inrichtingen die onder de NeR vallen, zijn duidelijke richtlijnen opgesteld. Mogelijke controlevormen zijn:

- regelmatig inspectie op functioneren van emissiebeperkende voorzieningen;

- afzonderlijke (niet-continue) metingen met een bepaalde frequentie;
- monitoren van emissie relevante parameters (ERP's);
- continue meting.

De eerstgenoemde controlevorm (regelmatige inspectie) wordt als een vanzelfsprekende handeling gezien. Het toepassen van de overige controlevormen, het al dan niet continue meten en het meten van ERP's, is afhankelijk van de zogenaamde storingsemisatie en de massastroomtoetsingswaarde. De storingsemisatie is de emissie bij falen van emissie reducerende maatregelen (zowel procesgeïntegreerde maatregelen als nageschakelde reducerende technieken) minus de vergunde massastroom (in kg/uur). De storingsemisatie kan berekend worden, maar moet het liefst gemeten worden.

In formule vorm:

storingsemisatie = emissie zonder emissie reducerende maatregelen – massastroom (kg/uur)

De massastroomtoetsingswaarde is een maat voor de schadelijkheid van de vrijkomende stoffen en is per categorie en stofklasse weer anders. In tabel 4.5 zijn de massastroomtoetsingswaarden weergegeven voor de verschillende categorieën stofdeeltjes.

Categorie	Klasse	Massastroomtoetsingswaarde (g/h)
extreem, risicovolle verbindingen		zie § 3.2.1 NeR
carcinogene verbindingen	c.1.	0,5
	c.2.	5,0
	c.3.	25
'stof'		1000
anorganische stofvormige verbindingen	sA.1.	1,0
	sA.2.	5,0
	sA.3.	25
organische stofvormige verbindingen	sO ₁	100
	sO ₂ , sO ₃	250

Tabel 4.5 Massastroomtoetsingswaarden voor stofdeeltjes (InfoMil, 2000) Voor klassenomschrijvingen zie § 3.7.2 uit de NeR

Op basis van de verhoudingsfactor F tussen de storingsemisatie en de massastroomtoetsingswaarde is een indeling naar controleregime gemaakt. In tabel 4.6 is deze indeling weergegeven.

controleregime	F	mogelijke controlevorm
0	$F < 1$	-ERP cat. 2 en 3
1	$1 < F < 10$	-eenmalige meting + ERP cat. 2/3
2	$10 < F < 100$	-meting eens per 3 jaar + ERP cat. 3 of periodiek meten + ERP cat. 2
3	$100 < F < 1000$	-meting 1 keer per jaar + ERP cat. 3 of periodiek meten + ERP cat. 2 -bij sterke fluctuaties continu meten of ERP cat. 1 of 2
4	$F > 1000$	-(semi) continu meten of ERP cat. 1 -periodiek meten + ERP cat. 2

Tabel 4.6 Soorten controleregimes voor emissiemetingen met mogelijke controlevormen

F storingsemisatie in (g/h)/ massastroom toetsingswaarde (g/h)

ERP emissie relevante parameter

cat. categorie

uit: de NeR (InfoMil, 2000)

Voor het begrijpen van de tabel is het noodzakelijk te weten wat emissie relevante parameters (ERP's) zijn. ERP's zijn vaak referentiewaarden zoals de druk of de temperatuur. Deze referentiewaarden zijn vaak goed te correleren met chemische parameters. De ERP's zijn onderverdeeld in drie categorieën:

- categorie 1 geven een betrouwbaar kwantitatief beeld van de emissie;
- categorie 2 geven een betrouwbaar kwalitatief beeld van de samenstelling van het afgas;
- categorie 3 goede indicatie van de emissie(s).

Voor voorbeelden van ERP's met betrekking tot het monitoren van stofvormige emissies wordt verwezen naar bijlage 7. Bij het bepalen van stofemissies met behulp van ERP's zijn deze ERP's vaak slechts indicatief (categorie 3). Een combinatie van meerdere ERP's kan leiden tot een grotere betrouwbaarheid.

Als er continue gemeten moet worden (zie tabel 4.6), dient de gerapporteerde waarde verkregen te worden uit (minimaal) minuutgemiddelde waarden. Als voldoende inzicht is opgedaan in het proces kan na verloop van tijd besloten worden een aantal referentiegrootheden niet meer te meten. Continue, optische methoden worden vaak ingezet ter indicatie van de hoeveelheid stofdeeltjes die vrijkomen of ter controle van de werking van een filter. Deze optische methoden kunnen echter niet gebruikt worden voor het controleren van de emissie-eisen omdat er variaties in de metingen kunnen optreden door veranderingen in de korrelgrootte, de kleur en de vochtigheid. Overigens worden dergelijke metingen wel vaak door bedrijven beschouwd als 'goede' metingen en wordt geprobeerd om hiermee aan de meetverplichting te voldoen.

Als een installatie of inrichting niet onder de NeR en/of een wettelijke regeling valt dan kan per individueel geval een controle regime worden bepaald.

Immissie

Bij een immissie meting moet in het algemeen voor het bepalen van het tijds kader met het volgende rekening gehouden worden:

- windrichting;
- vochtigheid (tijdens de meting moet het in ieder geval droog zijn);

Vooraf grof stof emissies zijn erg gevoelig voor neerslag. Deze emissies worden bij veel neerslag onderschat

- de mogelijke bronnen zijn op het moment van meten 'actief' (maximale belasting).

De uiteindelijke meetstrategie is afhankelijk van het soort onderzoek (bron- of objectgericht) en de parameter die wordt gemeten (zie § 6.2.2).

4.3.3 Plaats

Emissie

Bij emissiemetingen in het afvoerkanaal is de meetlocatie afhankelijk van de hydraulische diameter van het afvoerkanaal. Tevens is er een stabiele temperatuur en afvoersnelheid vereist en een zo recht mogelijke hoek (90 graden) van het meetapparaat (bijvoorbeeld een filter) ten opzichte van de afvoerrichting. In § 10.4 van de ISO 9096 zijn deze voorwaarden opgenomen.

De hydraulische diameter kan als volgt worden berekend:

4 x de oppervlakte van het vlak waarover gemeten wordt
de omtrek van het vlak waarover gemeten wordt

Een meetlocatie bevindt zich volgens de ISO 9066 tevens in een recht afgaskanaal, met een regelmatige vorm, een constante dwarsdoorsnede van het oppervlak en stroomafwaarts op voldoende afstand van mogelijke onvolkomenheden die de afgasstroom verstoren. Een recht gedeelte van het afvoerkanaal moet ten minste 7 x de hydraulische diameter bedragen. Tevens moet een meting plaatsvinden op een afstand van tenminste 5 x de hydraulische diameter t.o.v. het begin en het eindpunt van het afgaskanaal. Als niet aan de bovenstaande eisen kan worden voldaan, moet de meting in ieder geval aan bepaalde minimumeisen voldoen, die zijn opgenomen in Annex E in de ISO 9096.

Als de juiste meetlocatie is gevonden, moet vervolgens gekeken worden of 1 danwel meerdere meetpunten op die lokatie noodzakelijk zijn. Het aantal emissiemeetpunten (ook wel traversepunten) op één meetvlak (een doorsnede van het afvoerkanaal) is afhankelijk van de diameter en vorm van de afvoer. Hoe groter het afvoerkanaal, des te meer emissiemetingen er moeten plaatsvinden, om zo inzicht te krijgen in het verloop van de afvoer binnen een meetvlak. In tabel 4 en 5 in ISO 9096 is het minimum aantal meetpunten opgenomen voor ronde en rechthoekige afvoerkanaalen bij verschillende diameters.

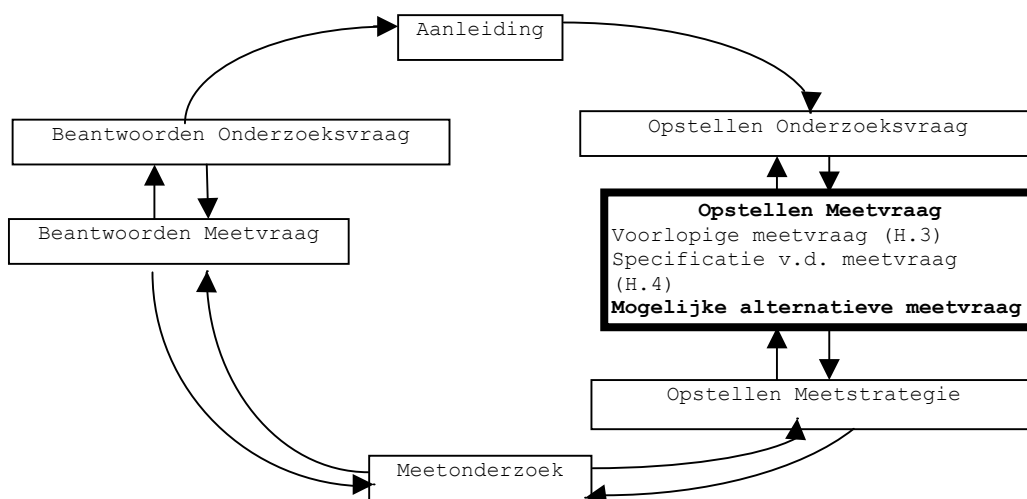
Immissie

Voor de plaatsbepaling van immissiemetingen is geen richtlijn opgesteld. Deze is gebaseerd op ervaringsfeiten en voorgaand onderzoek. Waar ongeveer de immissiemetingen plaatsvinden is wederom afhankelijk van de soort meetvraag (bron- of objectgericht) en de soort stofdeeltjes (fijn stof/zwarte rook of grof stof). In § 6.2.2 is een aantal meetstrategieën aangegeven.

Alternatieve meetvraag

5.1 Inleiding

In figuur 5.1 is aangegeven welke stap van de meetcirkel in dit hoofdstuk behandeld wordt (vetgedrukt).



Figuur 5.1 Onderdeel van de meetcirkel dat in dit hoofdstuk behandeld wordt (vetgedrukt) (naar: Haselager, 2001)

Als de meetvragen uit hoofdstuk 3 kritisch worden bekeken, kunnen de volgende zaken worden opgemerkt:

- het bepalen van immissie door middel van alleen metingen is moeilijk, vanwege wisselende weersomstandigheden of door discontinuïteit van de bron(nen). Voor betrouwbare resultaten zijn veel metingen nodig, zowel ruimtelijk gezien als in de tijd;
- een verband leggen tussen stofimmissie en één of meerdere stofbronnen is moeilijk.

Modellen worden gebruikt om de meetvraag om te zetten in een beter beantwoordbare meetvraag: een alternatieve meetvraag.

5.2 Het gebruik van modellen

De volgende modellen worden in de praktijk toegepast:

- *het Nieuw Nationaal Model*: dit model wordt toegepast om immissieconcentraties te berekenen m.b.v. gemeten emissieconcentraties afkomstig van bedrijven;
- *Stofverspreidingsmodel Fugitive Dust Model (FDM)*: dit model kan gebruikt worden bij het beantwoorden van de vraag: *Wat is de stofconcentratie op leefniveau (immissie)?* (waarbij de aanleiding hinder is) en *Wat is de emissie van de individuele, potentiële diffuse bronnen?*;
- *Calculations of Airpollution by Roadtraffic (CAR)-model*: dit model is, net als het Nieuw Nationaal Model, een verspreidingsmodel met als input de emissie en als output de immissie, maar dan toegespitst op luchtonderzoek langs wegen;
- *Chemical Mass Balance Modelling (CMB)*: dit model kan worden gebruikt als er sprake is van meerdere bronnen en de volgende meetvraag wordt gesteld: *Wat is de samenstelling van de stofimmissie?*
- Beoordeling van zichtbare (grof)stofontwikkeling. Bij op- en overslag en bij verkeerswegen kan het voorkomen dat duidelijk zichtbaar stofpluimen optreden. Vrins (2000) ontwikkelde een methode om dergelijke emissies kwantitatief in te schatten. Vooral bij discontinue (grof)stof bronnen waarbij stofpluimen optreden is het zeer lastig en kostbaar om metingen te verrichten en kan voor deze methode gekozen worden.

In de onderstaande paragrafen worden deze modellen uitgebreid toegelicht.

5.2.1 Het Nieuw Nationaal Model

De immissieconcentratie is afhankelijk van vele factoren en het is daarom vaak moeilijk hieruit bepaalde conclusies te trekken. Het bepalen van emissies is daarentegen relatief eenvoudig en betrouwbaarder. Door gebruik te maken van een verspreidingsmodel kunnen de emissiewaarden omgerekend worden naar immissiewaarden ofwel luchtconcentraties op leefniveau (zie figuur 5.2).

Figuur 5.2 Schematisch overzicht van gebruik model bij puntbron (Haselager, 2001)

Ten behoeve van standaardisatie van deze methodiek is in opdracht van de rijksoverheid door de Commissie Onderzoek Luchtverontreiniging een verspreidingsmodel voor emissiebronnen ontwikkeld. Dit verspreidingsmodel wordt ook wel het Nieuw Nationaal Model genoemd. Het beheer van dit model ligt tegenwoordig bij InfoMil, een informatiedienst van het ministerie van VROM.

Bij meetvragen waarbij sprake is van één of meerdere puntbronnen of diffuse bronnen en waarbij gevraagd wordt naar de immissie, kan in principe gebruik gemaakt worden van dit Nieuw Nationaal Model. Het model gaat wel van een (ideale) situatie uit, waarbij geen grote obstakels of slechts één rechthoekig gebouw binnen 100 meter van de bron afstaat. Tevens is het model minder geschikt als de aanleiding 'hinder' is, omdat in het huidige model deeltjes groter dan 25 µm niet meegenomen worden. In dat geval wordt verwezen naar het Fugitive Dust Model.

Met behulp van het Nieuw Nationaal Model kunnen de volgende grootheden berekend worden (van Ham et al., 1998):

- lange-termijn gemiddelde concentraties (bij voorkeur langer dan 10 jaar);
- korte-termijn concentraties met een kleinste tijdstap van een uur;
- droge, natte en totale depositie.

Voor het model zijn de volgende gegevens (de input) noodzakelijk:

- uurlijkse meteorologische gegevens die omgezet worden in uurreksen van drie voor de atmosferische toestand karakteristieke grootheden (de Monin-Obukhovlengte L , de frictiesnelheid u^* en de menglaaghoogte z_i);
- achtergrondconcentratie (vaak RIVM-meetnetgegevens);
- emissiegegevens (bouwhoogte, warmte-output, schoorsteendiameter, uittreesnelheid en emissie per tijdseenheid);
- ruwheidslengte (ter indicatie: zeer vlak, open land < 0,05, stad > 0,70)

Het Nieuw Nationaal Model is een verzamelnaam voor drie rekenwijzen (van Ham et al., 1998), die onder bepaalde condities worden toegepast:

- het uur-voor-uurmodel;
- het klassenmodel;
- de Monte Carlomethode.

Het uur-voor-uurmodel is een korte termijnmodel. Hierbij wordt gebruik gemaakt van actuele standaard meteorologische uurgegevens, zodat voor ieder uur afzonderlijk concentraties berekend kunnen worden. Lange termijn gemiddelden kunnen ook worden bepaald door het middelen van de uurgegevens en m.b.v. een meerjarige dataset. Het voordeel van deze rekenwijze is dat ook niet-continue bronnen goed benaderd kunnen worden met dit model. Bij niet-continue bronnen kan gedacht worden aan emissies die sterk fluctueren met de tijd of emissies die stabiel zijn met de tijd, maar alleen gedurende bepaalde dagdelen plaatsvinden. In dat geval worden alleen de relevante uren in het model ingevoerd. Een nadeel is dat deze rekenwijze relatief veel rekentijd kost.

Het klassenmodel heeft een kortere rekentijd omdat uren met ongeveer gelijke verspreidingskarakteristieken vooraf in groepen samen worden genomen en per groep wordt dan een gemiddelde concentratie berekend.

Ook de Monte-Carlomethode heeft een kortere rekentijd nodig door een willekeurige steekproef uit het totaal aantal uren. De berekening wordt alleen voor deze uren uitgevoerd. Een steekproef van 5% blijkt in de praktijk een goede keus.

De projectgroep Revisie Nationaal Model, een projectgroep die was opgericht om het Nationaal Model te optimaliseren, doet een aantal aanbevelingen voor de toepassing van de modellen (TNO, 1998). In

tabel 5.1 zijn kort samengevat de grenzen van het toepassingsgebied van de drie rekenwijzen en de kwaliteit van het resultaat aangegeven in het geval van één of enkele bronnen.

	Uur-voor- uurmodel		Monte-Carlo- Methode		Klassenmodel	
	A	W	A	W	A	W
achtergrondconcentraties	A	W	A	W	A	W
Lange-termijngemiddelde	+	+	S (alle bronhoogtes)	S	S(alle bronhoogtes)	S
98 – 99,5-percentiel						
van 1-uurswaarden	+	*	S (H < 50 meter)	-	S (H < 50 meter)	*
van 8-uurswaarden	+	*	S (H < 50 meter)	-	-	-
van 24-uurswaarden	+	*	S (H < 50 meter)	-	-	-
95-percentiel						
van 1-uurswaarden	+	*	S (H < 50 meter)	-	-	*
van 8-uurswaarden	+	*	S (H < 50 meter)	-	-	-
van 24-uurswaarden	+	*	S (H < 50 meter)	-	-	-
Variabele emissies	+	*		-	-	-
Korte termijn berekeningen	+	*		-	-	-

Tabel 5.1 Grenzen van het toepassingsgebied van de drie rekenwijzen en de kwaliteit van het resultaat (bron: TNO, 1998)

+ meest nauwkeurige toepassing

* resultaat heeft lage nauwkeurigheid

H emissiebronhoogte

A achtergrondconcentratie is als uur-bij-uur bestand beschikbaar

W achtergrondconcentratie is beschikbaar als gemiddelde per windrichting

S geschikt voor screening in het aangegeven gebied

- niet toepasbaar

opmerking: elk van de drie rekenwijzen is ook geschikt voor toepassing op een oppervlakte diffuse bron

Uit de tabel blijkt dat een emissie met behulp van de snellere rekenwijzen (Monte-Carlo methode en het klassenmodel) gescreend kan worden. Dit screenen (S) betekent dat eerst globaal wordt bekeken of sprake is van een kritische situatie of niet. Als geldt dat de te toetsen waarde (milieukwaliteitseis) groter is dan 2 x de som van de berekende concentratie en de achtergrondconcentratie, dan is de situatie niet-kritisch. Als de emissie situatie niet-kritisch is dan hoeft het uur-voor-uurmodel niet meer te worden ingezet. Bij een kritische situatie moet alsnog het uur-voor-uurmodel worden toegepast voor een meer nauwkeurige berekening. Uit tabel 5.1 is tevens op te maken dat het screenen met de snellere modellen niet altijd mogelijk is. Dit is o.a. afhankelijk van de schoorsteenhoogte en het al dan niet aanwezig zijn van achtergrondconcentratie gegevens.

Voor het kiezen van de percentielwaarde voor de achtergrondconcentraties gaat in eerste instantie de voorkeur uit naar de hoogste waarden (98-99,5), tenzij kan worden aangetoond dat de

weersomstandigheden gedurende de meetperiode stabiel waren, zodat 'uitschieters' niet te verwachten zijn. In dat geval kan er met een lagere percentielwaarde voldoende informatie worden verkregen uit de meetgegevens. Het nadeel van een hoge percentielwaarde is echter dat de nauwkeurigheid van de verspreidingsmodellen hiermee enigszins afneemt. Daarnaast is de nauwkeurigheid van de modellen afhankelijk van de nauwkeurigheid van de inputgegevens.

Als er meerdere bronnen in het onderzoek worden betrokken, worden berekeningen bij bronnen met een bronhoogte < 50 meter uitgevoerd met een snel model. Afhankelijk van het beschikbaar zijn van gedetailleerde achtergrondgegevens wordt gekozen tussen het klassenmodel en de Monte-Carlomethode. Bij bronnen met een bronhoogte van > 50 meter wordt gerekend met het uur-voor-uurmodel.

5.2.2 Stofverspreidingsmodel Fugitive Dust Model (FDM)

Dit model kan gebruikt worden bij het beantwoorden van de vraag: *Wat is de stofconcentratie op leefniveau (immissie)?* (waarbij de aanleiding hinder is) en *Wat is de emissie van de individuele, potentiële diffuse bronnen?*

Het FD Model is te vergelijken met het Nieuw Nationaal Model met het verschil dat het zich specifiek richt op lage stofbronnen met mogelijk zeer grote stofdeeltjes. Bij het huidige Nationaal Model kan alleen gewerkt worden met deeltjes kleiner dan 25 µm terwijl bij het FD Model ook grovere fracties kunnen worden ingevoerd. Verdere inputgegevens die noodzakelijk zijn voor het gebruik van het FD Model, zijn:

- de afkadering van het bronnengebied en een mogelijk receptorpunt. Het receptorpunt is een locatie waarop hinder te verwachten valt;
- de oppervlakte en hoogte van de bron;
- de verwachte korrelgrootteverdeling: hoe grover de stofdeeltjes, hoe minder ver deze kunnen neerslaan;
- de ruwheidslengte van het gebied of de gebiedsdelen: bij een grote ruwheidslengte zullen stofdeeltjes eerder kunnen neerslaan;
- een aantal worst case scenario's voor het weer: verschillende scenario's worden doorberekend ter vergelijking (de windrichting staat bijvoorbeeld richting de dichtstbijzijnde bebouwing of de verticale verspreiding van de lucht is minimaal door koude lucht aan de grond);
- afstand tussen bron en meetlocatie en meethoogte.

Het FD Model kan worden gebruikt om in te schatten bij welke totale emissie, onder 'ongunstige' omstandigheden, er hinder kan optreden. In het geval van meerdere bronnen kan de totale emissie worden geschat aan de hand van bedrijfsgegevens, metingen bij diffuse bronnen (§ 6.2.2) en/of bij het optreden van stofpluimen (zie voor 'stofpluimen' § 5.2.5). Als de berekende, te verwachten immissie groter is dan de drempelwaarde (zie § 4.3) dan is hinder te verwachten (zie figuur 5.3).

Figuur 5.3 Schematische toelichting op gebruik van het FD Model bij stofmetingen.

stap 1 immissiemeting individuele bron → FDM → emissie individuele bron

stap 2 totale emissie afkomstig van één of meerdere diffuse bronnen → FDM → immissie in woonwijk
immissie woonwijk > drempelwaarde → hinder

5.2.3 Calculations of Airpollution by Roadtraffic-model (CAR-model)

Voor luchtonderzoek langs wegen wordt het zogenaamde CAR-model gebruikt. Dit model is, net als het Nieuw Nationaal Model, een verspreidingsmodel met als input de emissie en als output de immissie, maar dan toegespitst op luchtonderzoek langs wegen.

De emissie is te berekenen door middel van een aantal parameters:

- de samenstelling van het verkeer (% dieselmotoren, % vrachtverkeer, etc.);
- de intensiteit van het verkeer;
- de snelheid van het verkeer over de tijd;
- aantal parkeerbewegingen.

Het CAR-model is ontwikkeld door VROM, TNO en het RIVM. Het RIVM beheert het model. Bij het model moet worden uitgegaan van ongunstige weersomstandigheden en moet worden getoetst of een verkeerssituatie statistisch niet vaker dan één keer per tien jaar tot normoverschrijding zal leiden. Het CAR-model wordt in principe elke vier jaar opnieuw onder de loep genomen tenzij, door voortschrijdend inzicht, tussentijds een bijstelling noodzakelijk is. Op dit moment is het CAR-model 2 in gebruik.

Het model kan volgens de handleiding (RIVM, 1998) niet worden toegepast voor het evalueren van kostbare maatregelen in knelpuntsituaties, omdat het er te onnauwkeurig voor is. Bij ingewikkelde luchtverontreinigingsituaties en voor het berekenen van toekomstige situaties is het CAR-model niet geschikt (Dorel et al., 1997). Bij ingewikkelde luchtverontreinigingsituaties zullen daarom toch immissiemetingen noodzakelijk zijn. Voor het berekenen van toekomstige situaties is een nieuw model in de maak, een zogenaamd Decision Support System (DSS).

In het kader van een EU-project is TNO vanaf augustus 2000 bezig met een DSS (Decision Support System). Het gaat om het maken van een model waarmee op basis van de verkeersintensiteit een vertaling kan worden gemaakt naar de luchtkwaliteit. In eerste instantie zijn gegevens bekend over emissiemetingen bij een auto. Met bestaande verspreidingsmodellen wordt de immissie bepaald. Met nieuwe metingen bij snelwegen rondom Rotterdam wordt het model verfijnd. Naast het 'Rotterdam-deelproject' nemen ook nog 6 andere Europese Steden deel aan het EU-project.

Dat ook bij minder ingewikkelde luchtverontreinigingsituaties het CAR-model niet altijd even betrouwbaar is, blijkt uit een onderzoek van Van der Maarel (2001). Hij heeft huidige CAR-model berekeningen vergeleken met gemeten waarden van het RIVM-meetnet in de jaren negentig. Het onderzoek was voor o.a. PM_{10} gericht op immissies gemeten bij straat-, stads- en regiostations van het RIVM-meetnet. Bij vergelijking van gemeten PM_{10} -waarden (RIVM-metingen) met berekende PM_{10} -waarden (met het CAR-model) bleek het CAR-model de concentratie PM_{10} te onderschatten. Voor straatsituaties werd de PM_{10} -concentratie met een factor 3 onderschat door het CAR-model.

5.2.4 Chemical Mass Balance Modelling (CMB)

Het Chemical Mass Balance Model kan worden gebruikt als er sprake is van meerdere bronnen en de volgende meetvraag wordt gesteld: *Wat is de samenstelling van de stofdepositie?* Zowel aan de bronnen als op leefniveau wordt het stof geanalyseerd op meerdere parameters. Parameters kunnen zowel chemisch als fysisch zijn. Bij fysische parameters kan gedacht worden aan morfologie en korrelgrootteverdeling. Daarnaast worden ook de windrichting, windsterkte en neerslag gemeten. Per stofmonster worden de onderlinge verhoudingen van de gemeten parameters bekeken. Met behulp van multivariabele statistiek (factoranalyse) kunnen de mogelijke bronnen van de stofimmissie vervolgens herleid worden. Het gebruik van dit model is niet aan te raden als de mogelijke stofbronnen qua samenstelling erg op elkaar lijken.

5.2.5 Beoordeling van zichtbare stofontwikkeling

In sommige gevallen is het lastig metingen te verrichten bij diffuse, (grof)stof bronnen, vooral als deze discontinu zijn. Het is dan handiger een inschatting te maken van de hoeveelheid stofemissie. Vrans (2001) heeft een methode ontwikkeld om bij het ontstaan van een enkele stofpluim (zoals bij laden en lossen) en bij wegen (opstuifend zand door wegverkeer) de stofemissie te berekenen.

Een stofpluim bij bijvoorbeeld laden en lossen wordt beoordeeld op het moment dat hij heel ijl wordt en nauwelijks meer waarneembaar is. Op dat moment nadert het de waarnemingsdrempel van 0,1 g/m². De vrijgekomen stofmassa is dan gelijk aan 0,1 maal de oppervlakte van de stofpluim. De dagemissie kan berekend worden door het aantal stofpluimen per dag bij elkaar op te tellen. Als de opeenvolgende stofpluimen elkaar overlappen, dan kan de emissie als continu beschouwd worden.

Bij verkeer wordt dezelfde waarnemingsdrempel gebruikt en wordt gekeken naar de hoogte van de stofontwikkeling. Als bij ieder voertuig een stofpluim ontstaat van 1 meter hoogte, dan is de stofmassa per meter afgelegde weg $0,1 \times 1 = 0,1$ g/m. Om de dagemissie te berekenen wordt dit vermenigvuldigd met de afgelegde weg en het aantal voertuigen.

5.3 Gespecificeerde en alternatieve meetvragen

De meetvragen die zijn opgesteld in hoofdstuk 3 kunnen aan de hand van hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 worden omgezet in respectievelijk gespecificeerde en alternatieve meetvragen (zie tabel 5.2).

	voorbeelden meetvraag	voorbeelden specifieke meetvragen	Voorbeelden alternatieve meetvragen (+ model)
brongericht	<i>Hoe groot is de stof emissie van de installaties/ de inrichting (emissie) ?</i>	<i>bij continue uitstoot:</i> Hoe groot zijn de stofemissie (mg/m ³) en de (geschatte) volumestroom (m ³ /u) ?	
		<i>bij kortdurende emissies:</i> Hoe groot zijn de stofemissie (mg/m ³) en de volumestroom (m ³ /u)?	
		<i>bij grote wisseling in concentratie en volumestroom:</i> Hoe groot zijn de stofemissie (mg/m ³), de volumestroom (m ³ /u) en de vracht (kg/u) ? (zie bijlage 6 voor verklaring vragen)	
		<i>bij diffuse emissie:</i> (zie § 3.5 NeR)	
	<i>Wat is de stofemissie voor en na de inzet van het stofreducerende product ?</i>	Wat is de stofemissie (mg/m ³) voor en na de inzet van het stofreducerende product ?	
	<i>Wat is de stofemissie voor en na de inzet van de stofemissie reducerende maatregelen ?</i>	Wat is de stofemissie (mg/m ³) voor en na de inzet van de stofemissie reducerende maatregelen ?	
	<i>Hoe zijn de windrichting en de immissie verdeeld over de tijd ?¹</i>	Hoe zijn de windrichting (meerdere windstreken) en de fijn stof/zwarte rook concentraties (µg/m ³) in de lucht verdeeld over de tijd ?	
<i>Wat is de samenstelling van het stof (emissie, immissie) ?¹</i>	Wat is de samenstelling van het stof (emissie, immissie) ? (optioneel: morfologie, kleur, chemische samenstelling, korrelgrootteverdeling)	<i>Bij complexere stofproblemen kan gebruik worden gemaakt van statistiek (Chemical Mass Balance Modelering)</i>	
<i>Wat is de emissie van de individuele, potentiële diffuse bronnen ?²</i>		<i>Bij de meeste diffuse bronnen: Wat is het verschil in stofbelasting tussen de loef- en lijzijde van de potentiële stof bronnen (immissie)? (Fugitive Dust Model)</i>	
		<i>hinder bij stofpluimen: Wat is de omvang van de stofpluim en het aantal pluimen per dag ? (zichtbare stofontwikkeling)</i>	
		<i>hinder bij wegen: Wat is de totaal afgelegde weg en het aantal voertuigen over een 'stoffige' weg ? (zichtbare stofontwikkeling)</i>	
objectgericht	<i>Wat is de stofconcentratie op leefniveau en in een referentiegebied (immissie)?</i>	<i>vergunning inrichting, weg, spoor, gezondheid, hinder: Wat is de immissie ((µ)g/m³) op leefniveau en in een referentiegebied ?³</i>	
			<i>vergunning inrichting, gezondheid: Wat is de stofemissie ? (Nieuw Nationaal Model)</i>
			<i>autowegen: Wat is de verkeersintensiteit en verkeerssamenstelling over een bepaalde tijd ? (CAR-model)</i>
			<i>hinder: Wat is de totale stofemissie ?² (Fugitive Dust Model)</i>

Tabel 5.2 Voorbeelden voorlopige meetvragen bij stofonderzoek en de mogelijke vertaalslag naar specifieke of alternatieve meetvragen.

¹ vaak in combinatie met elkaar

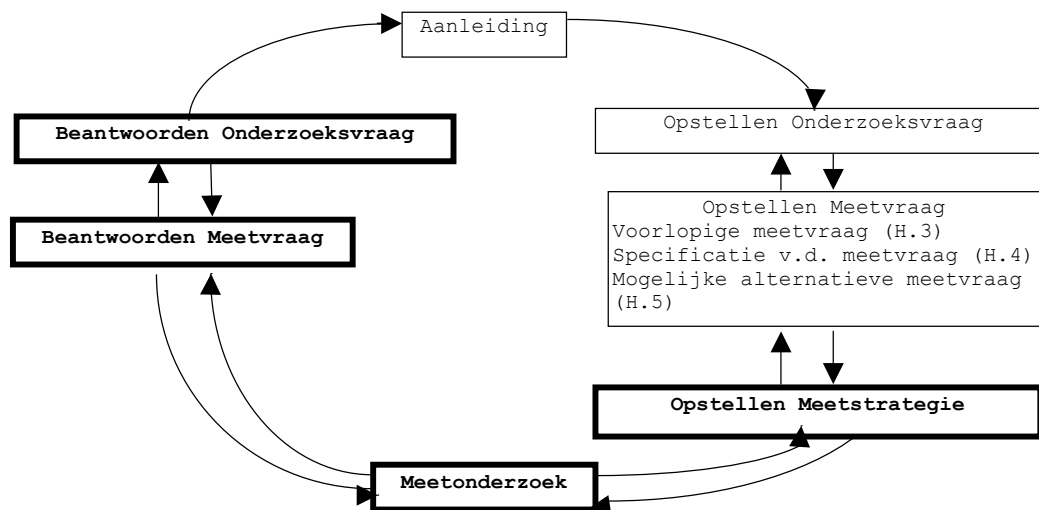
² in combinatie met elkaar

³ vaak wordt er gebruik gemaakt van het RIVM-meetnet

Van meetstrategie naar de beantwoording van de onderzoeksvraag

6.1 Inleiding

In figuur 6.1 zijn de stappen aangegeven die in dit hoofdstuk behandeld worden (vetgedrukt).



Figuur 6.1 De onderdelen van de meetcirkel die in dit hoofdstuk behandeld worden (vetgedrukt) (naar: Haselager, 2001)

De meetstrategie is het opstellen van een meetplan om zo goed mogelijk de gestelde meetvraag te kunnen beantwoorden (§ 6.2). Na dit voorbereidend werk kan worden overgegaan tot het daadwerkelijke meten (het meetonderzoek). Als het goed is, is bij het opstellen van de meetstrategie rekening gehouden met alle mogelijke problemen waar in het veld tegen aan gelopen kan worden. Zo niet, dan moet de meetstrategie enigszins aangepast worden. Bij het daadwerkelijke meetonderzoek is het afhankelijk van het soort onderzoek (emissie- of immissiemetingen) welke apparatuur kan worden ingezet. In § 6.3 worden de emissiemetingen besproken en in § 6.4 de immissiemetingen.

Na het meetonderzoek kan de meetvraag beantwoord worden. Daarna moet nog een vertaling worden gemaakt naar de onderzoeksvraag. In § 6.5 wordt het beantwoorden van de meetvraag besproken en in § 6.6 het beantwoorden van de onderzoeksvraag.

6.2 Meetstrategie

6.2.1 Emissie

Bij het doorlopen van het meetvenster (§ 4.3) is vermoedelijk al opgevallen dat de regels voor het meten van emissies bij inrichtingen die onder de NeR vallen bijna volledig zijn vastgelegd. In de praktijk kan het echter voorkomen dat niet aan de ISO 9096-richtlijnen kan worden voldaan. In dat geval moet een bemonstering zo representatief mogelijk zijn; een dergelijke voorwaarde is vaak alleen te controleren als men bij de meting aanwezig is. Achteraf kan de geschiktheid van de meetlocatie ook in een luchtstromingsprofiel (§ 6.4.2) tot uiting komen.

In de NeR zijn richtlijnen opgenomen voor het opstellen van een emissie-monitoringsplan (zie tabel 4.6 in § 4.3.2). In de praktijk wordt veelal gekozen voor het direct meten van de emissie i.p.v. het meten van ERP's, omdat dergelijke metingen vooral voor stofdeeltjes vaak slechts indicatief zijn (zie bijlage 7). Voor inrichtingen die niet onder de NeR of wettelijke regelingen vallen, wordt per individueel geval een controle regime bepaald voor het monitoren van emissies. Hierbij is dus nog vrijheid in het bepalen van een meetstrategie.

Bij continue stofmetingen wordt bij bedrijven vaak gemeten met een optische meetmethode en niet conform de ISO 9096 (gravimetrisch). Een optische meetmethode is bruikbaar ter controle van de emissie (of bijvoorbeeld een filter), maar niet afdoende voor het toetsen van een emissie-vergunning.

6.2.2 Immissie

Voor immissiemetingen zijn geen richtlijnen voor een meetvenster opgesteld, maar spelen ervaringsfeiten een rol voor de keuze daarvan (zie § 4.3). Binnen dit meetvenster zijn voor de meetstrategie de volgende punten van belang:

- Voor het meten van de immissie moet rekening gehouden worden met een achtergrondconcentratie fijn stof en zwarte rook (concentratie);
- Daarnaast zijn het tijdstip en de tijdsduur van de meting afhankelijk van het soort onderzoek en de parameter (tijd);
- Verder zijn er een aantal standaard methoden voor de plaatsbepaling en de hoeveelheid meetpunten voor het meten van fijn stof, zwarte rook en grof stof (plaats).

In de alinea's hieronder zijn deze punten toegelicht.

Achtergrondconcentraties fijn stof en zwarte rook

Bij het meten van fijn stof concentraties moet rekening gehouden worden met het feit dat er sprake is van een zekere achtergrondconcentratie in de lucht. Door de lange verblijftijd van fijn stof in de lucht mengt het stof afkomstig van verschillende bronnen zich op tot een soort stofdeken, die over het hele land ligt, met lokaal enigszins hogere concentraties. Met het door de overheid opgezette Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) (uitgevoerd door het RIVM) worden op 55 meetlocaties o.a. de fijn stof en zwarte rook concentraties op regio-, stedelijk-, (industrie-) en straatniveau gemeten. Het niveau 'industrie' is door Bloemen et al. (1998) ingebracht. Het doel van het LML is het monitoren van de milieukwaliteitseisen (grenswaarden).

De verschillende meetniveaus van het LML kunnen als volgt omschreven worden:

regionaal	een locatie buiten bebouwd gebied, zodanig gelegen dat de metingen niet worden beïnvloed door lokale bronnen;
stad	in stedelijke omgeving gelegen binnen een gebied met een straal van 35 m rond de locatie waar het aantal passerende voertuigen minder is dan 2.750 per uur;
industrie	gedacht kan worden aan regio Rijnmond, een sterk verstedelijkt gebied met veel industriële activiteiten;
straat	in stedelijke omgeving gelegen binnen een gebied met een straal van 35 m rond de locatie waar het aantal passerende voertuigen minstens 10.000 per 24 uur is.

Ter indicatie van mogelijk te verwachten fijn stof- en zwarte rookconcentraties op deze niveaus is met behulp van meetresultaten van het RIVM een globaal overzicht gemaakt van de gemiddelde jaarlijkse concentraties fijn stof, de hoogste daggemiddelden van de concentratie fijn stof en het 24-uursgemiddelde van de concentratie zwarte rook (bij verschillende percentielwaarden) (zie tabel 6.1). Op deze wijze is het mogelijk recent gemeten waarden te vergelijken met de wettelijke grenswaarden (tabel 4.3 in § 4.3.1).

soort stof	regionaal		stad		straat	
	gem. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	max. 24 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	gem. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	max. 24 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	gem. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	max. 24 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ ¹	41	210	42	180	46	220
	24-uursgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (percentiel)		24-uursgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (percentiel)		24-uursgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (percentiel)	
zwarte rook ²	24-39 (98) 16-29 (95) 3-6 (50)		34 (98) 27 (95) 9 (50)		51-98 (98) 39-84 (95) 16-39 (50)	

Tabel 6.1 gemeten concentraties PM₁₀ en zwarte rook op verschillende meetniveaus

¹ (afgeronde) concentraties niveau 1997 van www.lml.RIVM.nl/info/normen.htm | en

² Meetresultaten RIVM (1999), deel 3 en deel 4

gem. gemiddelde jaarlijkse concentratie

max. 24 maximale concentratie over 24 uur

De jaargemiddelde grenswaarde voor fijn stof wordt op tweederde van de RIVM meetstations overschreden. De 24-uurs gemiddelde grenswaarde wordt op alle RIVM-meetpunten overschreden (Arends et al., 1998). De concentraties zwarte rook overschrijden alleen op straatniveau soms de desbetreffende grenswaarden.

De concentraties zijn ook seizoensafhankelijk. In de winter komen met enige regelmaat daggemiddelden van fijn stof voor van boven de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maximum uurgemiddelden liggen rond 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste concentraties worden gemeten in de winter bij een geringe windkracht uit zuidoostelijke richting (Deursen en Zeedijk, 1996), vanwege o.a. de invloed van het Roergebied. Bij een lage windsnelheid kan de concentratie PM₁₀ sterk oplopen (Annema et al., 1994).

Naast het LML van het RIVM zijn ook op regionale schaal meetnetten opgezet, zoals in de regio Amsterdam (Omegam) en de regio Rijnmond (DCMR). Alle meetgegevens zijn openbaar.

Tijdsbepaling metingen

De keuze voor het tijdstip en de duur van de meting afhankelijk van het soort onderzoek (bron- of objectgericht) en de soort stofdeeltjes die gemeten wordt (fijn stof/zwarte rook of grof stof).

Bij *brongericht* onderzoek kan onderscheid gemaakt worden tussen grof stof- en fijn stofmetingen. Bij grof stofmetingen zijn piekemissies (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) belangrijk omdat deze volledig bijdragen aan het veroorzaken van hinder. Bij metingen aan de loef- en lijzijde van een diffuse bron is het belangrijk dat de tijdsoplossing c.q. tijdsduur van de meting niet al te lang is, omdat de windrichting variabel kan zijn. Met een dustviewer (§ 6.4.2) kan de meting in principe binnen een half uur plaatsvinden (afhankelijk van de hoeveelheid emissie; hoe meer stofemissie, hoe korter de meting kan zijn). De metingen dienen het liefst bij matige of harde wind uitgevoerd te worden, waarbij de voorgaande periode droog is geweest. Bij fijn stof metingen worden zogenaamde windrozen vervaardigd (zie verder § 6.5.2). Hiervoor zijn gegevens nodig van de windrichting en de fijn stofconcentraties (daggemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fijn stof en urengegevens van de windrichting).

Bij *objectgericht* onderzoek wordt bij het bepalen van immissie van fijn stof in woonwijken vaak gewerkt met vijfdaggemiddelden (doordeweeks) en weekgemiddelden. Afhankelijk van de meetapparatuur vindt de monsternamen om het uur plaats of bijvoorbeeld gedurende vijf werkdagen. Hoe hoger het tijdsoplossend vermogen, hoe beter echter het beeld wordt van het stofemissiepatroon door de tijd heen. Objectgericht onderzoek naar grof stof levert weinig resultaten op, vanwege de sterke afhankelijkheid van piekemissies en weersomstandigheden. Beter is het via een TLO hinder vast te stellen (zie § 3.2.4). Bij *objectgericht* onderzoek bij wegen wordt onderscheid gemaakt tussen hoge emissie perioden en lage emissie perioden. Hoge emissie perioden vinden plaats tijdens de ochtendspits (07:00 - 09:00) en in mindere mate tijdens de avondspits (18:00-20:00).

Plaatsbepaling metingen

Voor *brongerichte* onderzoeken geldt het volgende: Bij metingen bij een specifieke bron zoals een verkeersweg, een spoorlijn of een diffuse bron bij een bedrijf kan het beste boven- en benedenwinds van de desbetreffende bron worden gemeten (zie figuur 6.2). Bij diffuse grof stof bronnen is de meettijd zo kort dat achteraf niet voor een wisselende windrichting gecorrigeerd hoeft te worden. Bij verkeerswegen en spoorlijnen is de meettijd langer en is dat wel noodzakelijk. Om iets te kunnen zeggen over de verspreiding kan een extra meetpunt op enkele tientallen meters benedenwinds van de desbetreffende bron worden geplaatst (als niet gebruik wordt gemaakt van een verspreidingsmodel).

Bij spoorlijnen is de verspreiding van stofdeeltjes gering. Ter indicatie: Op het traject Maarssen-Utrecht slaat 95 % van de stofdeeltjes afkomstig van de bovenleidingen (koperdeeltjes) neer binnen een straal van 13 meter vanaf het midden van de spoorlijn. 99 % van de stofdeeltjes afkomstig van de rails (ijzerdeeltjes) slaat neer op of direct naast de spoorlijn.

Bij meerdere bronnen is het verstandig een meetlocatie in te richten in de buurt van potentiële bron(nen) en een meetlocatie in te richten waar geen invloed is te verwachten van lokale stofbronnen. Deze laatste meetlocatie kan dan fungeren als achtergrondwaarde (zie figuur 6.2). De achtergrondwaarden voor fijn stof kunnen geleend worden van een RIVM-meetapparaat dat mogelijk in de buurt staat. Om lokale invloeden uit te sluiten wordt meetapparatuur in een stad vaak geplaatst op daken. Bij complexe situaties is het soms noodzakelijk meerdere meetlocaties in en buiten het bronnengebied te plaatsen. Met behulp van het Chemical Mass Balance model (zie § 5.2.4) kunnen dan de bronnen meer in detail onderscheiden worden.

Figuur 6.3 Plaatsing van meetapparatuur (meetpunt A en B) bij immissie onderzoek fijn stof t.b.v. bronidentificatie

locatie A: meetpunt tussen potentiële bronnen en receptorpunt (woonwijk)

locatie B: referentie meetpunt

Figuur 6.2 Plaatsing van meetapparatuur bij immissie onderzoek bij diffuse grof stofbronnen

Voor *objectgerichte* onderzoeken geldt het volgende:

Naar aanleiding van gezondheidsklachten kan, naast een meting ter plekke, gemeten worden op de locatie waar dezelfde concentraties te verwachten zijn, minus de mogelijke bron(en)-invloed(en). De laatste meetlocatie kan gebruikt worden als een soort achtergrondwaarde. Waar mogelijk wordt langs wegen echter gebruik gemaakt van emissieberekeningen en het CAR-model (zie § 5.2.3) of RIVM meetpunten, zodat (extra) metingen niet noodzakelijk zijn.

6.3 Emissiemetingen

De stofmeter waarmee emissie gemeten wordt, bestaat uit een meetsonde met daaraan gebouwd een gasmeter en een filter. In het verlengde van de filter is een aanzuigopening (de nozzle) aangebracht. Door de gewichtstoename op de filter van de ingevangen stofdeeltjes te delen door de op de gasmeter geregistreerde hoeveelheid afgas (debiet) is de stofconcentratie te bepalen. De diameter van de aanzuigopening kan gevarieerd worden afhankelijk van de hoeveelheid te verwachten stofdeeltjes.

Voor het meten van de overige referentiegrootheden worden de in tabel 6.2 weergegeven meetapparaten/analyses ingezet.

referentiegrootheden	eenheid	mogelijk meetapparatuur/analyse
snellheid afgas	m/s	pitotbuis-micromanometer
debiet afgas	m ³ /h	(afgeleide van snellheid en kanaaldiameter)
temperatuur afgas	°C	thermokoppel
vochtgehalte afgas	kg/m ³	psychrometrische- of RV-sensor Maar ook: * natte bol temperatuur of * silicabuisje
statische druk in kanaal	Pa	micromanometer
atmosferische druk	Pa	barometer

Tabel 6.2 Referentiegrootheden, eenheden en mogelijke meetapparatuur/analyse noodzakelijk bij emissieonderzoek (ProMonitoring, 1999)

Bij het bepalen van de emissie afkomstig uit een (gesloten) ruimte zal eerst de concentratie in de binnenlucht moeten worden bepaald en daarnaast de zogenaamde ventilatievoud van de desbetreffende ruimte. De concentratie meting in de binnenlucht is een immissiemeting en zal onder het kopje immissies besproken worden. De ventilatievoud, ofwel het aantal malen per uur dat de lucht in de desbetreffende ruimte volledig ververst wordt, wordt bepaald met een tracer gas . Het tracer gas wordt in de ruimte gebracht en de afname van de concentratie van het tracergas zal met de tijd afnemen. De afnamesnelheid is afhankelijk van de mate van ventilatie. Met een handzame gaschromatograaf kan ter plekke deze afname afgelezen worden en de ventilatievoud bepaald worden.

In een rapport dienen in principe ook calibratiegegevens van de meetapparatuur te zijn opgenomen, voorzien van een datum. Niet elke provincie of gemeente eist echter deze calibratiegegevens.

6.4 Immissiemetingen

6.4.1 Fijn stof en zwarte rook

Voor het meten van fijn stof en zwarte rook worden verschillende soorten meetapparatuur gebruikt. Voor de algemene werking van het apparaat geldt dat buitenlucht over een filter wordt gezogen, waar afhankelijk van het soort filter een bepaalde fractie stof op het filter achter blijft. De hoeveelheid lucht kan geregeld worden door een automatische aanzuiging die op het desbetreffende meetapparaat is bevestigd. De aanzuigingsnelheid moet enigszins aangepast zijn aan de windsnelheid en windrichting in de nabije omgeving, om zo de lokale condities zo min mogelijk te verstoren.

In tabel 6.3 zijn mogelijk inzetbaar apparatuur, de fractie die gemeten kan worden en de tijdsoplossing van de apparatuur aangegeven.

meetapparaat	Stofsoort	grootte (μm)	tijdsoplossing
TEOM ¹	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₁ , zwarte rook	0,1 – 2,5	0,5-1 uur
β -stofmeter	PM ₁₀ , zwarte rook	0,1 - 10	1 uur
LVS ² filter	zwarte rook	0,05 – 2,5	24 uur
HVS ³ filter	TSP ⁴	0,1 - 45	24 uur

Tabel 6.3 Verschillende soorten meetapparatuur voor fijn stof en zwarte rook (naar: Arends et al., 1998)

¹ Tapered Element Oscilating Microbalance

² Low Volume Sampler

³ High Volume Sampler

⁴ Total Suspended Particulates

TEOM (Tapered Element Oscilating Microbalance)

De TEOM is een oscillerende microbalans waarbij de frequentie door de opgevangen hoeveelheid stof wordt bepaald. Door een toename van de hoeveelheid stof die op het filter valt neemt de trilling van de TEOM af. Deze afname is onafhankelijk van de chemische samenstelling.

β -stofmeter

Door een stofbelading op het filter zal de inkomende straling (I_0) verzwakt zijn na het passeren van de stoflaag. De verzwakking is min-of-meer onafhankelijk van de chemische samenstelling, met uitzondering van lood (Pb) en vocht.

LVS en HVS-filters (low- en high volume samplers)

De stofdeeltjes die door de filter zijn opgevangen, worden achteraf gewogen. Als een HVS recorder dicht bij een stofbron staat kan het zijn dat de meting een onderschatting is van de werkelijke waarde, omdat dan de grovere deeltjes, die wel in de lucht aanwezig zijn, niet neerslaan op het filter. De HVS meet bijvoorbeeld twee deeltjesgroottefracties (< en > 2,5 μm).

Het meten van zwarte rook is meestal handig voor bronidentificatie (verbrandingsprocessen in het verkeer) en industriële processen. Bij de zogenaamde zwarte rookmethode wordt de equivalente massa bepaald aan de hand van de zwartheid van het filter en een ijkfactor. De zwartheid wordt bepaald door een witte lichtbundel op het filter te zetten. Door transmissieverlies door de stoflaag (adsorptie, bepaald door de zwarte fractie van het stof) kan de zwartheid worden bepaald met de volgende formules:

reflectie (R) = uitgaande straling/inkomende straling (I/I_0)

zwartheid (D) = 1 - reflectie (1 - R)

Omdat de ijkcurve echter bepaald is in een tijd toen er nog meer roet van kolencentrales in de lucht zat, is de absolute waarde niet met die van massabepalingen te vergelijken. Bij veroudering van het roet in de atmosfeer kan de waarde van de zwarte-roetmeting bovendien afnemen doordat roetdeeltjes coaguleren (samenklonteren).

Als de massa bepaling van de gemeten parameters heeft plaatsgevonden, worden de massa's omgerekend naar concentraties. Hierbij moet gedeeld worden door het volume lucht dat de filter gepasseerd is.

6.4.2 Grof stof

Ook voor het bepalen van de grof stof concentratie kunnen verschillende soorten apparatuur gebruikt worden. Net als bij de bepaling van fijn stof en zwarte rook geldt hier hetzelfde principe; lucht wordt aangezogen over een filter. In dit geval is het filter bedoeld voor grof stof. Naast concentratiemetingen kunnen ook depositiemetingen en gedeponerd stof-metingen worden uitgevoerd (zie tabel 6.4). Bij depositiemetingen wordt een (gedeelte) van het zwevend stof ingevangen. Bij gedeponerd stof metingen moet gedacht worden aan het verzamelen van stofdeeltjes die reeds op een oppervlak neergeslagen zijn.

Meetapparaat	grootte	analyse	stof soort	tijds- oplossing (uur)	eenheid
concentratie meting					
coarse dust sampler	> 19 µm	gravimetrisch	alle	24	µg/m ³
		optisch	don- ker	0,3	µg/m ³
High, Middle en Low Volume Samplers	verschillende fracties	gravimetrisch	alle	24	µg/m ³
Dustviewer	grof	gravimetrisch	alle	2-20 minuten	µg/m ³
		optisch	alle	2-20 minuten	µg/m ³
depositie meting					
Frisbee (sedimentatie)	grof	gravimetrisch	alle	24	g/m ² /mnd
				24	g/m ² /mnd
EDDM (impactie) ¹	grof	optisch	don- ker	2	%/d ⁽²⁾
NACA sampler (impactie)	grof	optisch	don- ker	24	%/d ⁽²⁾
Luikse bol (impactie)	grof	gravimetrisch	alle	24	mg/m ² /d
		optisch			
gedeponeerd stofmeting					
Veegmonster	alle	optisch	alle	-	-
Stripmonster	alle	optisch	alle	-	-

Tabel 6.4 Voorbeelden van meetapparatuur voor de bepaling van grof stofimmissies of grof stofdeposities.

¹ Ecofys Dust Deposition Monitor

² Effective Area Coverage Rate

(naar: Vrins, van Zuylen, 1991)

Over het algemeen zijn depositiemetingen niet geschikt om een kwantitatieve uitspraak te doen over stofemissies (Vrins, 1992). Depositieingen worden echter nog steeds in de praktijk toegepast als een soort semi-kwantitatieve methode. Deze metingen worden alleen ingezet om de kwaliteit van de stofdeeltjes te bepalen. Gedeponerd stof metingen zijn puur kwalitatief. Verder is uit tabel 6.4 op te maken dat op verschillende manieren een stofmonster kan worden geanalyseerd: gravimetrisch en optisch. Gravimetrisch betekent dat de hoeveelheid stof gewogen wordt. Optisch betekent dat op zicht (al dan niet met meetapparatuur) een schatting wordt gedaan van de immissie of depositie. Ook kan gekeken worden naar de fysische samenstelling van het monster. Voor de fysische samenstelling kan een Raster Elektronen Microscop (REM) worden ingezet om de morfologie te analyseren. Met een Röntgen Micro Analyse (RMA) kan ook naar de morfologie gekeken worden en tevens geeft deze analyse inzicht in de lokale elementsamenstelling aan vaste stoffen.

Daarnaast kan er achteraf gekozen worden voor een chemische analyse van monsters.

In een rapport dienen ook calibratiegegevens van het meetapparatuur te zijn opgenomen voorzien van een datum.

6.5 Beantwoording van de meetvraag

Sommige antwoorden op meetvragen verdienen enige toelichting voor wat betreft het gebruik van modellen (§ 6.5.1), presentatie van meetgegevens (§ 6.5.2), en de kwaliteit van de meetresultaten (§ 6.5.3).

6.5.1 Gebruik van een model

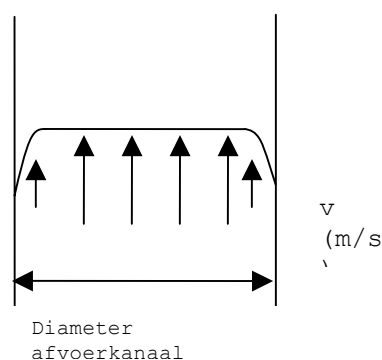
Voor het beantwoorden van de meetvraag wordt in sommige gevallen gebruik gemaakt van een model (zie hoofdstuk 5). Bij het bepalen van immissiewaarden bij inrichtingen gaat het om het Nieuw Nationaal Model of het Fugitive Dust Model, bij immissiewaarden bij wegen gaat het om het CAR-model en bij de bronidentificatie met behulp van chemische analyse kan gebruik gemaakt worden van het Chemical Mass Balance Model. Soms is het mogelijk op grond van zichtbare stofontwikkeling een uitspraak te doen over de hoeveelheid aan stofdeeltjes die emitteren. M.b.v. een model kan het antwoord op de alternatieve meetvraag worden vertaald naar het antwoord op de meetvraag.

Een foutenanalyse moet aangeven hoe betrouwbaar de resultaten zijn.

6.5.2 Presentatie van meetgegevens

Emissie

Als een afvoerkanaal een aanzienlijke doorsnede heeft dan moeten op een denkbeeldig vlak, loodrecht op de wanden van het afvoerkanaal, meerdere metingen worden verricht. Dit wordt traverseren genoemd. Als traverseren noodzakelijk is, is het noodzakelijk een luchtstromingsprofiel te presenteren in het meetrapport. Het ideale luchtstromingsprofiel is weergegeven in figuur 6.4.



Figuur 6.4 Ideaal luchtstromingsprofiel voor een correcte emissiemeting in een afvoerkanaal

Bij continue metingen is het gewenst dat het verloop van de emissie grafisch wordt weergegeven in de rapportage. Op de x-as wordt de tijd (tijdstip en datum) uitgezet, op de y-as wordt de concentratie van de te bepalen parameter uitgezet. Handig is het als verschillende specifieke activiteiten ook aangegeven worden.

In verband met stankklachten werden in Spankeren bij een bedrijf emissie metingen verricht naar koolwaterstoffen. De absolute concentraties zijn echter niet te herleiden uit de grafische weergave van de metingen. Op deze manier kunnen de conclusies niet achteraf gecontroleerd worden.

Immissie

Het vervaardigen van een windroos wordt vaak toegepast bij het herleiden en identificeren van fijn stofbronnen. Een windroos is een visuele weergave van de frequentie van windrichtingen in een bepaalde periode. In een windroos kan kwantitatief weergegeven worden wat de spreiding over de windrichtingen is

van een bepaalde emissie. Voor bijvoorbeeld PM_{10} worden de volgende stappen verricht om deze te koppelen aan de windrichting (Young, 1982):

- de gemiddelde stofdepositie van een element op een filter per uur wordt berekend (bij meetapparatuur met een tijdsoplossing van 24 uur wordt de gemeten concentratie door 24 gedeeld);
- de gemiddelde stofdepositie per uur, vermenigvuldigd met het aantal uren dat een windrichting gedurende de monsterperiode voorkwam, wordt toegerekend als 'loadings' bijdrage komende uit die windrichting;
- alle aan een bepaalde richting toegekende loadings worden per richting gesommeerd;
- vervolgens wordt gedeeld door het aantal malen dat een bepaalde windrichting gedurende alle monsterperiodes samen, is voorgekomen.

Stofbronnen kunnen zowel diffuse- als puntbronnen zijn, al zijn puntbronnen vaak beter te identificeren. Een voorbeeld van een windroos is opgenomen in figuur 6.5. Uit de figuur is op te maken dat bij sommige windrichtingen hogere immissie concentraties zijn gemeten dan bij andere windrichtingen. In het weekeinde liggen de immissieconcentraties gemiddeld lager dan op een werkdag.

Figuur 6.5 Windroos van PM_{10} in $\mu g/m^3$ (Keuken et al., 1999)

In figuur 6.6 is een voorbeeld situatie opgenomen waarbij een windroos kan worden ingezet.

Figuur 6.6 Voorbeeldsituatie waarbij een windroos gebruikt kan worden. Uit het voorbeeld is op te maken dat op locatie A bij een noorden en noordoosten wind de meeste immissie aan fijn stof is gemeten. De situatie komt overéén met figuur 6.2.

Daarnaast kan nog meer in detail worden gekeken naar de chemische samenstelling, de morfologie en de deeltjesgrootte-verdeling van het stof. Dergelijke details kunnen ook met behulp van een windroos gepresenteerd worden. Naast de windroos is het soms handig als de gegevens in histogramvorm worden getoond, omdat dan een beter kwantitatief beeld verkregen wordt van bijvoorbeeld de concentraties fijn stof. Tevens kunnen dan meerdere gemeten parameters naast elkaar gezet worden.

6.5.3 Kwaliteit van de meetresultaten

De kwaliteit van de meetgegevens is vooral afhankelijk van de monsternemingsstrategie. Een aantal factoren die invloed hebben op de depositiesnelheid van stofdeeltjes hebben grote invloed op de

uiteindelijke resultaten (zie § 2.4 en § 2.5.1) en kunnen een vertekend beeld geven. Dit kan gebeuren door onder 'afwijkende' weersomstandigheden te meten danwel door een verkeerde input in de eventueel gebruikte verspreidingsmodellen. Daarnaast komt het vaak voor dat depositie metingen worden verricht, waar kwantitatieve resultaten zijn vereist.

Vaak zijn de meetresultaten moeilijk te controleren op kwaliteit vanwege het ontbreken van essentiële meetgegevens in het desbetreffende rapport. Bij emissierapporten ontbreken vaak referentiegrootheden, een overzicht van de meetlocaties, ijkgegevens van het meetapparaat en gegevens over de bedrijfsactiviteiten verdeeld over de tijd.

Uit hoofdstuk 5 blijkt dat verspreidingsmodellen niet altijd toegepast kunnen worden. Het gebruik van modellen is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van meetdata. Het CAR-model wordt nog steeds toegepast, maar onderschat de emissie voor o.a. fijn stof.

6.6 Beantwoording van de onderzoeksvraag

In de onderstaande paragrafen zijn de onderzoeksvragen, die aan het eind van hoofdstuk 3 zijn opgenomen, (tabel 3.2) beantwoord.

6.6.1 Emissie

Voldoet het bedrijf aan de stofemissie-eis en zo nee, kan daar gemotiveerd van afgeweken worden ?

Met behulp van de NeR en de wettelijke regelingen (zie hoofdstuk 4 en bijlage 6) kunnen de wettelijke emissie-eisen gevonden worden voor alle inrichtingen. In principe kan het voorkomen dat ondanks het voldoen aan de richtlijnen of wettelijke regelingen er toch sprake is van hinder en/of gezondheidsklachten. Dergelijke gevallen kunnen bijvoorbeeld voorkomen als:

- de emissie net onder de emissie-eis ligt;
- de emissie door gemotiveerd afwijken boven de emissie-eis ligt;
- de schoorsteen van een bedrijf erg laag is;
- het bedrijf ingesloten is door hoge bebouwing.
- dicht bij het bedrijf woningen liggen.

Er kan bij hinder en/of gezondheidsklachten in principe afgeweken worden van de emissie-eisen als deze steekhoudend zijn (bijlage 6).

Voldoet de stofreducerende maatregel aan de gegarandeerde stofreductie ?

Dit vereist slechts een eenvoudige rekensom. Het gaat om de verhouding tussen de werkelijke stofreductie en de gegarandeerde stofreductie. Voldoet de stofreducerende maatregel niet dan zal het toeleveringsbedrijf hier verantwoording voor moeten afleggen t.o.v. het bedrijf.

Wat is het rendement van de stofreducerende maatregelen ?

Dit is een kosten-baten analyse waarbij rekening moet worden gehouden met meerdere factoren (zie bijlage 6 onder kosteneffectiviteit). Ter vergelijking van gevonden waarden zijn echter alleen referentiewaarden te gebruiken (zie tabel 9 in bijlage 6).

6.6.2 Immissie

Is het verzamelde stof mogelijk afkomstig van een metaalgieterij ?

Deze kwalitatieve vraag is door morfologisch en chemisch onderzoek bij de bron en aan het gedeponeerde stof te beantwoorden. Gevonden overeenkomsten kunnen overheden helpen een bedrijf tot maatregelen aan te zetten. Veelal zijn aanvullende emissie-metingen daarbij onontbeerlijk.

Wat is de relatieve bijdrage van Lage Weide ten opzichte van de zeer lokale bronnen (Amsterdamse Straatweg) en de wijdere omgeving ?

Als de relatieve bijdrage bekend is van een bron, kan deze vergeleken worden met de milieukwaliteitseis. Het cumulatieve effect kan echter leiden tot een hardere emissie-eis voor de individuele veroorzakers.

Leidt de emissie van de inrichting/weg tot concentraties die de milieukwaliteitseisen op leefniveau overschrijden ?

In het geval van hinder kan in principe berekend worden of een bepaalde hoeveelheid (grof) stof kan leiden tot hinder op leefniveau (Stof verspreidingsmodel, Fugitive Dust Model) (zie hoofdstuk 5). Voor grof stof bestaan echter geen milieukwaliteitseisen. Wel zijn een aantal drempelwaarden te herleiden uit de literatuur. In principe is deze drempelwaarde per geval weer anders, wat betekent dat er nog sprake is van veel onderhandelingsruimte. Emissie reducerende maatregelen kunnen worden opgelegd als met een meetonderzoek de bronnen zijn geïdentificeerd. Emissie reducerende maatregelen kunnen zijn; nat houden van stuifgevoelig materiaal of afdekken. Bij aanhoudende klachten kunnen sanerende eisen worden gesteld, zoals beperkte werktijden of een beperking in het aantal activiteiten (bijvoorbeeld laden en lossen). Het is zaak dat dergelijke afspraken in de milieuvergunning worden opgenomen.

Voor gezondheidsproblemen die in relatie staan met fijn stof, kan de fijn stof concentratie op leefniveau getoetst worden aan de (niet wettelijk vastgelegde) milieukwaliteitseis voor fijn stof. Deze milieukwaliteitseis is echter zeer scherp en zal in vele gevallen alleen al door de achtergrondconcentratie overschreden worden. Een kleine fijn stof bijdrage afkomstig van een bedrijf of weg kan al leiden tot toenemende gezondheidsproblemen.

Is er een relatie tussen de (plaatselijke) luchtkwaliteit en de gezondheid van mensen ?

Als de fijn stof concentratie in een gebied met stof gerelateerde gezondheidsklachten significant hoger is dan in vergelijkbare gebieden, kan dat mogelijk duiden op een relatie tussen de luchtkwaliteit en de gezondheid van mensen. Dit kan een aanleiding zijn voor het opstarten van een epidemiologisch onderzoek. Gedacht kan worden aan metingen van een aantal stoffen in het mondslijm bij risicogroepen (kinderen, ouderen).

Dankwoord

Bij het maken van deze handleiding werd ik bijgestaan door een aantal mensen die actief zijn bij de Chemiewinkel: Thido Arts, Kirsten Ampt, Linda Verbeek, Marc Londo en Elselien Blokland. Ik wil hun hartelijk bedanken voor de tijd die zij in het nakijken en meedenken hebben gestoken. Daarnaast ben ik bijgestaan door een aantal mensen buiten de Chemiewinkel: Ernest Vrins (Vrins Luchtonderzoek), Rooderick de Ridder (DCMR), Henk Spoelstra (TNO-Apeldoorn) en Nico Haselager, die ik allen heb mogen interviewen en in een later stadium het stuk kritisch heb laten doorlezen. Daarnaast bedank ik mijn overige collega's van de winkel voor de afleiding die ik af en toe nodig had.