

Een naald in een hooiberg

Over meten bij lokale milieuproblemen

Marc Londo en Nico Haselager
Chemiewinkel Utrecht

Colofon

De Chemiewinkel Utrecht is een vrijwilligersorganisatie verbonden aan de Universiteit Utrecht. De Chemiewinkel is actief op het gebied van milieuverontreiniging, arbeidsomstandigheden en het leefklimaat in woningen en gebouwen. Buurtbewoners of werknemers die gezamenlijk een probleem in hun wijk of bedrijf willen aanpakken, kunnen ondersteuning vragen. De Chemiewinkel kan helpen met kennis en onderzoek, bijvoorbeeld wanneer een onderzoekinstelling te duur blijkt of wanneer de verantwoordelijke instanties geen ondersteuning willen bieden.

Bezoekadres: H.R. Kruytgebouw, kamer Z405, Padualaan 8, Utrecht
Postadres: postbus 80.070, 3508 TB Utrecht
Tel: (030) 253 6985
E-mail: cwu@chem.uu.nl

Auteurs:

Nico Haselager en Marc Londo

ISBN: 90 322 7355 8

Copyright © 2001 by Chemiewinkel Utrecht

Voorwoord

De opkomst van diverse milieuproblemen in de laatste decennia heeft ertoe geleid dat er steeds meer metingen naar milieukwaliteit worden uitgevoerd. Of het nu gaat om vervuilde grond, een fabriek die overlast veroorzaakt of de luchtkwaliteit in huizen: er wordt steeds vaker gemeten om het probleem duidelijk te krijgen.

Ook bewoners krijgen op deze manier vaker te maken met de resultaten van metingen rond milieuproblemen bij hen in de buurt. Aan de ene kant is dat positief: er wordt gekeken naar de kwaliteit van hun leefomgeving. Aan de andere kant betekent het ook dat mensen zich moeten verdiepen in ingewikkelde en technische informatie over zaken waar een normaal mens niet veel verstand van heeft.

Soms lijkt het erop dat met het gedane onderzoek nog geen antwoord kan worden gegeven op vragen die in de buurt leven. De onderzoeksresultaten leiden dan tot onduidelijkheid en verwarring.

Een deel van deze verwarring komt door onbekendheid met milieumetingen. In deze brochure proberen we duidelijk te maken wat er allemaal komt kijken bij milieumetingen. Het doel is om bewoners te laten begrijpen wanneer het uitvoeren van een meting zinvol is, hoe meetresultaten tot stand komen, en wat je er in de praktijk wel en niet mee kunt. Met deze inzichten kunnen bewoners een actievere rol spelen bij het opzetten van een meting. Hierdoor is er een grotere kans dat de resultaten van de meting ook daadwerkelijk antwoord geven op hun vragen.

We beginnen deze brochure met een kort verhaal dat illustreert hoe de praktijk van milieumetingen gaat. In het daarop volgende hoofdstuk gebruiken we delen van dat verhaal om bepaalde aspecten van meten toe te lichten. In de laatste hoofdstukken geven we tenslotte specifieke achtergrondinformatie over de belangrijkste soorten milieumetingen.

Inhoud

Voorwoord	3
Een naald in een hooiberg	5
De basis van metingen bij lokale milieuproblemen	7
Wat wil ik weten? Van aanleiding naar onderzoeksvraag	7
Wat wil ik meten? Van onderzoeksvraag naar meetvraag	8
Hoe moet ik meten? Van meetvraag naar meetstrategie	9
Wat heb ik gemeten? Van meting naar het antwoord op de meetvraag	11
Wat weet ik nu eigenlijk? Van het antwoord op de meetvraag naar het antwoord op de onderzoeksvraag	14
Wat betekent dit nu? Van het antwoord op de onderzoeksvraag terug naar de aanleiding	15
Achtergronden van metingen bij lokale milieuproblemen	18
1 Meten in het buitenmilieu (bodem, lucht, water)	18
2 Meten in het binnenmilieu	22
3 Meten van hinder	24
Aanbevolen literatuur	28

Een naald in een hooiberg

Koe Antje van Boer Stienus Eising wordt plotseling ziek en wil niet meer eten. De boer snapt er niets van: het beest was tot dan toe altijd kerngezond, en stond in dezelfde wei als de andere dieren, die geen klachten hebben. Ook het water dat ze drinken is hetzelfde. Zoekend naar een mogelijke oorzaak bedenkt hij ineens dat Antje een week geleden losgebroken is en dat hij haar terugvond terwijl ze van de hooiberg stond te eten. Dit brengt hem op de gedachte dat er misschien wel iets mis is geweest met het hooi dat Antje toen gegeten heeft. Als dat betekent dat zijn hele hooiberg ongezond is voor de koeien, heeft hij er wel een probleem bij: dan is niet alleen Antje ziek, maar dan is bovendien z'n hele wintervoorraad voer onbruikbaar.

Boer Eising gaat met zijn probleem naar een onderzoeker: 'Een koe van mij is ziek geworden. Volgens mij ligt het aan het hooi uit de hooiberg, want de andere koeien hebben ander voer gekregen. Kun jij voor mij meten of het hooi gezond is voor mijn koeien?'

De onderzoeker verdiept zich eerst maar eens in het probleem. Hij bespreekt de symptomen samen met de boer en ze concluderen dat de kans groot is dat Antje iets verkeerd heeft gegeten. Het verband met het voer dat boer Eising legt, vindt de onderzoeker zo gek nog niet, maar hij vraagt nog wel na bij de boer en zijn knecht of Antje niet vaker dan de andere koeien uit de sloot drinkt. Dit blijkt niet zo te zijn. De onderzoeker ziet geen andere manieren waarop Antje iets verkeerd heeft binnengekregen, dus besluit hij om te gaan onderzoeken of het hooi in de hooiberg misschien ongezond is.

De onderzoeker heeft zich nu de volgende vraag gesteld: 'Is het hooi uit de hooiberg ongezond voor koeien?' Hij gaat nadenken over wat er ongezond kan zijn aan het hooi. Hij vraagt eens aan de knecht of het hooi er goed uitzag toen het gehooid werd, of ze er iets anders mee gedaan hebben dan in andere jaren, maar dat levert niets op. Mismoedig gaat hij een biertje drinken in het dorpscafé. Daar hoort hij dat de boer grote ruzie heeft met zijn buurman over de hooiberg. De hooiberg bederft het uitzicht van de buurman, en daardoor leven ze al een paar jaar in onmin met elkaar. Van de eigenaar van een winkel in furnituren, die ook in de kroeg zit, hoort hij dat de buurman twee weken terug vijf doosjes naalden gekocht heeft. Zou de buurman de naalden misschien in het hooi van de boer gestopt hebben?

Terug in zijn kantoor overdenkt de onderzoeker zijn vraag nog eens. Hij kan moeilijk het hooi aan andere koeien gaan voeren en kijken of zij ook ziek worden. Ook denkt hij aan de buurman en de naalden die hij heeft gekocht. Hij besluit na overleg met de boer dat hij maar eens moet gaan onderzoeken of er naalden in de hooiberg zitten.

De onderzoeker heeft zo'n vraag nog nooit bij de hand gehad en gaat eerst nadenken hoe hij deze vraag moet aanpakken. Hij kan moeilijk de hele hooiberg uit gaan pluizen op zoek naar naalden. Hij besluit om een pluk hooi te nemen van een kubieke meter. Vervolgens gaat hij kijken hoeveel naalden daarin zitten. Weet hij dat, dan kan hij ook iets zeggen over de rest van de hooiberg.

Maar hij stuit meteen op een volgend probleem. Moet hij hooi pakken van onderaf, van bovenaf of uit het midden? Als de buurman naalden in de hooiberg heeft gedaan, is het logisch dat hij dat van bovenaf heeft gedaan. Maar die gladde naalden zakken natuurlijk langzaam maar zeker door het hooi heen naar beneden. Hoewel hij weet wanneer de buurman die naalden heeft gekocht, weet hij niet hoe de naalden momenteel verspreid zijn over de hooiberg. Hij besluit daarom drie plukken hooi te onderzoeken, een van beneden, een uit het midden en een boven uit de hooiberg.

De onderzoeker heeft nu drie plukken hooi in zijn laboratorium staan. Hij begint met het uitpluizen van het hooi op zoek naar naalden, maar merkt al snel dat het niet meevalt. Hij kan niets vinden, maar komt dat omdat er geen naalden in zitten of omdat hij ze over het hoofd ziet? Hij verzint een andere oplossing: hij besluit het hooi te verbranden. De naalden zullen dan gemakkelijk te vinden zijn in de as die overblijft. Om zijn handen niet vuil te maken aan de as, probeert hij met een magneet de naalden uit de as te halen. Nu komt hij nog een probleem tegen: haalt hij met deze magneet gegarandeerd alle naalden uit de as? Na een paar testjes met as uit de open haard en naalden van dezelfde garenwinkelier komt hij erachter dat hij met deze methode gemiddeld negen van de tien naalden vindt. Hij vindt dat zijn methode hiermee goed genoeg is om naalden in de hooiberg te vinden.

De onderzoeker gaat aan het werk. Hij steekt de drie hooiplukken één voor één in de fik en verzamelt zorgvuldig de as. De drie hopen as bewerkt hij met de magneet en hij kijkt of hij op deze manier naalden vindt.

Na een dag is hij klaar met z'n werkje: hij vindt geen enkele naald in de as. Mooi, denkt hij eerst, niks gevonden, dus geen naalden in deze hooiplukken. Maar bij het proefje vooraf vond hij lang niet altijd alle naalden terug. Maar, denkt hij, meestal ging het wel goed, dus ik houd het er toch maar op dat er geen naalden in de as van de hooiplukken zaten.

Vervolgens vraagt de onderzoeker zich af wat hij kan zeggen over de hele hooiberg. Hij weet door de meting dat er geen naalden zaten in de drie hooiplukken, maar betekent dat ook dat de hele hooiberg gegarandeerd naaldenvrij is? De hooiplukken waren groot, en bovendien heeft hij er drie onderzocht. Hij concludeert na enig nadenken dat het erg onwaarschijnlijk is dat er in de rest van de hooiberg wel naalden zitten.

Nu komt de onderzoeker terug bij de vraag van de boer, die hem had opgedragen te kijken of het hooi eetbaar was. Hij weet dat er geen naalden in het hooi zitten en heeft verder ook geen aanwijzingen gevonden dat het van slechte kwaliteit was. Hieruit leidt de boer af dat Antje waarschijnlijk niet van het hooi ziek is geworden. Met een gerust hart voert hij het hooi aan zijn koeien.

De basis van metingen bij lokale milieuproblemen

Wanneer bij het aanpakken van een lokaal milieuprobleem gebruik wordt gemaakt van metingen, gaat dat vrijwel altijd volgens een bepaald stramien. Deze structuur is ook aanwezig in het verhaal van boer Eising. Ook in dit hoofdstuk gebruiken we deze structuur om dieper in te gaan op de verschillende aspecten van lokale milieumetingen.

Globaal is het verhaal van boer Eising op te delen in de volgende stappen, waarbij elke keer een andere vraag centraal staat.

Wat wil ik weten?

Naar aanleiding van maagklachten bij een koe wil de boer laten onderzoeken of er iets mis is met de hooiberg waar de koe van gegeten heeft.

Wat wil ik meten?

Een onderzoeker verzamelt eerst informatie en op basis daarvan besluit hij te gaan meten of er naalden in de hooiberg zitten.

Hoe moet ik meten?

De onderzoeker kan niet de hele hooiberg doormeten. Hij neemt een beperkt aantal plukken hooi en bedenkt een methode om de naalden daarin te meten.

Wat heb ik gemeten?

Op basis van de gevonden naalden in de hooiplukken doet de onderzoeker een uitspraak over het aantal naalden in de hooiberg.

Wat weet ik nu eigenlijk?

Nu hij iets weet over het aantal naalden in de hooiberg, doet de onderzoeker een uitspraak over de eetbaarheid van het hooi.

Wat betekent dit nu?

Op basis van de resultaten van het onderzoek beslist de boer wat hij met het voer gaat doen.

Wat wil ik weten?

Van aanleiding naar onderzoeksvraag

Koe Antje van Boer Stienus Eising wordt plotseling ziek en wil niet meer eten. De boer snapt er niets van: het beest was tot dan toe altijd kerngezond, en stond in dezelfde wei als de andere dieren, die geen klachten hebben. Ook het water dat ze drinken is hetzelfde. Zoekend naar een mogelijke oorzaak bedenkt hij ineens dat Antje een week geleden losgebroken is en dat hij haar terugvond terwijl ze van de hooiberg stond te eten. Dit brengt hem op de gedachte dat er misschien wel iets mis is geweest met het hooi dat Antje toen gegeten heeft.

Boer Eising gaat met zijn probleem naar een onderzoeker: 'Een koe van mij is ziek geworden. Volgens mij ligt het aan het hooi uit de hooiberg, want de andere koeien hebben ander voer gekregen. Kun jij voor mij meten of het hooi gezond is voor mijn koeien?'

De onderzoeker bespreekt de symptomen samen met de boer en ze concluderen dat de kans groot is dat Antje iets verkeerd heeft gegeten. Het verband met het voer dat boer Eising legt, vindt de onderzoeker dus zo gek nog niet, maar hij vraagt nog wel na bij de boer en zijn knecht of Antje niet vaker dan de andere koeien uit de sloot drinkt. Dit blijkt niet zo te zijn. De onderzoeker ziet geen andere manieren waarop Antje iets verkeerd heeft binnengekregen, dus besluit hij om te gaan onderzoeken of het hooi in de hooiberg misschien ongezond is.

Onderzoeksvraag

In ons voorbeeld is het feit dat de koe ziek is geworden, de aanleiding om een onderzoeker in te schakelen. Omdat de boer gaat nadenken over mogelijke oorzaken, komt hij bij een probleem: mogelijk is zijn hooi oneetbaar geworden. Hij komt dan op een logische onderzoeksvraag: *Is het hooi nog wel eetbaar voor m'n koeien?*

Op deze manier begint elk onderzoek: er is een situatie of een probleem waarbij mensen zich iets afvragen, of iets moet worden uitgezocht.

Andere betrokkenen kunnen heel anders tegen de situatie aankijken. Stel dat de veearts van boer Eising op bezoek komt en hoort dat er een koe ziek is. Mogelijk denkt de arts bij de symptomen eerder aan een ziekte dan aan verkeerd voer. Hij zal willen weten of de koe geen besmettelijke ziekte heeft. Als dat zo is moet zij namelijk zo snel mogelijk worden geïsoleerd, om

besmetting te voorkomen. De veearts zal bij dit probleem eerder de onderzoeksvraag stellen: *Heeft de koe een besmettelijke ziekte?*

Een ander voorbeeld: het Waterschap beheert de kwaliteit van het water in de sloten op het bedrijf van boer Eising. Wanneer iemand van het Waterschap het verhaal van de koe hoort, zal hij de oorzaak van het probleem misschien zoeken in de kwaliteit van het slootwater dat de koeien drinken. Omdat het Waterschap voor schoon water moet zorgen, luidt de onderzoeksvraag waarschijnlijk: *Is het slootwater nog wel zo schoon dat koeien ervan kunnen drinken?*

Laatste voorbeeld: stel dat de politie het hele verhaal hoort. Het vergiften van veevoer is een strafbaar feit, daarom zal de onderzoeksvraag zijn: *Wie heeft de koe eventueel vergiftigd?*

Kortom, verschillende betrokkenen kunnen bij dezelfde aanleiding verschillende problemen zien en daarom op andere onderzoeksvragen uitkomen. Bij milieuproblemen gebeurt dit ook vaak.

Bij een bodemvervuiling bijvoorbeeld kan de GGD zich afvragen of mensen niet ziek worden als ze op die grond wonen. De ene bewoner wil weten of hij de groente uit eigen tuin nog wel kan eten, terwijl de andere bewoner wil weten of z'n huis nog wel verkoopbaar is. Het waterleidingbedrijf kan bezorgd zijn om een drinkwaterput in de omgeving. Vanuit de verschillende invalshoeken worden andere onderzoeksvragen gesteld. Die onderzoeksvragen kunnen tot verschillende meetvragen leiden en tot een ander soort metingen.

Wat wil ik meten?

Van onderzoeksvraag naar meetvraag

De onderzoeker is er vrij zeker van dat de ziekte van Antje iets met de hooiberg te maken moet hebben. Alleen Antje heeft immers van het hooi gegeten. Hij stelt zich nu de volgende vraag: 'Is het hooi uit de hooiberg ongezond voor koeien?' Hij gaat nadenken over wat er ongezond kan zijn aan het hooi. Hij vraagt eens aan de knecht of het hooi er goed uitzag toen het gehoooid werd, of ze er iets anders mee gedaan hebben dan in andere jaren, maar dat levert geen concrete aanwijzingen op. Mismoedig gaat hij een biertje drinken in het dorpscafé. Daar hoort hij dat de boer grote ruzie heeft met zijn buurman over de hooiberg. De hooiberg bederft het uitzicht van de buurman, en daardoor leven ze al een paar jaar in onmin met elkaar. Van de eigenaar van een winkel in meubelen, die ook in de kroeg zit, hoort hij dat de buurman twee weken terug vijf doosjes naalden gekocht heeft. Zou de buurman de naalden misschien in het hooi van de boer gestopt hebben?

Terug in zijn kantoor overdenkt de onderzoeker zijn vraag nog eens. Hij kan moeilijk het hooi aan andere koeien gaan voeren en kijken of zij ook ziek worden. Ook denkt hij aan de buurman en de naalden die hij heeft gekocht. Hij besluit dat hij maar eens moet gaan onderzoeken of er naalden in de hooiberg zitten.

In het voorbeeld vindt de onderzoeker het moeilijk om zijn oorspronkelijke vraag te beantwoorden: *Is het hooi uit de hooiberg ongezond?* Daarom besluit hij de vraag anders te formuleren: *Zitten er naalden in de hooiberg?*

Meetvraag

Sommige vragen lijken hetzelfde, maar zijn heel verschillend als je ze probeert te beantwoorden. *Hoe zwaar is deze appel?* Met een keukenweegschaal is het antwoord snel te geven. *Hoe groot is deze appel?* is al een stuk moeilijker te beantwoorden. Het verschil tussen deze vragen ligt in de woorden 'zwaar' en 'groot'. 'Zwaar' is een begrip dat gemakkelijk in een duidelijke maat is uit te drukken, bijvoorbeeld in kilo's. Voor het begrip 'groot' is dat al moeilijker; er is 'groot' in lengte, 'groot' in oppervlakte en 'groot' in volume. In het dagelijks spraakgebruik blijkt meestal wel wat er bedoeld wordt. De grootte van een toren wordt uitgedrukt in meters, terwijl de grootte van een kamer of een huis in oppervlakte (vierkante meters) wordt uitgedrukt. Bij de vraag *Hoe groot is deze appel?* is niet duidelijk hoe het begrip 'grootte' moet worden uitgelegd, het kan bijvoorbeeld de hoogte, de omtrek of het volume zijn.

Eenduidige maat

Als een onderzoeksvraag een begrip bevat waar geen eenduidige maat bij hoort, moet het begrip altijd worden vertaald naar een maat die wel eenduidig is, om een goede meetvraag te krijgen. Bij de vraag van de boer naar de eetbaarheid van het hooi hoort geen eenduidige maat. Daarom vertaalt de onderzoeker hem in een vraag waar wel een duidelijke maat bij hoort, de vraag naar het aantal naalden. Deze vertaling is afhankelijk van de situatie, bij andere symptomen had de meetvraag van de onderzoeker misschien geluid *'Hoeveel vitaminen bevat het hooi?'* Zo'n vertaling komt ook bij milieuproblemen vaak voor. De vraag *Is mijn tuin verontreinigd?* bevat ook

een onduidelijke maat: 'verontreinigd'. Er is geen maat waarmee het begrip 'verontreinigd' eenduidig kan worden gemeten. Om de vraag te kunnen beantwoorden moet de onderzoeker haar vertalen in een andere vraag, bijvoorbeeld: *Zit er te veel lood in de grond van de tuin?* Deze vraag is wel te beantwoorden, want er is een maat voor lood (milligram lood per kilogram grond).

Bij de vertaling van een onderzoeksvraag in een meetvraag spelen ook andere zaken een rol, bijvoorbeeld de praktische uitvoerbaarheid. Het is ondoenlijk om mogelijk vervuilde grond te onderzoeken op alle soorten verontreinigingen, er zijn tenslotte vele duizenden stoffen. Daarom onderzoekt men de grond alleen op die stoffen die te verwachten zijn. Een onderzoek op duizenden stoffen is niet alleen praktisch ondoenlijk, het is ook veel te duur.

Vooronderzoek

In het voorbeeld wil de onderzoeker weten waarom het hooi oneetbaar kan zijn om aanknopingspunten te vinden voor een meting. Dit wordt een vooronderzoek genoemd. Hierin probeert hij informatie te verzamelen waarmee hij de onderzoeksvraag kan vertalen in de meetvraag.

Om bijvoorbeeld uit te zoeken welke verontreinigingen er in de bodem van een bepaald terrein kunnen zitten, is het raadzaam bij het gemeentearchief na te gaan wat voor bedrijven er in het verleden gevestigd waren. Als blijkt dat er een zinksmelterij heeft gezeten, ligt vervuiling met zink voor de hand. Wanneer de vraag is of een fabriek de lucht vervuult, is het nuttig na te gaan welke stoffen er in het bedrijf worden gebruikt en in hoeverre die mogelijk uit de schoorsteen komen. Op basis van dit soort speurwerk kan dan de onderzoeksvraag worden vertaald in een meetvraag.

Toetsingskader

Op basis van het vooronderzoek kiest de onderzoeker één of meer stoffen waarnaar hij gaat zoeken. Hier komt meteen een ander probleem om de hoek kijken: hoeveel naalden mogen er in hooi zitten voordat het oneetbaar is? In het voorbeeld gaat de onderzoeker er min of meer van uit dat één naald in het hooi leidt tot een zieke koe en dus tot oneetbaar hooi. Maar in de milieupraktijk ligt dat anders. Heel veel vervuilende stoffen komen van nature al in hele lage concentraties voor in water, bodem en lucht. Pas bij verhoogde concentraties is de stof schadelijk voor het milieu en/of kunnen mensen er ziek van worden.

Net als bij de eetbaarheid van het hooi is bij milieumetingen een toetsingskader nodig om te bepalen bij welke concentraties problemen optreden. Een goede onderzoeker denkt van tevoren al na over dit soort zaken, omdat hij er zijn meting op moet afstemmen. Als niemand had geweten hoeveel naalden in hooi nu eigenlijk schadelijk zijn voor een koe, dan zou de onderzoeker met zijn resultaat met lege handen staan. Hij zou met het antwoord op de meetvraag *Er zitten drie naalden in de hooiberg*, de onderzoeksvraag *Is het hooi eetbaar of niet?* niet kunnen beantwoorden. Om de meetresultaten te kunnen gebruiken voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag is vooraf nadenken over een toetsingskader onontbeerlijk.

Hoe moet ik meten?

Van meetvraag naar meetstrategie

De onderzoeker kan moeilijk de hele hooiberg uit gaan pluizen op zoek naar naalden. Hij besluit om een hoeveelheid hooi te nemen van een kubieke meter. Hij gaat kijken hoeveel naalden daarin zitten. Weet hij dat, dan kan hij ook iets zeggen over de rest van de hooiberg.

Maar hij stuit meteen op een volgend probleem. Moet hij hooi pakken van onderaf, van bovenaf of uit het midden? Als de buurman naalden in de hooiberg heeft gedaan, dan is het logisch dat hij dat van bovenaf heeft gedaan. Maar die gladde naalden zakken natuurlijk langzaam maar zeker door het hooi heen naar beneden. Hij besluit daarom drie plukken hooi te onderzoeken, één van beneden, één uit het midden en één pluk boven uit de hooiberg.

De onderzoeker heeft nu drie plukken hooi in zijn laboratorium staan. Hij begint met het uitpluizen van het hooi op zoek naar naalden, maar merkt al snel dat het niet meevalt. Hij kan niets vinden, maar komt dat omdat er geen naalden in zitten of omdat hij ze over het hoofd ziet? Hij verzint een andere oplossing: hij besluit het hooi te verbranden. De naalden zullen dan gemakkelijk te vinden zijn in de as die overblijft. Om zijn handen niet vuil te maken aan de as, probeert hij met een magneet de naalden uit de as te halen. Nu komt hij nog een probleem tegen: haalt hij met deze magneet gegarandeerd alle naalden uit de as? Na een paar testjes met as uit de open haard en naalden van dezelfde garenwinkelier komt hij erachter dat hij met deze methode gemiddeld negen van de tien naalden vindt. Hij vindt dat zijn methode hiermee goed genoeg is om de vraag van de boer te beantwoorden.

Monstername: plaats

In het voorbeeld van boer Eising is meteen duidelijk dat de onderzoeker niet de hele hooiberg kan gaan meten op zoek naar naalden. Dan zou hij uiteindelijk de hele hooiberg in de as hebben gelegd. De onderzoeker kiest een beperkt aantal plekken waar hij een pluk hooi neemt.

Bij vrijwel alle (milieu)metingen speelt dit probleem: omdat bodemonderzoek duur en bewerkelijk is, kan niet de hele tuin worden gemeten maar worden op een paar plaatsen monsters genomen. Die monsters moeten dus zo worden gekozen dat er genoeg informatie uit komt om de meetvraag te beantwoorden. Hiervoor maakt de onderzoeker ook gebruik van wat hij verder weet van het probleem. Hij gaat er bijvoorbeeld van uit dat de buurman de naalden van bovenaf in de berg zal hebben gegooid en dat ze voor een deel naar beneden zijn gezakt. Daarom kiest de onderzoeker ervoor om drie plukken hooi te nemen, op verschillende hoogtes in de hooiberg. Bij milieumetingen worden ook die plaatsen uitgekozen waar vervuiling wordt verwacht.

Monstername: tijd

Die keuze geldt niet alleen voor de plaats waar gemeten wordt, maar ook voor het tijdstip waarop gemeten wordt. In ons voorbeeld geldt dat niet zo sterk, omdat de naalden niet snel door het hooi zakken. Maar de luchtvervuiling uit een schoorsteen is sterker wanneer het bedrijf op volle toeren draait. Verder is de verontreiniging in de lucht beneden bij de huizen ook afhankelijk van hoe de wind waait. Omdat het ondoenlijk of te duur is om continu te meten, wordt gedurende een beperkt aantal momenten gemeten. Het aantal metingen en het tijdstip en de tijdsduur worden zo gekozen dat er naar verwachting genoeg informatie wordt verkregen om de meetvraag te kunnen beantwoorden.

Modellen

Wanneer er van tevoren weinig bekend is over de verdeling van de verontreiniging in de ruimte en in de tijd, zijn er relatief veel monsters nodig om een goed beeld van de situatie te krijgen. Maar als er van tevoren het één en ander bekend is, kan het aantal monsters door logisch nadenken behoorlijk worden verminderd. We geven een paar voorbeelden.

Stel dat moet worden gemeten of een fabriek bepaalde stoffen in het water loost. Als bekend is dat er alleen op maandagochtend tussen 9 en 10 uur afvalstoffen worden geloosd en dat er verder alleen schoon koelwater uit de pijp komt, is een meting op dat tijdstip voldoende en hoeft er tijdens de rest van de week niet te worden gemeten.

Stel dat een bedrijf twee weken geleden iets heeft geloosd in een stilstaand meertje. In zo'n geval is een meting op één punt in het meertje genoeg: de concentraties op andere plekken zullen ongeveer hetzelfde zijn doordat de stof zich gelijkmatig heeft verdeeld.

Stel dat een bedrijf iets heeft geloosd op een stromende rivier en men wil weten wanneer die stof benedenstrooms langskomt. Er bestaan rekenmethodes die de verspreiding van een stof in het water voorspellen. Dan kan met een beperkt aantal metingen en een berekening worden voorspeld welke concentraties van die stof op een bepaalde plaats langs zullen komen.

Dergelijke aannamen en rekenmethodes worden ook wel modellen genoemd. Meestal worden ze in de vorm van een computerprogramma gebruikt.

Met de meetvraag uit het voorbeeld *Zitten er naalden in het hooi?* kan de onderzoeker niet meteen aan de slag. Hij gaat eerst nadenken over hoe die meting er dan uit moet zien. Hij probeert de meting zo op te zetten dat de kans zo groot mogelijk is dat hij met de informatie uit de meting de meetvraag ook daadwerkelijk kan beantwoorden. Daarbij moet hij op de volgende zaken letten.

Meetmethode

De onderzoeker moet eerst nagaan of er een meetmethode is waarmee hij datgene waarnaar gevraagd wordt, ook daadwerkelijk kan meten. In het voorbeeld verzint hij die methode zelf, er is immers geen apparaat dat naalden in het hooi telt. Hij ontwikkelt een methode die uit drie onderdelen bestaat: het verbranden van het hooi, het bewerken van de as met een magneet en het tellen van de naalden die aan de magneet blijven hangen. Door van tevoren wat testjes te doen stelt hij vast dat op deze manier inderdaad naalden in een hooiberg te vinden zijn.

Voor veel gangbare milieuverontreinigingen zijn inmiddels al meetmethoden ontwikkeld. Net als in ons voorbeeld bestaan dit soort metingen vrijwel altijd uit een aantal stappen. Vaak moet het te meten monster eerst worden voorbehandeld, waarna het in een apparaat wordt geanalyseerd.

Nauwkeurigheid

Ook is het van belang dat de onderzoeker bedenkt hoe nauwkeurig de meetmethode moet zijn. Het heeft niet veel zin om een hardloopwedstrijd over 100 meter te 'klokken' met een wandklok, in zo'n geval heb je de nauwkeurigheid van een stopwatch nodig. Aan de andere kant

kun je met een wandklok uitstekend de tijd in de gaten houden wanneer je peertjes wilt stoven. In dat geval is de nauwkeurigheid van een stopwatch niet nodig.

Zo is het ook met laboratoriummethoden: die moeten zo nauwkeurig zijn als nodig voor het onderzoek. Bovendien moeten ze toegesneden zijn op de concentraties die gemeten moeten worden. In het voorbeeld had de onderzoeker een andere meetmethode moeten verzinnen wanneer de magneet de meeste naalden niet uit de as zou halen of wanneer bij het verbranden van het hooi de naalden zouden smelten.

Meetstrategie

Op basis van de meetvraag en de bovenstaande overwegingen wordt uiteindelijk een meetstrategie opgezet. Eerst worden monsterpunten en -tijdstippen gekozen. Dan pas kan het 'echte' werk beginnen: monsters nemen en analyseren. Wat er vervolgens met de resultaten gedaan moet worden, komt in de volgende paragraaf aan de orde.

Wat heb ik gemeten?

Van meting naar het antwoord op de meetvraag

Meetresultaten

Wanneer de meting gedaan is en de resultaten uit het laboratorium bekend zijn, moet er vaak nog heel wat gebeuren om met de meetresultaten een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag. Daartoe moet eerst de meetvraag worden beantwoord. Deze stap komt in deze paragraaf aan de orde. De onderzoeker moet de resultaten op twee manieren beoordelen.

Hij moet nagaan of de resultaten de waarheid vertellen over de genomen monsters. In het voorbeeld: betekenen de aantallen naalden die in de as gevonden zijn ook werkelijk dat er zoveel naalden in de oorspronkelijke hooiplukken zaten? Hiervoor moet duidelijk zijn hoe betrouwbaar de meting in het laboratorium is.

Hij moet ook nagaan wat de gevonden resultaten zeggen over de praktijksituatie. Anders gezegd: wat betekenen de aantallen naalden die gevonden zijn in de hooiplukken nu voor het aantal naalden dat in de hele hooiberg zit? De onderzoeker moet dus een vertaling maken van de plukken hooi naar de hele hooiberg.

Wat weet ik nu van mijn monster?

We gaan even terug naar het begin van de meting, op het moment dat de onderzoeker zijn meetmethode bedenkt.

De onderzoeker kan moeilijk de hele hooiberg uitpluizen op zoek naar naalden. Hij besluit een pluk hooi te nemen van een kubieke meter. Hij gaat kijken hoeveel naalden daarin zitten. Weet hij dat, dan kan hij ook iets zeggen over de rest van de hooiberg. Maar hij stuit meteen op een volgend probleem. Moet hij hooi pakken van onderaf, van bovenaf of uit het midden? Als de buurman naalden in de hooiberg heeft gedaan, dan is het logisch dat hij dat van bovenaf heeft gedaan. Maar die gladde naalden zakken natuurlijk langzaam maar zeker door het hooi heen naar beneden. Hij besluit daarom drie plukken hooi te onderzoeken, een van beneden, een uit het midden en een pluk van de bovenkant van de hooiberg.

De onderzoeker heeft nu drie plukken hooi in zijn laboratorium staan. Hij begint met het uitpluizen van het hooi op zoek naar naalden, maar merkt al snel dat het niet meevalt. Hij kan niets vinden, maar komt dat omdat er geen naalden inzitten of omdat hij ze over het hoofd ziet? Hij verzint een andere oplossing: hij besluit het hooi te verbranden. De naalden zullen dan gemakkelijk te vinden zijn in de as die overblijft. Om zijn handen niet vuil te maken aan de as, probeert hij met een magneet de naalden uit de as te halen. Nu komt hij nog een probleem tegen: haalt hij met deze magneet gegarandeerd alle naalden uit de as? Na een paar testjes met as uit de open haard en naalden van dezelfde garewinkelier komt hij erachter dat hij met deze methode gemiddeld negen van de tien naalden vindt. Hij vindt dat zijn methode hiermee goed genoeg is om de vraag van de boer te beantwoorden.

Handelingen

De onderzoeker in het voorbeeld verbrandt de hooiplukken en probeert dan met de magneet de naalden uit de as te halen. Daarna telt hij de naalden. Hij verricht dus drie handelingen om het aantal naalden te bepalen. Van deze drie handelingen kan alleen het verzamelen van de naalden met de magneet misgaan; metalen naalden verbranden immers niet en ook het tellen van de naalden is niet moeilijk. Daarom test hij van tevoren de enige stap van de methode die mis kan

gaan. Zo heeft hij een beeld van de nauwkeurigheid van zijn meetmethode. Het blijkt dat zijn methode niet perfect is, maar hij vindt de methode goed genoeg voor deze situatie. Bij simpele metingen is maar één handeling nodig. Om het gewicht van een appel te meten hoef je hem alleen maar op de weegschaal te leggen en deze af te lezen. Maar milieumetingen bestaan meestal uit heel wat handelingen. Een paar voorbeelden.

Destructie: het monster moet stukgemaakt worden om de verontreiniging in het monster te kunnen meten. Dit is zeer gebruikelijk bij het meten van bodemvervuiling.

Concentrerend: de hoeveelheid verontreiniging is soms zo laag, dat deze niet goed te meten is. Er is dan een concentreringsstap nodig. Dit gebeurt vaak bij luchtmetingen.

Zuivering: er zitten (onschuldige) stoffen in het monster die de meting van de vervuiling storen, bijvoorbeeld doordat ze de analyseapparatuur verstopen. Die worden er dan uitgehaald, bijvoorbeeld door het monster te filteren.

Onzekerheid

Elke handeling beïnvloedt de kwaliteit van de meting. Want een destructie, concentrering of zuivering gaan niet altijd even goed en kunnen dan zorgen voor een onnauwkeurigheid in de meting. Deze invloed wordt meestal uitgedrukt als de onzekerheid in de meting. De onderzoeker weet bijvoorbeeld uit eerdere ervaringen dat in 98% van de gevallen het meetresultaat minder dan 2 mg afwijkt. Dit is bepaald door monsters met een bekende concentratie stof een groot aantal keren te meten en zo te kijken of het apparaat betrouwbaar is. Bij de resultaten zal de onderzoeker dan aangeven dat met 98% betrouwbaarheid de concentratie ligt tussen bijvoorbeeld 98 en 102 mg lood per kilo grond. Dit lijkt een omslachtige manier van uitdrukken, maar er wordt wel precies aangegeven hoe nauwkeurig en betrouwbaar een resultaat is. [tm]vuistregels[tmx] De onzekerheid van een meting kan erg variëren. Bij de meeste milieumetingen is de meetmethode zo verfijnd dat de onzekerheid in de meting klein is en ook precies bekend (vaak minder dan 5%). Alleen wanneer de meetmethode nog vrij nieuw is of zelden wordt uitgevoerd, kan de onzekerheid oplopen tot wel 50%. Er zijn een aantal vuistregels.

- Hoe meer handelingen in een meting, hoe meer er fout kan gaan, hoe groter de onzekerheid.
- Hoe minder er van een stof ergens in zit, hoe moeilijker de meting zal zijn, des te groter de onzekerheid.
- Hoe onbekender de stof, hoe minder deze gemeten is, des te groter de onzekerheid.
- Hoe vaker een meting is gedaan, en dus meer routinematig, des te kleiner is de onzekerheid.

Een onderzoeker gebruikt dit soort vuistregels natuurlijk voordat hij voor een bepaald soort meting kiest. Na de meting is alleen nog van belang dat hij kan zeggen wat de kwaliteit van de meting in het laboratorium is, zodat hij de meetvraag kan beantwoorden.

Wat zegt het meetresultaat nu over de praktijksituatie?

De onderzoeker weet door de meting of er naalden zaten in zijn drie hooiplukken en moet nu een antwoord gaan geven op de vraag of er naalden in de hooiberg zitten.

Situatie 1

In geen van de drie hooiplukken zijn naalden aangetroffen. De hooiplukken waren groot en bovendien heeft hij er drie onderzocht, dus de onderzoeker concludeert dat het erg onwaarschijnlijk is dat er in de rest van de hooiberg wel naalden zitten.

Situatie 2

Er zijn naalden in de hooiplukken aangetroffen. De conclusie dat er dan ook naalden in de hooiberg zitten, ligt voor de hand.

Betrouwbaarheid

Nu de onderzoeker een beeld heeft van de kwaliteit van de meting in het laboratorium moet hij met de resultaten de meetvraag gaan beantwoorden: *Zitten er naalden in hooiberg?* In situatie 2 is de meetvraag met een duidelijk ja te beantwoorden. Maar in situatie 1 is het voor de onderzoeker moeilijker om met grote betrouwbaarheid te verklaren dat er geen naalden in de hooiberg zitten. Hij heeft immers niet de hele hooiberg doorgemeten. Toch doet de onderzoeker met de resultaten van de drie monsters een uitspraak over de hele hooiberg: *Het is onwaarschijnlijk dat er in de rest van de hooiberg naalden zitten.* Hij onderbouwt dat met het argument dat hij grote plukken hooi heeft genomen op drie verschillende plekken. De onderzoeker

geeft hier dus niet alleen de resultaten (0 naalden) maar geeft ook aan dat met zijn aanpak geen 100% zekerheid is te geven.

Bij milieumetingen geldt hetzelfde als in het voorbeeld. De meetvraag kan niet beantwoord worden door alleen de resultaten van de monsters in het laboratorium te geven. Er moet aangegeven worden in welke mate de resultaten van de monsters uit het laboratorium iets zeggen over de praktijksituatie. Daarbij moet gekeken worden naar alle handelingen die mogelijk invloed hebben op de resultaten. We lichten enkele belangrijke handelingen toe:

- de monstername zelf;
- de plaats waar het monster is genomen;
- het tijdstip waarop het monster is genomen.

Monstername

De monstername kan het resultaat beïnvloeden. Bijvoorbeeld, als er plukken hooi uit de hooiberg genomen worden, kunnen er door het trekken aan het hooi naalden uit vallen. De resultaten van een meting aan de hooiplukken geven dan geen goed beeld van de hooiberg.

Ook bij milieumetingen kan de monstername de resultaten beïnvloeden. Zo kunnen vluchtige verbindingen uit watermonsters verdampen als de monsterflessen niet helemaal gevuld worden. Bij routinemetingen aan bodem en lucht is de invloed van de monstername goed onderkend, maar bij relatief onbekende metingen moet daar goed op gelet worden.

Plaats

Ook de plaats is van belang. In het voorbeeld neemt de onderzoeker op drie plaatsen een pluk hooi. Hij weet immers niet hoe de naalden in de hooiberg verspreid kunnen zitten. De naalden kunnen dicht bij elkaar zitten of ver uit elkaar, ze kunnen allemaal bovenin zitten of juist onderin.

Bij milieuvervuiling speelt hetzelfde. Bodemvervuiling kan bijvoorbeeld heel regelmatig verspreid zijn; dan geeft één monster op een willekeurige plaats al genoeg informatie. Maar is de vervuiling heel grillig verspreid, dan geeft één monster op één plaats totaal geen goed beeld. In dat geval moeten er resultaten zijn van monsters die op verschillende plaatsen genomen zijn.

Tijdstip

Wanneer de naalden in de loop van de tijd door de hooiberg heen zakken, is ook het tijdstip van de meting van invloed op de meetresultaten en dus op de beantwoording van de meetvraag.

Zeker bij het nemen van luchtmonsters kan het tijdstip van de meting de resultaten behoorlijk beïnvloeden. Bij luchtvervuiling kan de hoeveelheid vervuiling per tijdstip verschillen, bijvoorbeeld doordat de wind anders waait of omdat een fabriek stil ligt. Bij het beoordelen van de meetresultaten en het beantwoorden van de meetvraag moeten dergelijke gegevens meegenomen worden.

Andere informatie

Het beantwoorden van een meetvraag is dus bepaald niet eenvoudig. Meestal heeft de onderzoeker naast de meetresultaten ook andere informatie tot zijn beschikking die het mogelijk maakt om met de meetresultaten toch een antwoord te geven op de meetvraag. Zo is bij bodemvervuiling van veel vervuiliingsbronnen ongeveer bekend hoe het vervuiliingspatroon is. Ook is van veel chemische stoffen bekend hoe ze zich verspreiden in de grond. Op basis van deze gegevens kan de onderzoeker met een beperkt aantal monsters toch een uitspraak doen over een groot stuk grond.

Rekenmodellen

Hetzelfde voordeel geldt bij het gebruik van rekenmodellen: met behulp daarvan zijn algemene uitspraken te doen op basis van een klein aantal meetgegevens. Het gebruik van rekenmodellen is daarom goedkoop. Een bekend voorbeeld is het meten van de concentratie van een bepaalde stof in de lucht die uit een fabrieksschoorsteen komt. Met een rekenmodel kan die worden omgerekend naar de concentratie in de lucht bij de huizen in de omgeving van de fabriek. Bij die omrekening moeten nog diverse aannamen worden gemaakt, zoals omtrent de windrichting. Verder kan zo'n extra rekenstap een extra onnauwkeurigheid in de resultaten brengen: modellen beschrijven de werkelijkheid immers niet perfect.

Protocollen

Na de meting moet dus nog veel werk verzet worden. Alleen het weergeven van de resultaten uit de meting is niet voldoende. Er moet aangegeven worden wat de kwaliteit van de resultaten is. Bij een goede beantwoording van de meetvraag wordt duidelijk gemaakt wat de

beperkingen zijn van de meetmethode en de meetstrategie. Alle aannamen en mogelijke relevante gegevens worden bij de meetresultaten vermeld.

Om veel discussie te voorkomen en te zorgen voor een goede kwaliteit wordt vaak gewerkt met protocollen. Protocollen zijn uitgewerkte (meet)methoden om een bepaalde meting aan te pakken. Zo hoeft elke onderzoeker niet telkens alle keuzes opnieuw te maken. Ook kunnen onderzoeken beter met elkaar vergeleken worden.

Als de kwaliteit van de meetresultaten duidelijk is en de meetvraag beantwoord, dan kan naar de onderzoeksvraag gekeken worden.

Wat weet ik nu eigenlijk?

Van het antwoord op de meetvraag naar het antwoord op de onderzoeksvraag

De onderzoeker legt de resultaten voor aan de boer. Die probeert nu te beoordelen of het hooi eetbaar is of niet. Het antwoord dat hij nu moet geven verschilt tussen situatie 1 en 2.

Situatie 1

De onderzoeker heeft geconcludeerd dat er geen naalden in de hooiberg zitten. De boer vindt de redenering van de onderzoeker logisch en vertrouwt er dus op dat er inderdaad geen naalden in de hooiberg zitten. Het lijkt er dus op dat koe Antje niet ziek is geworden van het hooi en dat het hooi eetbaar is.

Situatie 2

De onderzoeker heeft naalden gevonden, dus zitten er naalden in de hooiberg. Maar is het hooi nu voor de koeien totaal oneetbaar geworden? De onderzoeker vraagt aan de boer of hij weet hoe schadelijk het eten van een naald voor een koe kan zijn. Kan één naald al funest zijn voor een koe, of valt het meestal wel mee als een koe per ongeluk een naald opeet?

Antwoord onderzoeksvraag

Nu de meetvraag door de onderzoeker is beantwoord en duidelijk is wat de beperkingen van het antwoord zijn, moet er antwoord gegeven worden op de onderzoeksvraag *Is het hooi eetbaar?*. In situatie 1 is de vraag vrij gemakkelijk met 'ja' te beantwoorden, mits de onderzoeker en de boer accepteren dat er een kleine kans is dat er toch naalden in de hooiberg zitten. Wil de boer meer zekerheid, dan zal de meting overgedaan moeten worden. Bovendien is het nu zaak om te kijken of er ook andere meetvragen te bedenken zijn. Stel nu dat de buurman niet alleen naalden maar ook plastic satéprikkers gekocht heeft. Die zijn net zo gevaarlijk als naalden, maar zijn samen met het hooi verbrand. Met de gebruikte methode zijn die dus niet te meten. De onderzoeker moet nu een nieuwe meetvraag opstellen: *Zitten er satéprikkers in het hooi?* Daar moet hij een andere meetmethode voor bedenken.

Toetsingskader

In situatie 2 is de onderzoeksvraag makkelijk te beantwoorden als één enkele naald in de hooiberg er al voor zorgt dat de hele hooiberg onbruikbaar wordt. Dit is het geval als één naald in het hooi al funest kan zijn voor een koe. Dat risico wil de boer niet lopen. Maar het kan ook zijn dat een koe één enkele naald nog wel kan hebben, maar dat vele naalden wel schadelijk zijn voor een koe. Dan is de vraag of het hooi eetbaar is veel moeilijker te beantwoorden. In dat geval heeft de onderzoeker een toetsingskader nodig: *Bij welke hoeveelheid naalden is het hooi nog wel eetbaar en wanneer niet meer?*

Bij milieumetingen geldt meestal ook dat er een toetsingskader nodig is om een onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Zo zit er in de bodem vrijwel altijd van nature al een beetje lood en pas als er een bepaalde hoeveelheid lood in de grond zit, noemt men de grond vervuild. Als toetsingskader bij milieumetingen kunnen globaal de volgende worden onderscheiden:

Normale situaties: het meetresultaat van een stof wordt vergeleken met de waarden die normaal voorkomen in bodem of lucht. Als de gevonden meetwaarde daar niet sterk van afwijkt, is het onwaarschijnlijk dat de concentratie een probleem oplevert.

Wetenschappelijk onderzoek: het resultaat van de meting wordt vergeleken met wetenschappelijk onderzoek naar milieu- of gezondheidseffecten. Belangrijk is dat goed gekeken wordt naar hoe het onderzoek is uitgevoerd. Zo is bij gezondheidseffecten niet alleen de concentratie van een schadelijke stof een belangrijk gegeven, maar ook de tijd die men eraan is blootgesteld.

Normen en/of richtlijnen: het meetresultaat vergeleken met een norm of richtlijn die is vastgesteld op basis van wetenschappelijke gegevens. De hoogte van een norm of richtlijn is afhankelijk van het doel. Zo zijn normen die gericht zijn op bescherming van de gezondheid strenger dan de concentraties waarbij gezondheidsklachten optreden. De reden is dat er een zekerheid wordt ingebouwd. Gezondheidsnormen lijken vaak heilig en niemand durft ze ter discussie te stellen. Maar als een concentratie onder de norm blijft, is er lang niet altijd sprake van een aanvaardbare situatie. Een norm kan ook te soepel zijn, bijvoorbeeld omdat mensen in de omgeving extra gevoelig zijn. Verder gebruikt men vaak proefdieren om de schadelijkheid van stoffen te onderzoeken en een norm vast te stellen. Maar proefdieren reageren anders dan mensen. Ook zijn de omstandigheden bij dergelijke proeven anders dan in praktijksituaties. Over normen valt dus altijd te discussiëren.

De keuze voor een toetsingskader is afhankelijk van de onderzoeksvraag en dus van het doel van de opdrachtgever. Vaak zullen andere betrokkenen bij een milieuprobleem de gevonden resultaten toetsen aan een ander toetsingskader. Zo zijn mensen die bij een vervuild stuk grond wonen, niet geïnteresseerd in toetsing aan normen die opgesteld zijn om te kijken of de grond nog geschikt is voor het ophogen van de dijken. Zij zijn geïnteresseerd in mogelijke gezondheidseffecten en willen graag een toetsing aan gezondheidskundige waarden.

Aanvullende vragen

Vaak hebben de opdrachtgevers nog aanvullende vragen. Belangrijk is om dan te bedenken dat de meting is ingericht om een antwoord te kunnen geven op de oorspronkelijke onderzoeksvraag. Als geprobeerd wordt om met dezelfde gegevens een andere onderzoeksvraag te beantwoorden, dan zal opnieuw gekeken moeten worden naar de kwaliteit van de meting.

In het voorbeeld was de oorspronkelijke onderzoeksvraag van de boer: *Zitten er naalden in het hooi?* Later, als de resultaten eenmaal bekend zijn, blijkt opeens de nauwkeurigheid van de meting een belangrijke rol te spelen. Immers, bij x naalden is het hooi volgens de normen nog wel eetbaar en bij y naalden moet de boer de hele hooiberg vernietigen.

Wat betekent dit nu?

Van het antwoord op de onderzoeksvraag terug naar de aanleiding

Aanleiding

In het verhaal heeft de boer uiteindelijk een antwoord op de vraag of het hooi eetbaar is voor z'n koeien, de onderzoeksvraag die hij had gesteld. Met het antwoord kan hij actie ondernemen: hij moet beslissen wat hij met het hooi zal gaan doen.

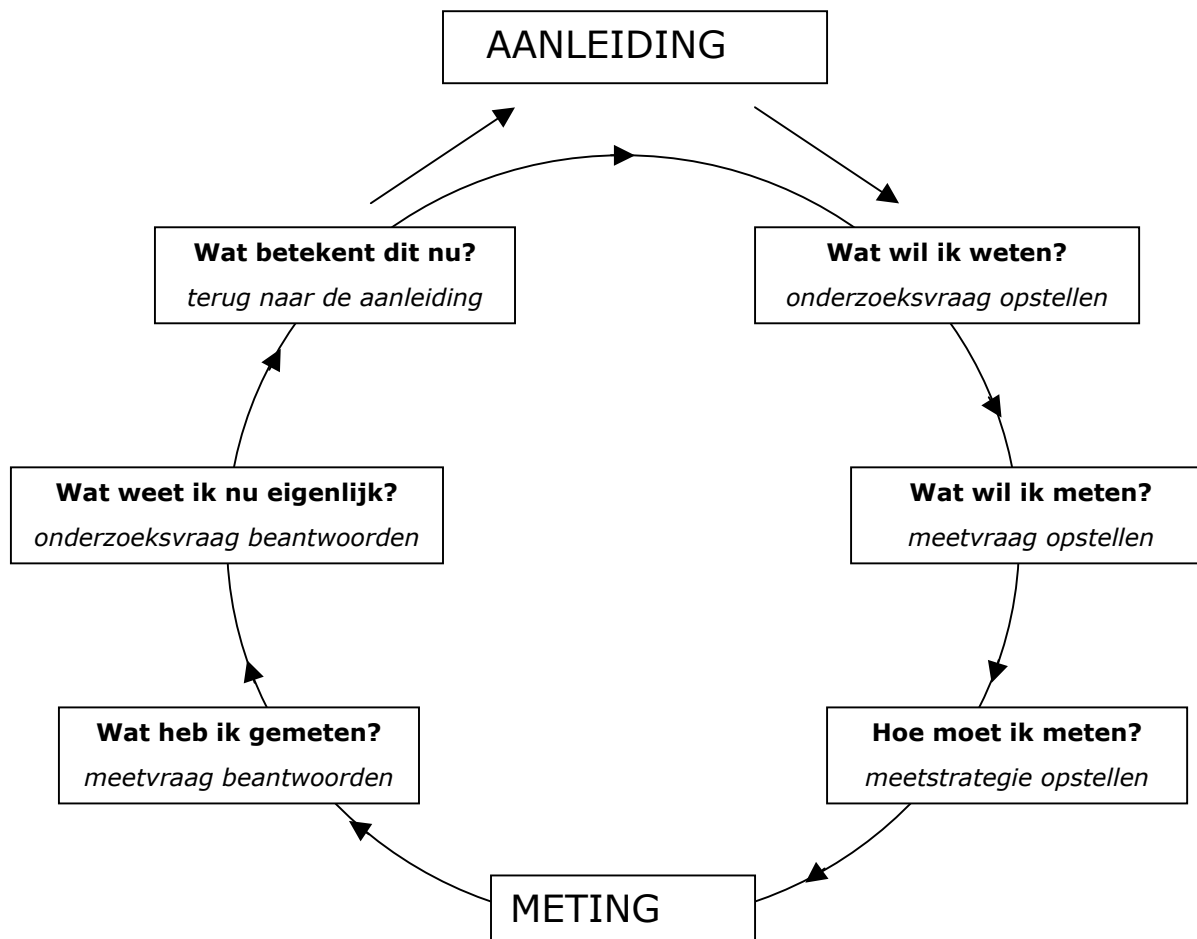
Na het beantwoorden van de onderzoeksvraag volgt dus altijd de stap terug naar het oorspronkelijke probleem. Kan er met behulp van het antwoord actie ondernomen worden? Het probleem is niet altijd direct opgelost met het antwoord op de onderzoeksvraag. Soms zijn aanvullende metingen nodig om bijvoorbeeld een betere onderbouwing van het antwoord te krijgen. In het geval van boer Eising: als hij precies wil weten welke lagen van de hooiberg hij nog wel kan gebruiken en welke niet, moet hij aanvullende metingen laten doen om preciezer in kaart te brengen waar de naalden zich bevinden, zodat hij nog zoveel mogelijk hooi kan gebruiken. Dit zal hij natuurlijk alleen doen als het doen van aanvullende metingen veel goedkoper is dan het kopen van nieuw hooi.

Soms blijkt dat met het antwoord op de onderzoeksvraag het probleem niet kan worden aangepakt. Bijvoorbeeld, wanneer er geen naalden in het hooi te vinden zijn, weet de boer dat hij zijn hooi kan gebruiken. Maar hij moet dan op zoek naar andere mogelijke oorzaken voor de ziekte van zijn koe. Bijvoorbeeld of het water dat de koeien drinken wel gezond is. Met die nieuwe onderzoeksvraag kan een nieuwe meetvraag worden gesteld en dan begint het hele circus opnieuw.

De meetcirkel

We hebben nu de belangrijkste stappen behandeld die lopen van een probleem via een meting naar mogelijke oplossingen van het probleem. In de praktijk moet deze structuur herkenbaar zijn in alle onderzoeksrapporten over een milieuprobleem. Het begin en eind van de cirkel (de aanleiding, de onderzoeksvraag, het antwoord op de onderzoeksvraag en het teruggaan naar de aanleiding) staan vaak niet in de meetrapporten van onderzoeksbureaus. Het ontbreken van deze informatie levert dikwijls verwarring op.

De stappen die in een milieuonderzoek aan de orde komen, staan hieronder in een schema. Dit schema, in de vorm van een cirkel, noemen we de meetcirkel. Bovenaan staat de aanleiding. Deze leidt tot het stellen van een onderzoeksvraag. De onderzoeksvraag wordt vertaald in de meetvraag, op basis waarvan een meetstrategie wordt uitgestippeld. Dan wordt de eigenlijke meting gedaan. Met de resultaten van de meting kan de meetvraag worden beantwoord en daarna kan men een antwoord geven op de onderzoeksvraag. De beantwoording van de onderzoeksvraag levert tenslotte een bijdrage aan de oplossing van het probleem dat de aanleiding was.



Figuur 1: De meetcirkel, een schematische weergave van (meet)onderzoek

In de cirkel zijn deze stappen gescheiden en volgen ze elkaar netjes op, maar in de praktijk moet er vaak heen en weer gesprongen worden tussen verschillende stappen voordat men de cirkel helemaal doorlopen heeft. Wanneer bijvoorbeeld uit de resultaten van de meting blijkt dat er niet genoeg informatie is om de meetvraag te beantwoorden, moet men een paar stappen terug doen in de cirkel en aanvullende metingen doen. Zo kan ook blijken dat het antwoord op de meetvraag niet leidt tot een bevredigend antwoord op de onderzoeksvraag. Ook dan moet men terug, waarschijnlijk naar het formuleren van een nieuwe meetvraag.

In de praktijk van het milieuonderzoek komen dit soort sprongen vaak voor. Dat komt omdat de werkelijke situatie vaak ingewikkeld in elkaar zit. Soms blijkt uit een rapport dat een dergelijke sprong terug wel nodig was, maar niet gedaan is omdat er te weinig tijd of geld was voor het extra werk. Vindt een opdrachtgever het wel best, dan moeten bewoners actie ondernemen.

De boer in het voorbeeld zal met het antwoord op de meetvraag vooral na willen gaan of zijn voorraad hooi nog bruikbaar is, en zo nee of hij de hele berg moet weggooien of maar een deel. Maar als de politie wil weten of de buurman misschien een misdrijf heeft gepleegd, zal die niet zo geïnteresseerd zijn in de verdeling van de naalden. Die zal met zekerheid willen weten of er naalden in het hooi zitten en wanneer die er ongeveer in terechtgekomen zijn, om erachter te komen of de buurman de dader kan zijn.

Het zal inmiddels duidelijk zijn dat het doen van een goede meting lang niet eenvoudig is. Het is van groot belang om systematisch te denken en bij elke stap na te gaan of die logisch volgt uit het voorgaande en wat de mogelijke consequenties zijn voor het vervolg. Ter afsluiting de afloop van het verhaal van boer Eising: de werkelijkheid kan tenslotte altijd weer anders in elkaar zitten dan je denkt ...

De onderzoeker heeft met al zijn onderzoek geen naalden in het hooi gevonden. De boer is daar blij mee: hij kan met een gerust hart het hooi aan z'n koeien geven. Intussen is Antje wel steeds zieker geworden. Aangezien de klachten nog steeds wijzen op maagproblemen, besluit de veearts van de boer tot een operatie. Tot ieders verbazing vindt hij in de maag van Antje de dunschiller van de boerin, die zij enkele weken geleden kwijt is geraakt. Waarschijnlijk had ze die samen met de aardappelschillen op de composthoop naast de hooiberg gegooid ...

Achtergronden van meten bij lokale milieuproblemen

In het vorige hoofdstuk hebben we het gehad over de algemene opzet van metingen bij lokale milieuproblemen. Het is duidelijk dat de algemene opzet niet bestaat. Ieder lokaal milieuprobleem, zoals een bodemverontreiniging of een geval van geuroverlast, heeft zijn eigen kenmerken en zijn eigen meetmethodes. In dit deel bespreken we specifiek de rol van metingen bij een aantal lokale milieuproblemen.

- Verontreiniging van het buitenmilieu (lucht, bodem en water)
- Verontreiniging van het binnenmilieu
- Hinder (geur- en geluidsoverlast)

Bij verontreiniging van het *buitenmilieu* gaat het vooral om het meten van stoffen, om na te gaan of er schadelijke effecten kunnen optreden voor mensen, planten of dieren. De verschillende compartimenten in het buitenmilieu (lucht, bodem en water) hebben elk hun eigen kenmerken, zoals de mate waarin stoffen erin verspreid worden en de manier waarop mensen ermee in aanraking komen. Hierdoor zijn er tussen de compartimenten verschillen in de aard en de aanpak van het milieuprobleem. Dit werkt door in de opzet van de meting.

Bij problemen met het *binnenmilieu* staat de gezondheid van de mens centraal. Er is geen onderverdeling in compartimenten; er wordt alleen gesproken over de kwaliteit van de lucht in huis en over de mogelijke bronnen van verontreiniging. Deze tweedeling is ook terug te vinden in de opzet van de metingen.

Bij *hinderproblemen* staat niet het meten van stoffen centraal, maar het meten van de prikkels die mensen als hinderlijk ervaren. In dit stuk bespreken we de twee belangrijkste vormen van hinder bij lokale milieuproblemen: geur- en geluidsoverlast.

De technische aspecten van meten worden niet uitgebreid belicht. Het gaat vooral om het krijgen van inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van metingen bij de verschillende lokale milieuproblemen. Het is niet noodzakelijk om alle hoofdstukken achter elkaar te lezen; de hoofdstukken zijn onafhankelijk van elkaar te lezen. Achter in deze brochure zijn een aantal boeken of rapporten vermeld die kunnen worden geraadpleegd wanneer meer informatie nodig is.

1 Meten in het buitenmilieu

Verontreiniging van het buitenmilieu kan niet alleen schadelijk zijn voor de mens, maar ook voor planten en dieren. Dit in tegenstelling tot het binnenmilieu, waar het alleen om het welzijn van mensen gaat. Doordat verontreiniging van het buitenmilieu zowel voor mensen als voor de natuur een probleem kan vormen, zijn er verschillende aanleidingen, onderzoek- en meetvragen denkbaar. Dit betekent ook dat een onderzoek naar de risico's van een vervuiling voor de natuur niet zomaar kan worden gebruikt om iets te zeggen over het gevaar voor mensen.

Het buitenmilieu wordt vaak onderverdeeld in drie compartimenten: lucht, water en bodem. Dit onderscheid wordt vooral gemaakt omdat de drie sterk verschillende eigenschappen hebben (gasvormig, vloeibaar en vast). Hierdoor gedragen verontreinigingen zich in elk compartiment anders, wat betekent dat onderzoek en metingen per compartiment anders in z'n werk gaan.

In deze brochure beperken we ons tot meten bij lokale milieuproblemen: bijvoorbeeld een fabriek die vervuiling uitstoot of een vervuild terrein. We behandelen dus niet het meten bij grootschaliger milieuproblemen zoals de aantasting van de ozonlaag of klimaatverandering. Bij lokale problemen komt onderzoek bijna altijd neer op het meten van chemische stoffen in een of meer compartimenten.

Onderzoek in het buitenmilieu wordt al vrij lang gedaan, zeker in vergelijking met onderzoek in het binnenmilieu en meting van hinder. Er is al veel ervaring mee, waardoor het werk in het laboratorium inmiddels betrouwbaar kan worden uitgevoerd.

1.1 Lucht

Aanleiding

Onderzoek naar de luchtkwaliteit bij een lokaal milieuprobleem gebeurt eigenlijk alleen uit zorg voor de volksgezondheid. De zorg voor de volksgezondheid is formeel vastgelegd in het stelsel van vergunningen: elk bedrijf in Nederland moet een vergunning hebben om te mogen draaien. In deze vergunning staan bijvoorbeeld de hoeveelheden stoffen die het bedrijf maximaal

mag uitstoten. De normen die hiervoor gesteld worden dienen de gezondheid van de omwonenden te beschermen. Ook wordt er nog wel eens onderzoek gedaan wanneer er klachten uit de omgeving komen.

Onderzoeksvraag

De vertaling van onderzoeksvraag naar meetvraag is bij lokale luchtvervuiling relatief eenvoudig. De bron is immers bekend en uit de stoffen die in het bedrijf gebruikt worden, kan worden afgeleid welke stoffen mogelijk in de lucht komen.

Meetstrategie

De meetstrategie is wat ingewikkelder. Omdat lucht zo beweeglijk is en de windrichting de verspreiding van stoffen sterk beïnvloedt, is het moeilijk om met metingen rond een bedrijf een goed beeld van de vervuiling te krijgen. Bij verschillende windrichtingen zullen de stoffen zich waarschijnlijk anders verspreiden. Er moeten dan veel monsters genomen worden, op verschillende plaatsen en op verschillende tijdstippen. Daarom wordt vaak alleen aan de schoorsteen van het bedrijf zelf gemeten. De uitstoot daar wordt met een rekenmodel omgerekend naar concentraties in de omgeving. In zo'n model moeten gegevens worden ingevoerd over windsnelheid en -richting, en over bijvoorbeeld de hoogte van de schoorsteen en de ruwheid van het terrein. Zo'n benadering mag natuurlijk alleen worden toegepast wanneer de vervuiling daadwerkelijk uit de schoorsteen komt. In veel gevallen komt een deel van de vervuiling ook uit openstaande deuren, ramen en kieren. Deze emissies kunnen een aanzienlijk deel vormen van de totale uitstoot, maar worden in een 'schoorsteenbenadering' niet gemeten. Dit is een veel voorkomende fout bij luchtonderzoek en het is daarom zaak erop te letten bij het beoordelen van een rapport.

Meting

Metingen aan de schoorsteen zijn zo gewoon geworden dat veel normen niet de concentraties in de woonomgeving aangeven, maar de maximale uitstoot uit de pijp. Een voorbeeld hiervan zijn de Nederlandse Emissie Richtlijnen (NER), die door veel gemeenten worden gebruikt om eisen te stellen aan de maximale uitstoot van bedrijven. Men gaat er dan van uit dat er bij die uitstoot geen gevaarlijke concentraties in de omgeving kunnen optreden. Dit levert nog wel eens misverstanden op tussen overheden en bewoners. Als bewoners vragen hebben op het gebied van hun gezondheid, doet de overheid uitspraken over emissies uit de schoorsteen, en die worden getoetst aan een norm. Het is belangrijk om te bedenken dat bij dat soort uitspraken twee stappen worden gedaan: ten eerste is een norm gesteld voor aanvaardbare concentraties op leefniveau en ten tweede is via rekenmodellen een vertaling gemaakt van dat leefniveau naar de schoorsteen.

Beoordeling

Bij het beoordelen van meetresultaten aan de schoorsteen en het vertalen naar de meetvraag zijn vier zaken van belang.

Is er op een goed moment gemeten? Draaide het bedrijf op volle toeren of lag een groot deel 'toevallig' stil? Zowel de hoeveelheid uitstoot als de samenstelling moeten representatief zijn voor een normale situatie.

Is een geschikt rekenmodel gebruikt? De modellen om uitstoot om te rekenen naar concentraties in de omgeving zijn niet in alle situaties bruikbaar. Er zijn bijvoorbeeld modellen die alleen betrouwbare resultaten geven buiten een straal van 50 meter van de schoorsteen en op kortere afstanden niet goed werken. Uiteraard moet het gebruikte model betrouwbaar zijn in de onderzochte situatie.

Zijn de juiste invoergegevens voor het model gebruikt? Rekenmodellen maken altijd gebruik van gegevens over het weer en kenmerken als de hoogte van de schoorsteen, de hoogte van de omliggende bebouwing enzovoort. Het invoeren van andere gegevens (bijvoorbeeld een verkeerde schoorsteenhoogte of gegevens van een weerstation ver uit de buurt) heeft grote invloed op de resultaten.

Is de schoorsteen waaraan gemeten is, inderdaad de belangrijkste bron van de vervuiling? Het kan zijn dat een aanzienlijk deel van de uitstoot via ramen en kieren plaatsvindt. Bovendien kan de vervuiling (deels) worden veroorzaakt door een ander bedrijf in de buurt.

Inspraak

Uiteindelijk worden de conclusies van metingen bij lokale luchtverontreiniging altijd gebruikt om een vergunning te onderbouwen of te controleren. Dit geeft burgers de mogelijkheid om commentaar te geven op de metingen. Vergunningsaanvragen gaan altijd via een procedure waarbij bewoners bezwaar kunnen maken bij het bevoegd gezag: (meestal) de gemeente of (soms) de provincie. Uiteindelijk kan men beroep aantekenen bij de Raad van State.

De gemeente is verantwoordelijk voor de algemene luchtkwaliteit binnen de gemeentegrenzen. Voor vragen of problemen rond luchtvervuiling (bijvoorbeeld door een fabriek of door het verkeer) kan men daar altijd terecht. Voor vragen over luchtkwaliteit en volksgezondheid is de GGD een goed adres. Ook kan men advies en ondersteuning krijgen bij milieufederaties en wetenschapswinkels.

1.2 Bodem

Aanleiding

Globaal zijn er drie soorten aanleidingen om onderzoek naar de bodemkwaliteit te doen:

- Bewoners of andere betrokkenen hebben het vermoeden dat er bodemverontreiniging is en vragen zich af hoe het met hun gezondheid staat, of ze nog groenten uit eigen tuin kunnen eten enzovoort.
- Wanneer iemand bijvoorbeeld een schuurtje wil bouwen of wanneer een fabriek wil uitbreiden, is het wettelijk verplicht een bodemonderzoek te laten doen. Dit om te voorkomen dat er op vervuilde grond gebouwd wordt.
- Soms wil een eigenaar weten hoe het met de bodemkwaliteit gesteld is. Dit is vooral belangrijk wanneer de grond verkocht gaat worden: de koper wil dan niet voor verrassingen komen te staan.

Bij de eerste aanleiding komt het initiatief vooral van bewoners, in het tweede geval zullen vooral overheden het initiatief nemen. Die zullen vaak een onderzoeksvraag opstellen aan de hand van de wettelijke kaders en procedures waaraan men zich wil houden. Dat levert nogal eens misverstanden op met bewoners, die vaak meer naar de praktische kant van het probleem kijken. Regelmatig blijkt dan ook dat de vragen die bewoners hebben, niet kunnen worden beantwoord met onderzoek dat de overheden hebben laten uitvoeren.

Meetvraag

Voor het doen van bodemonderzoek zijn in de laatste tien jaar veel onderzoeksprotocollen ontwikkeld, systematische voorschriften waarmee vanuit een onderzoeksvraag een meetvraag en een meetstrategie kunnen worden opgesteld. Het voordeel hiervan is dat de meetstrategie goed kan worden afgestemd op de situatie en de meetvraag. Wanneer men bijvoorbeeld op een locatie geen bodemverontreiniging vermoedt, maar met een meting wil aantonen dat de grond daadwerkelijk schoon is, hanteert men een andere strategie dan wanneer al vooraf duidelijk is dat op een bepaalde plek vervuiling gevonden kan worden. Zo worden in een tuin met een lekke olietank op een andere manier monsters genomen dan in een tuin die is opgehoogd met een vervuilde laag grond. Het nadeel van het gebruik van protocollen is dat bewoners nauwelijks mogelijkheden hebben om de meetstrategie te beïnvloeden. Onderzoekers hebben toch de neiging om een protocol te volgen en minder naar suggesties van direct betrokkenen te luisteren.

Met de protocollen kunnen in principe de stappen van onderzoeksvraag naar meetvraag naar meetstrategie zorgvuldig gedaan worden. Maar wanneer de uitgangspunten voor een meting niet kloppen, kan ook een onderzoek volgens de protocollen uiteindelijk onbruikbaar blijken.

Overigens wordt bodemonderzoek vaak in etappes gedaan. Eerst wordt globaal gekeken of er verontreiniging aanwezig is en als er iets wordt gevonden, wordt die verontreiniging beter in kaart gebracht. Dit komt vooral doordat er veel monsters moeten worden genomen om een vervuiling goed in kaart te brengen. Om kosten te besparen wordt dit alleen gedaan wanneer er daadwerkelijk vervuiling aanwezig is.

Beoordeling

Er bestaat een uitgebreid stelsel van normen voor bodemverontreiniging. Voor bijna alle stoffen die regelmatig als vervuiling worden aangetroffen, bestaat een norm. Deze normen zeggen niet direct iets over gevaren voor de gezondheid; ze zijn vooral bedoeld om aan te geven of er aanleiding is om beter naar de vervuiling te kijken. Verder moet gekeken worden naar het gebruik van de grond; de risico's van bodemverontreiniging hangen sterk af van hoe de bodem gebruikt wordt. Vervuiling in een zandbak waar kinderen in spelen, levert veel grotere gevaren op dan vervuiling onder een parkeerterrein. In het eerste geval zullen kinderen vaak in contact komen met de stoffen, terwijl in het tweede geval niemand iets van de stoffen zal merken. Om de gevaren van verontreiniging in kaart te brengen is daarom vaak aanvullend onderzoek nodig, waarbij wordt gekeken hoe mensen in contact zouden kunnen komen met de vervuiling.

Daarnaast zijn er nog andere normen voor de bodemkwaliteit, bijvoorbeeld of grond die bij afgraven vrijkomt nog mag worden hergebruikt of moet worden gereinigd.

Inspraak

Doordat onderzoek rond bodemvervuiling vaak in kleine stapjes gaat, kunnen bewoners meestal al bij de eerste aanwijzingen van vervuiling hun stem laten horen. Vaak worden bewoners geïnformeerd op een buurtavond, waar de stand van zaken wordt gepresenteerd en discussie mogelijk is. Op dergelijke momenten kunnen bewoners dus invloed uitoefenen op het proces. Aan de andere kant zijn er al zulke duidelijke regels dat de speelruimte beperkt is. Al die kleine stapjes hebben tot gevolg dat bewoners de gang van zaken rond een geval van bodemverontreiniging vaak traag en stroperig vinden. Telkens wanneer er een onderzoek wordt gepresenteerd, is het slot van het liedje dat er een nieuw onderzoek moet komen.

Belangrijk aanspreekpunt bij bodemverontreiniging is de provincie. Alle bodemverontreinigingen en plannen voor sanering moeten hier worden aangemeld (de vier grote gemeenten Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht zijn binnen hun grenzen aanspreekpunt). Milieufederaties en wetenschapswinkels kunnen bewoners helpen met advies en ondersteuning. Bij GGD's kan men terecht voor voorlichting over de volksgezondheid.

1.3 Oppervlaktewater

Aanleiding

In Nederland wordt erg veel onderzoek gedaan naar de waterkwaliteit. Logisch, Nederland is nu eenmaal een waterland. In heel veel water wordt regelmatig gemeten om de kwaliteit te controleren. Zo wordt de kwaliteit van het Rijnwater voortdurend in de gaten gehouden bij Lobith, waar de rivier ons land binnenkomt. Waterleidingbedrijven controleren de kwaliteit van het rivierwater dat ze gebruiken om drinkwater uit te winnen. En de kwaliteit van het zwemwater wordt ook regelmatig gecontroleerd. Dit soort metingen worden dan meestal in het gehele stroomgebied gedaan. Omdat wij ons in deze brochure beperken tot lokale problemen, gaan we daar verder niet op in.

Op lokaal niveau ontstaan onder andere problemen door lozingen van bedrijven en door het storten van afval. Bedrijfslozingen zijn, net als bij lucht, verbonden aan een stelsel van vergunningen. Daarin zijn grenzen gesteld aan wat en hoeveel er geloosd mag worden. Onderzoek naar de naleving van zo'n vergunning beperkt zich meestal tot het meten van wat er 'uit de pijp' komt. Net als bij luchtverontreiniging gaat men er dan van uit dat er geen milieuproblemen optreden zolang de lozing binnen de grenzen van de vergunning blijft. 'Zomaar' afval storten is gewoon verboden, maar komt nog steeds wel eens voor.

Meetvraag

Bij lozingen door een bepaald bedrijf is de vertaling naar een meetvraag relatief eenvoudig. Net als bij lucht kan op basis van de stoffen die het bedrijf gebruikt, een schatting worden gemaakt van wat er uit de pijp kan komen. In dergelijke gevallen wordt aan het lozingspunt gemeten en niet in het water waar de pijp op uitkomt. Wanneer er illegaal geloosd is, wordt er in eerste instantie gekeken naar een breed scala aan mogelijke verontreinigingen, vergelijkbaar met onderzoek naar bodemvervuiling. Het voordeel van water in vergelijking met bodem is dat stoffen er vrij gemakkelijk in verspreid worden, zodat vervuiling doorgaans vrij homogeen verdeeld is. Er kan dan met relatief weinig monsterpunten worden volstaan.

Beoordeling

Voor de beoordeling van de kwaliteit van oppervlaktewater zijn talloze normen vastgesteld. Zo zijn er normen voor zwemwater, voor water waar drinkwater van gemaakt moet worden en voor water in diverse soorten natuurgebieden. Afhankelijk van de specifieke situatie en het gebruik van het water moeten dus verschillende normen worden gebruikt.

Inspraak

Het waterbeheer in ons waterrijke land heeft al een lange geschiedenis en de waterkwaliteit wordt goed in de gaten gehouden. Deze kwaliteitsborging is de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat, de provincies, de water- en zuiveringsschappen en de gemeenten. De noodzaak voor inspraak voor burgers is gering en de wettelijke kaders daarvoor ontbreken. Voor vragen is het altijd mogelijk om het verantwoordelijke waterschap aan te spreken.

2 Meten in het binnenmilieu

Vaak denken mensen bij het begrip 'milieu' aan de buitenomgeving. In een woning, bedrijf of fabriek bestaat ook zoiets als het binnenmilieu, de omstandigheden in een gebouw. Ook bij de overheid wordt het binnenmilieu vaak vergeten en is er meer aandacht voor het buitenmilieu. Dit tekort aan aandacht voor het binnenmilieu is opvallend, aangezien de meeste mensen meer dan 70% van hun tijd doorbrengen in een gebouw. Een ongezond binnenmilieu is daarom veel bedreigender dan een ongezond buitenmilieu. Bovendien ligt de oorzaak van een ongezond binnenmilieu, anders dan men denkt, meestal aan bronnen binnenshuis en niet aan een ongezond buitenmilieu.

De kwaliteit van het binnenmilieu wordt bepaald door het binnenklimaat en de kwaliteit van de binnenlucht. Het binnenklimaat wordt net als het buitenklimaat bepaald door factoren als temperatuur, licht en wind. De kwaliteit van de binnenlucht wordt bepaald door de aan- of afwezigheid van verontreinigingen in de binnenlucht. Via deze lucht vindt de blootstelling aan de verontreinigingen in huis plaats.

De aanleiding voor metingen in het binnenmilieu zijn vrijwel altijd gezondheids- en hinderklachten. Veel van deze klachten zijn terug te voeren op een slecht binnenklimaat en niet zozeer op de kwaliteit van de binnenlucht. Daarom wordt er altijd eerst gemeten naar het binnenklimaat, voordat er gemeten wordt naar verontreinigingen in de binnenlucht.

2.1 Binnenklimaat

In het buitenklimaat spelen de factoren temperatuur, neerslag en wind een belangrijke rol, bij het binnenklimaat zijn dat behaaglijkheid en ventilatie. Behaaglijkheid kan worden gezien als het resultaat van een aantal factoren die de warmte-uitwisseling tussen de mens en zijn omgeving bepalen. De belangrijkste factoren zijn:

- luchttemperatuur;
- stralingstemperatuur (oppervlaktetemperatuur van wanden, vloeren e.d.);
- luchtvochtigheid;
- luchtsnelheid (beter bekend als tocht of trek)

Verder spelen er bij de behaaglijkheid die men ervaart ook persoonlijke factoren mee zoals de hoeveelheid kleren, de activiteit en de lichamelijke gesteldheid. Ook ventilatie is een belangrijke factor in het binnenklimaat. Ventilatie is de luchtuitwisseling tussen de buitenlucht en binnenlucht. Het belang van ventilatie voor een goed binnenmilieu wordt duidelijk wanneer men een kamer binnengaat die intensief is gebruikt en waar niet of nauwelijks is geventileerd. Men loopt dan als het ware tegen een muur van lucht op. Het doel van ventilatie is aanvoer van voldoende zuurstof en afvoer van vocht en verontreinigende stoffen.

Een onderzoek naar het binnenklimaat vindt vrijwel altijd plaats naar aanleiding van klachten van bewoners. Vaak hebben de bewoners zelf al naar het binnenklimaat gekeken; ze hebben zelf een thermometer of een hygrometer (vochtmeter) in huis. Door een goede inspectie van de woning en door met bewoners te praten kunnen knelpunten in het binnenklimaat worden opgespoord. Beslagen ramen kunnen wijzen op een te hoog vochtgehalte (bijvoorbeeld door slechte ventilatie), terwijl droge lippen of geïrriteerde ogen juist op een te droge lucht kunnen wijzen. Met de rook van een sigaret kan al snel gezien worden of een ventilatiekanaal goed trekt. Ook wijst een vuil ventilatierooster op een goed werkend ventilatiekanaal. Als er geen zichtbare aanwijzingen zijn dat het binnenklimaat niet optimaal is, kan meten overwogen worden. Door middel van een continue temperatuur- en vochtregistratie kan snel en goedkoop een beeld verkregen worden over het binnenklimaat.

2.2 Kwaliteit van de binnenlucht

Aanleiding

Gezondheids- of hinderklachten zijn vaak de aanleiding voor een onderzoek naar de kwaliteit van de binnenlucht van een woning. Maar woningbouwverenigingen en GGD's zijn terughoudend om onderzoek te doen aan de binnenlucht. Ten eerste omdat gezondheidsklachten die gekoppeld zijn aan binnenmilieuproblemen vaak zeer algemene klachten zijn. Symptomen als hoofdpijn, irritaties aan de ogen, irritaties aan luchtwegen en dergelijke kunnen vele andere oorzaken

hebben. Daarom moeten eerst andere mogelijke oorzaken zoals het binnenklimaat of het gedrag van de bewoners (schilderen, roken e.d.) uitgesloten worden.

Ten tweede wordt er nog niet veel onderzoek gedaan aan binnenlucht. Metingen aan de chemische vervuiling van de binnenlucht zijn nog niet routinematig en er is voor de meeste stoffen nog geen specifiek toetsingskader waaraan de resultaten getoetst kunnen worden. Resultaten van metingen aan de binnenlucht leveren daardoor vaak discussies op en ook is de bijdrage aan de keuze van een oplossing van het probleem vaak gering.

Voordat een onderzoek naar vervuiling van de binnenlucht overwogen wordt, moet voldaan zijn aan een aantal voorwaarden.

- Het moet duidelijk zijn dat de klachten niet te maken hebben met een verkeerd binnenklimaat. Slechte ventilatie kan gelijksoortige klachten opleveren.
- Er moeten goede aanwijzingen zijn voor een mogelijk verband tussen de klachten en de woning, bijvoorbeeld dat de klachten verminderen in de vakantie of dat bezoekers ook klachten krijgen. Een andere aanwijzing voor een mogelijk verband met de woning is dat burens in gelijksoortige huizen ook klachten ondervinden.
- Er moet een mogelijke vervuiliingsbron (kachels, bouwmaterialen e.d.) aan te wijzen zijn die de klachten kunnen veroorzaken.

Onderzoeksvraag

Er zijn grofweg twee typen onderzoek naar de kwaliteit van de binnenlucht:

- blootstellingonderzoek
- vervuiliingsbronnenonderzoek

Bij een *blootstellingonderzoek* wordt gekeken naar de hoeveelheid vervuiling waaraan de bewoner is blootgesteld. Met de resultaten kan een uitspraak gedaan worden over mogelijke gezondheidsrisico's. Dit soort onderzoek kan alleen uitgevoerd worden als er duidelijkheid is over de aard van de vervuiling en er een duidelijk vermoeden is van een vervuiliingsbron.

Bij een *vervuiliingsbronnenonderzoek* wordt onderzocht welke vervuiliingsbronnen er mogelijk actief kunnen zijn, waar ze zich bevinden, welke stoffen ze uitstoten en in welke concentratie. Er zijn verschillende soorten bronnen: bouwmaterialen die verontreinigingen uitstoten, verbrandingsinstallaties die verbrandingsgassen produceren en producten als verf, tapijt en dergelijke. Aan dergelijke bronnen zijn soms eisen gesteld die als toetsingskader voor de beoordeling van de resultaten kunnen dienen.

Meetvraag

De keuze voor een blootstellingonderzoek of een bronnenonderzoek leidt tot heel verschillende meetvragen wat betreft de soort stoffen, maar ook tot een andere meetstrategie wat betreft plaats en tijd waarop de monsters worden genomen.

Meetstrategie

Bij een blootstellingonderzoek zijn meestal de volgende aspecten in de meetstrategie terug te vinden:

- die stoffen meten die meestal problemen veroorzaken in het binnenmilieu;
- meten op de plek waar de klachten het meest optreden;
- meten op het tijdstip waarop de klachten optreden (bijvoorbeeld in de winter);
- meten op verschillende plekken in de woning;
- meten onder de normale omstandigheden in de woning;
- meten gedurende een langere tijd (een week).

Bij een bronnenonderzoek ziet de meetstrategie er vaak heel anders uit:

- meten dicht bij een mogelijke bron (bijvoorbeeld boven een geiser);
- die stoffen meten die de mogelijke bron kan uitstoten;
- meten onder zo slecht mogelijke omstandigheden: geen ventilatie, een hoge temperatuur (bouwmaterialen stoten dan meer verontreinigingen uit), terwijl het toestel in werking is;
- eenmalige metingen.

Meting

Soms kan de meting direct in huis plaatsvinden. Een goed voorbeeld daarvan is de meting van koolmonoxide; de binnenlucht wordt door een buisje met een kleuringsmiddel geleid. Aan de verkleuring kan men aflezen hoeveel koolmonoxide aanwezig is. Dergelijke buisjes bestaan onder andere ook voor formaldehyde en ammoniak. Een nadeel is de beperkte nauwkeurigheid. Vaak wordt de binnenlucht bemonsterd door middel van een adsorptiebuisje of badge waarop de mogelijke verontreinigingen zich hechten. Het buisje wordt in het laboratorium geanalyseerd.

Beoordeling

Met de resultaten uit een bronnenonderzoek wordt anders omgegaan dan met de resultaten uit een blootstellingonderzoek. In een blootstellingonderzoek wordt gekeken of de gemeten stoffen in een verhoogde concentratie aanwezig zijn. Als dat zo is, moet beoordeeld worden of de gevonden concentratie(s) van de stof(fen) de klachten kan (kunnen) verklaren. Dit laatste is vrij moeilijk omdat er voor de meeste stoffen geen specifiek toetsingskader aanwezig is. Blijken er inderdaad verontreinigende stoffen aanwezig te zijn, dan moet de bron daarvan nog worden opgespoord.

Bij een bronnenonderzoek zal men de resultaten toetsen aan de eisen voor bepaalde (bouw)producten. Men is geïnteresseerd in de vraag of er iets van een stof uitgestoten wordt. De meting is dan meer een controlemeting waarbij de concentratie in de binnenlucht niet belangrijk is. Als blijkt dat de vermoedelijke bron inderdaad een verontreiniging uitstoot, kan daar direct iets aan gedaan worden. Dit kan gebeuren door de bron weg te nemen (bij bouwmaterialen), de bron af te sluiten (bouwmaterialen beschilderen) of door een betere afstelling (verbrandingsinstallatie).

Inspraak

De eigenaar van een woning is verantwoordelijk voor de kwaliteit van het binnenmilieu in die woning. Bij een huurhuis kan men dus de verhuurder (woningbouwvereniging) aanspreken bij klachten over het binnenmilieu. In principe kan een huurder de gemeentelijke Dienst Bouw- en Woningtoezicht inschakelen om te laten controleren of de woning voldoet aan de Woningwet. Dan gaat het vooral om zaken als ventilatiemogelijkheden, brandveiligheid en constructie van de woning.

Ook bij vragen over gezondheid en binnenmilieu kan men terecht bij de GGD. Sommige wetenschapswinkels hebben eveneens de nodige kennis op dit gebied.

3 Het meten van hinder

Hinder is in Nederland het meest voorkomende milieuprobleem. Zo heeft 18% van de Nederlanders regelmatig last van geuroverlast en de bewoners van 16% van de woningen hebben ernstige hinder van het geluid van wegverkeer. Andere vormen van hinder zijn bijvoorbeeld stofhinder, hinder door trillingen en verstoring van het uitzicht.

Hinder, het ongemak dat iemand ondervindt, is gekoppeld aan de zintuigen van mensen. De zintuigen van de mens ontvangen de prikkels die door een hinderbron worden uitgezonden. Er kunnen grote verschillen optreden tussen de waarnemingen van mensen. Zo kan bij eenzelfde hoeveelheid geur de ene mens vrijwel niets ruiken terwijl de ander er misselijk van wordt.

Behalve de waarneming speelt ook de beleving een grote rol. Het al dan niet ondervinden van hinder bij het waarnemen van popmuziek is, behalve natuurlijk aan de geluidsterkte, gekoppeld aan een persoonlijke voorkeur.

Bij hinderproblemen staat niet het meten van stoffen centraal, maar het meten van prikkels die mensen als hinderlijk ervaren. De meeste methoden om hinder te meten zijn gebaseerd op de hoeveelheid prikkels die een hinderbron produceert. Hoewel mensen die prikkels heel verschillend kunnen waarnemen, is het toetsingskader gebaseerd op de gemiddelde mens.

Vrijwel nooit wordt de beleving meegenomen bij de metingen en de beoordeling van hinder en dat levert nog meer problemen op. De vijfde van Beethoven hoeft qua sterkte van het geluid niet hinderlijk te zijn, maar als je niet van Beethoven houdt is hij ook zachtjes zeer hinderlijk.

Deze twee aspecten, grote verschillen in waarneming en zeker in beleving, zorgen ervoor dat hinderbestrijding altijd tot (vaak heftige) discussies leidt. In deze paragraaf worden de twee hindervormen die het meest voorkomen, geurhinder en geluidshinder, verder uitgewerkt.

3.1 Geur

De zintuigen geur en smaak zijn de zogenaamde chemische zintuigen; de prikkel waarop gereageerd wordt is de aanwezigheid van bepaalde stoffen. De ene mens heeft een gevoeliger neus dan de ander. Dit verschil in gevoeligheid kan voor alle geuren gelden maar ook alleen voor bepaalde geuren. Verder heeft ieder mens een eigen geurbeleving met voorkeuren voor bepaalde geuren. Dit maakt het zeer moeilijk om een geur objectief te karakteriseren. Niet elke chemische stof die zich in de lucht bevindt, prikkelt onze reukzin; de stoffen die dat doen noemen we geurstoffen. Een geur verspreidt zich omdat de geurstof zich verspreidt.

De geurwaarneming houdt verband met de concentratie (hoeveelheid) van de geurstof in de lucht. Bij zeer lage concentraties ruikt men niets totdat een drempelwaarde wordt bereikt, de reukdrempel. Deze drempelwaarde (de laagste concentratie waarbij men de stof ruikt) is voor elke geurstof anders en is persoonsgebonden. Sommige stoffen ruikt men al bij een zeer lage concentratie en andere alleen bij een relatief hoge concentratie.

Het bovenstaande heeft betrekking op de geur van één geurstof. Het wordt nog ingewikkelder als er meer dan een geurstof aanwezig is. De geur van een mengsel van geurstoffen is geen optelsom van geuren. Bij menging van verschillende geurstoffen kunnen onderdrukkings- of versterkingsverschijnselen optreden. De waarneming van een geurmengsel neemt in het algemeen af naarmate het mengsel complexer wordt. Dit ingewikkelde karakter van geur heeft grote invloed op de meting en bestrijding van geuroverlast.

Aanleiding

Een belangrijke aanleiding om geurmetingen te doen zijn klachten van omwonenden. Ook eist de overheid bij een aanvraag voor een milieuvergunning soms een geurmeting. Dat gebeurt vrijwel altijd als er vroeger stankklachten waren.

Meetvraag

De onderzoeksvraag van een gemeente of provincie draait om het feit of een uitstoot van geur onaanvaardbare hinder veroorzaakt. Deze onderzoeksvraag wordt tot nu toe meestal vertaald in een meetvraag waarbij gekeken wordt naar de hoeveelheid geur die wordt uitgestoten. Dat zegt dus nog niets over de hinder die men van die geur kan ondervinden.

Een methode om toch geurhinder aan te tonen is het uitvoeren van een hinderenquête of een leefbaarheidonderzoek. Daarbij wordt aan een steekproef van de bewoners vragen gesteld over de leefbaarheid in de buurt. Geuroverlast komt dan samen met andere factoren zoals veiligheid aan bod. Een van de bezwaren van deze methode is dat zij niet bruikbaar is bij een zeer klein aantal mogelijk gehinderden. Deze niet-technische methoden vallen buiten het kader van deze brochure.

Metten

Het meten van de hoeveelheid geur is geen gemakkelijke zaak. Een probleem is dat de neus vaak gevoeliger is dan de analytisch chemische meettechnieken. Men kan deze lage geurstofconcentraties in de lucht eenvoudigweg niet meten. Bij een mengsel van geurstoffen is een bijkomend probleem dat de relatie tussen de geur en de samenstelling van het geurstoffenmengsel onbekend is. Een meting van de concentratie van de geurstoffen geeft dus nog geen informatie over de hoeveelheid geur.

De meting van geur moet daarom noodzakelijkerwijs gebaseerd zijn op de menselijke neus en niet op een fysische of chemische meeteenheid. Het meten van geur wordt uitgevoerd door een panel. Dit noemt men de olfactorische methode. Het principe is dat een representatief panel aan een luchtmonster ruikt. Met een olfactometer wordt de geurlucht verdund en aangeboden aan het reukpanel. Het monster wordt steeds meer verdund totdat de drempelwaarde is bereikt. Dat is wanneer de ene helft van het panel nog wel en de andere helft geen onderscheid meer kan maken tussen geurvrije lucht en het verdunde monster. Die drempelwaarde stelt men dan op 1 geureenheid per kubieke meter (dit is de eenheid voor geur, g.e./m³). Terugrekening van de verdunningen naar de oorspronkelijke hoeveelheid geeft dan het aantal geureenheden per m³ van het monster.

Het meten van de hoeveelheid geur is dus mogelijk maar erg duur. Heel belangrijk is de plaats van de metingen. Men kan meten op de plaats waar hinder wordt verwacht of bij de geurbron. Bij meten op de plaats van de geurhinder gelden dezelfde problemen als bij het meten van luchtverontreiniging. De monsternamen is moeilijk vanwege de lage concentraties en ook de variaties in de tijd maken het lastig. Verder is een terugkoppeling van de geurintensiteit naar een individuele geurbron vaak niet mogelijk omdat er meer geurbronnen aanwezig zijn.

In de praktijk wordt daarom bijna altijd de hoeveelheid geur die uit de schoorsteen komt, gemeten. Een geurmeting bij de bron geeft informatie over de hoeveelheid geur die wordt uitgestoten door de geurbron en op basis daarvan wordt de hoeveelheid geur in de omgeving berekend. Bij deze berekeningen zijn andere geurbronnen en hun effecten buiten beschouwing gelaten. Het voordeel is dat deze manier vrij simpel uit te voeren is. Bij deze meetmethode moet altijd gecontroleerd worden of alle geur wel uit de schoorsteen komt. In de praktijk blijkt vaak dat de geur die door kieren, ventilatieroosters, openslaande ramen en dergelijke komt, een groot deel van de geurhinder veroorzaakt. Een meting 'aan de pijp' levert dan geen goed beeld van de geuruitstoot.

Beoordeling

Als men de gemeten of berekende hoeveelheid geur in de omgeving weet, kan men nog niet eenvoudig uitspraken doen over de mate van geurhinder. Men meet immers een hoeveelheid geur per kubieke meter (met een gestandaardiseerd panel), men meet geen geurhinder. Hoewel er wel een verband is tussen de gemeten hoeveelheid geur en geurhinder, is deze in elke situatie weer anders, afhankelijk van de geurstof(fen) en de geurbeleving van de omwonenden. De laatste jaren is er voor een aantal bedrijfstakken onderzoek verricht naar de relatie tussen hoeveelheden geur en geurbeleving. Zo kan met een meting naar hoeveelheden geur toch een uitspraak gedaan worden over de mate van geurhinder. Deze onderzoeken worden ook gebruikt bij het opstellen van normen en vergunningseisen. Zo mag een fabriek met een uitstoot van een vervelende geur veel minder geureenheden uitstoten dan bijvoorbeeld een bakker.

Inspraak

Bij geuroverlast door een fabriek is het bevoegd gezag (meestal de gemeente) het aanspreekpunt. Bij kleinschalige geurhinder (bijvoorbeeld door katten of open haarden van burens) is het direct aanspreken van de veroorzaker de beste weg. Door overleg kan men dan misschien een oplossing vinden. Naar de rechter stappen is in principe mogelijk, maar kostbaar en de kans op succes is vaak niet groot. Ook op dit gebied kunnen wetenschapswinkels en milieufederaties ondersteuning bieden.

3.2 Geluid

Trillingen in de lucht, die door het oor worden waargenomen, noemt men geluid. Het karakter van een geluid wordt gevormd door de verschillende soorten tonen waaruit het geluid bestaat. Bij elke toon hoort een frequentie, de maat voor frequentie is hertz (Hz). Bij hoge tonen (bijvoorbeeld 4.000 Hz) neemt men een pieptoon waar, bij lage tonen (bijvoorbeeld 200 Hz) hoort men een brommende toon. Het normale bereik van het menselijk oor ligt tussen de 20 en 20.000 Hz. Dit kan echter sterk verschillen tussen mensen. Zo kan men door langdurige blootstelling aan geluid doof worden voor bepaalde frequenties. Verder wordt het bereik aan hoge tonen minder als men ouder wordt.

De waarneming van het geluid door de mens wordt behalve door de frequentie ook bepaald door de geluidssterkte (geluidsniveau). Net als bij geur is de maat voor de geluidssterkte afgeleid van het waarnemingsvermogen van de mens. Bij geluid is de maat voor geluidssterkte de decibel (dB). Bij 0 dB kan een toon van 1.000 Hz nog net worden waargenomen. Bij een geluidssterkte van 140 dB beleeft men het geluid als lichamelijke pijn. Een belangrijk gegeven is dat de geluidsschaal logaritmisch is. Een toename van het gemeten geluidsniveau met 3 dB betekent dat de hoeveelheid geluid met een factor twee is toegenomen. Gelukkig nemen wij deze verdubbeling van het geluid niet op die manier waar, omdat ons oor als een geluidsdemper werkt. Om twee keer zoveel geluid te horen moet het geluidsniveau met 10 dB toenemen.

Aanleiding

Soms zijn klachten van omwonenden een reden om de geluidssterkte te meten, net als bij geur. Vaker zijn echter wettelijke bepalingen de aanleiding om geluidsmetingen te verrichten. Bij geluid heeft het toetsingskader ook een wettelijke basis in de Wet Geluidshinder. Doordat geluidsmetingen relatief makkelijk uit te voeren zijn en daarom ook vrij goedkoop, wordt ook vaker een meting verricht dan bij geuroverlast.

Onderzoeksvraag

Net als bij geur is de onderzoeksvraag gericht op geluidshinder en niet op geluidssterkte, terwijl hinder niet meetbaar is en geluidssterkte wel. Maar hier is dit veel minder een probleem dan bij geurhinder. Dat komt omdat er veel minder discussie is over de relatie tussen geluidssterkte en geluidshinder.

Meetvraag

De onderzoeksvraag naar geluidshinder kan daardoor vrijwel altijd vertaald worden in de meetvraag naar geluidssterkte. Bij meting van het geluidsniveau wordt in de praktijk het gemiddelde geluidsniveau (meestal het equivalente geluidsniveau genoemd) in een bepaalde tijd gemeten. De reden daarvoor is dat de geluidssterkte meestal behoorlijk varieert in de tijd.

In de dagelijkse praktijk wordt de eenheid dB(A) gebruikt. Omdat het menselijk oor hoge en lage tonen minder goed waarneemt, wordt bij het meten van geluid gecorrigeerd voor deze gevoeligheid van het menselijk oor. Het resultaat daarvan wordt het A-gewogen geluidsniveau genoemd, met als eenheid dB(A). Deze eenheid wordt bij alle milieumetingen gebruikt.

Beoordeling

Vaak wordt de geluidsbelasting van een bedrijf niet in kaart gebracht door op allerlei plaatsen rond een bedrijf te meten. Men meet de geluidssterkte van alle individuele geluidsbronnen en met een berekening worden de geluidssterktes in de omgeving van een bedrijf in kaart gebracht. In die berekening worden variabelen als bedrijfstijd, weersgegevens, afmetingen van gevelvlakken (reflectie van het geluid) en aard van het omliggende terrein meegenomen.

Hoe de metingen en berekeningen moeten worden uitgevoerd is vastgelegd in een ministeriële regeling. Over de uitkomsten is over het algemeen niet veel discussie, hoogstens bestaat er onenigheid over welke gegevens moeten worden ingevoerd. In een enkel geval wordt de geluidshinder van incidentele geluiden niet meegenomen. Toch kan de hinder daarvan zeer groot zijn. Een voorbeeld hiervan is het aankoppelen van een slang aan een vrachtauto met behulp van een metalen koppeling. Als dit 's morgens om zes uur gebeurt, kan de hinder erg groot zijn. Dergelijke hinder kan alleen maar opgespoord worden door gesprekken met omwonenden. Oplossingen hiervoor zijn meestal praktische voorschriften in de vergunning.

Inspraak

Er bestaat een strikt wettelijk toetsingskader voor geluidshinder. Het bevoegd gezag (gemeente of provincie) heeft hierdoor weinig speelruimte om rekening te houden met een specifieke situatie. Pas bij overschrijdingen van de norm is er formeel sprake van geluidshinder en zal er actie ondernomen moeten worden. Wanneer de norm (net) niet overschreden wordt hebben bewoners die dan toch geluidshinder ondervinden, formeel geen mogelijkheden om iets aan hun situatie te doen. Maar door overleg met de veroorzaker of door het openlijk aan de kaak stellen van het probleem kan misschien toch een oplossing gevonden worden. Milieufederaties en wetenschapswinkels kunnen mensen met geluidshinder bijstaan.

Aanbevolen literatuur

Copius Peereboom, J.W. (red.): *Basisboek milieu en gezondheid*. Boom, Amsterdam 1994.

Dongen, J. van en A. Steenbekkers: *Gezondheidsproblemen en het binnenmilieu in woningen*. Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO 1993.

Kolk, A.J van der: *Milieuproblemen in de buurt! De rechtsregels in de praktijk*. Chemiewinkel Utrecht 1996.

Haselager, N.G.: *Basisboek meten. De achtergronden van onderzoek naar chemische verontreinigingen bij lokale milieuproblemen*. Chemiewinkel Utrecht 2000.

Londo, H.M.: *Basisboek bodem; over verontreiniging, onderzoek en sanering van de bodem*. Chemiewinkel Utrecht 1996.

Voormolen, S., M. Winkler en H. Roebertsen: *Risico's van bodemverontreiniging voor gezondheid en milieu; een informatiemap voor de beoordeling van risico's van bodemverontreiniging*. Handleiding en stoffenbladen. Wetenschapswinkel Biologie Utrecht 1997.