Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

SAMENVATTING

Samenwerking Houtrookonderzoek
RIVM | TNO | GGD Amsterdam | UU

RIVM
TNO
GGD Amsterdam
UU

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

KvK Utrecht 30276683

T 030 274 9111
info@rivm.nl

Datum
7 maart 2022

Ons kenmerk
DMG-2022-0011

Bijlage(n)
1

In het kort

Houtrook kan bij burgers tot overlast leiden. Houtrook is goed te onderscheiden van andere bronnen op basis van de stof levoglucosan. De meting is echter arbeidsintensief en geeft alleen informatie op lage tijdresolutie (dagwaarden) terwijl de blootstelling korte periodes betreft. Een alternatief om blootstelling aan houtrook aan te tonen is daarom gewenst, maar nog niet voorhanden. Ook is onvoldoende bekend of blootstelling aan houtrook bij de concentraties die voorkomen in Nederland leidt tot gezondheidsklachten. In dit onderzoek is 1)onderzocht of houtrook gemeten kan worden, 2) met welke instrumenten en 3) wat de relatie tussen houtrook en gezondheid is. Antwoorden op vraag 1 en 2 kunnen handvatten bieden voor een praktische meetmethode voor de aanwezigheid van houtrook.

Het blootstellings- en gezondheidsonderzoek is uitgevoerd op vier plaatsen in Nederland (IJburg (Amsterdam), Bergen (Noord-Holland), Zutphen en De Meern (Utrecht)). Voor het eerst zijn nu verschillende instrumenten voor het meten van verschillende stoffen met elkaar vergeleken in een periode waarin houtstook plaatsvond. De blootstelling aan houtrook is in dit onderzoek vastgesteld met metingen van levoglucosan. Uit dit onderzoek blijkt dat houtrookblootstelling ook in kaart gebracht kan worden met een continu metende roetmonitor. Dit is een hoogwaardig meetinstrument dat roet van houtrook kan onderscheiden van bijvoorbeeld roet van dieselverbranding. Deze roetmonitor kan houtrookpieken detecteren maar is kostbaar en niet draagbaar. Een goedkoper en praktischer alternatief voor het meten van roet lijkt een middenklasse instrument te zijn. Er is ook onderzocht of andere stoffen dan roet en andere instrumenten gebruikt kunnen worden om houtrook te meten. Fijn stof, ultrafijn stof en koolmonoxide komen ook vrij bij houtverbranding. Deze stoffen zijn ook detecteerbaar als er houtrook aanwezig is in de lucht, maar geen van deze stoffen kan op zichzelf staand gebruikt worden als eenduidige indicator voor houtrook. Ze worden namelijk ook beïnvloed door andere bronnen (zoals verkeer).

Uit het onderzoek blijkt dat er sprake is van een zogenaamde ‘buurtblootstelling’ aan houtrook naast blootstelling door de directe buren. De buurtblootstelling is een gevolg van alle bronnen in de ’buurt’ en ook van verder weg. Om deze bijdragen te kunnen onderscheiden zijn metingen van de achtergrond nodig. Voor de blootstelling is dit onderscheid niet belangrijk, maar om te kunnen optreden op basis van gemeten waarden in de buurt van een gehinderde wel.

Om de relatie tussen houtrook en gezondheid te onderzoeken is tussen 8 februari en 10 mei 2021 op alle vier de locaties in Nederland een studie uitgevoerd waarin de gezondheid dagelijks werd gemonitord bij gezonde volwassenen en ook volwassenen met astma en/of COPD, en tevens werd de blootstelling aan houtrook continu bepaald. Blootstelling aan houtrook werd in kaart gebracht door luchtkwaliteitsmetingen op een centrale locatie in elk onderzoeksgebied en waargenomen houtrook (subjectief via geur, bijgehouden door elke deelnemer in een dagboek). De centrale metingen per plaats zijn gebruikt als maat voor blootstelling voor iedere deelnemer in diezelfde plaats.

Op dagen dat er relatief meer houtrook aanwezig was waren mensen meer kortademig in rust en was het medicijngebruik voor luchtwegklachten hoger. Ook zijn er (zwakke) aanwijzingen voor een relatie van houtrook met neusklachten. Er is geen consistent verband gevonden met longfunctie en veranderingen in cortisol, een marker voor stress. Door gebruik te maken van luchtkwaliteitsmetingen op een centrale locatie, kon geen rekening gehouden worden met mogelijk hogere lokale houtrookconcentraties, bijvoorbeeld ten gevolge van het stoken door directe buren.

Aanleiding en opdracht

Houtrook kan overlast opleveren voor de omgeving. Van overlast is sprake als mensen hinder of geurhinder ondervinden of gezondheidsklachten ervaren. Houtrook is een mengsel van verschillende stoffen, waaronder fijn stof (PM), ultrafijn stof (UFP), koolmonoxide (CO), vluchtige organische stoffen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en roet die bij blootstelling tot geurhinder en schade aan de gezondheid kunnen leiden. Gezondheidseffecten hangen af van de samenstelling van houtrook, de mate waarin mensen met houtrook in aanraking komen en hun gevoeligheid voor de stoffen in houtrook.

De gezondheidseffecten zijn niet specifiek voor houtrook en worden ook gevonden bij bijvoorbeeld luchtverontreiniging door verkeer. Vanuit de wetenschappelijke literatuur is er te weinig bekend over geurhinder en gezondheidsklachten in relatie tot houtrook om aan te kunnen tonen dat deze direct worden veroorzaakt door blootstelling aan houtrook. Ook is de blootstelling veelal niet te herleiden naar de bron 'houtstook' en is er weinig bekend over de situatie in Nederland. Dit maakt het lastig om op te treden bij overlastsituaties.

Toenmalig staatssecretaris Van Veldhoven heeft in oktober 2020 toegezegd vervolgonderzoek in gang te zetten voor de ontwikkeling van een meetmethode voor gemeenten om op te treden tegen houtrookoverlast. Het Samenwerking Houtrookonderzoek in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), dat naar aanleiding van deze toezegging van start is gegaan, heeft zich gericht op het kunnen meten van blootstelling aan houtrook, onderzoeken wat geschikte meetinstrumenten kunnen zijn om blootstelling aan houtrook vast te stellen, en het in kaart brengen van gezondheidseffecten bij bewoners in relatie tot blootstelling aan houtrook. Dit onderzoek uitgevoerd in 2020-2021 kan handvatten bieden voor het ontwikkelen van een bruikbare meetmethode, maar levert geen kant en klare meetmethode. Het gezondheidsonderzoek is tussen 8 februari en 10 mei 2021 uitgevoerd op vier verschillende plaatsen in Nederland. De blootstellingsmetingen in Noord-Holland zijn twee maanden eerder begonnen. Rapportage vindt volgens afspraak met IenW plaats in de vorm van een samenvatting met bijlage.

Onderzoeksvragen

De vragen die centraal staan in het onderzoek zijn opgesteld om meer inzicht te krijgen in:

- de relatie tussen specifieke stoffen (componenten) en houtrook;
- de mogelijkheden om houtrook betrouwbaar en eenvoudig te meten;
- de relatie tussen blootstelling aan houtrook en gezondheidsklachten.

De hypothese is dat kortdurende blootstelling (uren tot dagen) aan houtrook nadelige effecten op de luchtwegen kan hebben en kan leiden tot stress. Te veel stress leidt (ook) tot lichamelijke en psychische klachten.

Methode

Algemeen

Op vier plaatsen in Nederland (IJburg (Amsterdam), Bergen, Zutphen en De Meern (Utrecht)) is er tussen 8 februari en 10 mei 2021 blootstellings- en gezondheidsonderzoek uitgevoerd[1]. De locaties zijn gekozen op basis van signalen afkomstig van burgers, GGD en gemeente van aanzienlijke houtrook belasting. In IJburg en Bergen is het blootstellingsonderzoek al half december 2020 gestart. Vanwege coronamaatregelen kon het gehele gezondheidsonderzoek pas later van start gaan. Dit gezondheidsonderzoek is gedaan in nauwe samenwerking met burgers[2] in de vorm van een panelstudie.

Meetlocaties en instrumenten

Op alle plaatsen is er een centraal meetpunt ingericht met hetzelfde basispakket aan meetinstrumenten voor blootstellingsonderzoek. Om praktische redenen zijn de locaties IJburg en Bergen gekozen om extra meetinstrumenten te plaatsen om de relatie tussen houtrook en diverse luchtverontreinigende stoffen in meer detail te onderzoeken. Naast hoogwaardige meetinstrumenten (referentie apparatuur) zijn er compactere middenklasse meetinstrumenten en sensoren ingezet voor het meten van dezelfde stoffen. Deze meetinstrumenten zijn met elkaar vergeleken om de mogelijkheden om houtrook betrouwbaar en eenvoudig te meten te onderzoeken. Een overzicht van de meetinstrumenten die aanwezig zijn geweest op de centrale meetlocaties wordt weergegeven in de bijlage.

De meest specifieke marker voor houtrook die gemeten is, is de stof levoglucosan, een chemische stof die wordt gevormd bij biomassaverbranding en een onderdeel is van fijn stof. Levoglucosan wordt gemeten in stof verzameld op filters gedurende 24 uur en vergt dure en arbeidsintensieve laboratorium analyses. Op deze wijze kunnen kortdurende pieken niet worden gemeten. Daarom zijn ook continu metende monitoren, en indien beschikbaar sensoren ingezet waarmee dit wel kan. Nadeel van deze continu metende monitoren is dat ze niet alleen deeltjes van houtrook meten maar ook van andere bronnen, zoals industrie of gemotoriseerd verkeer. In dit onderzoek zijn roet, fijn stof, ultrafijn stof en koolmonoxide gemeten als mogelijke kandidaten om eenvoudig en continu de aanwezigheid van houtrook te bepalen.

Met welke luchtverontreinigende stoffen houtrook gemeten kan worden is onderzocht door de dagwaarden van de meest specifieke marker voor houtrook (levoglucosan) te vergelijken met de dagwaarden van alle andere gemeten stoffen. Daarbij is onderzocht of op dagen met hoge dagwaarden van houtrook (levoglucosan) ook hoge waarden van andere stoffen werd gemeten (en andersom: of er ook een hoge levoglucosan

[1] https://www.rivm.nl/houtrook/samenwerking-houtrookonderzoek
[2] https://citieshealth.eu/ en https://charred.sites.uu.nl/het-project/

waarde werd gevonden op dagen met bijvoorbeeld een hoge fijnstofwaarde). Daarnaast zijn vergelijkingen gemaakt van uurwaarden, waarbij op basis van eerder onderzoek aangenomen is dat de continu metende roetmonitor (afgekort roetmonitor; in technische termen AE33 aethalometer) houtrook goed weergeeft. Deze aanname is in dit onderzoek getoetst door de daggemiddelden levoglucosan met die van de roetmonitor te vergelijken. Ook is op basis van patronen in de tijd (tijdsreeksen) onderzocht welke stoffen en instrumenten houtrook goed meten.

Panelstudie

De panelstudie bestond uit dagelijkse metingen van de gezondheid (met name gericht op de luchtwegen) in volwassenen met astma/COPD en gezonde volwassenen gedurende een periode van drie maanden. Met de panelstudie kan inzicht verkregen worden in de relatie tussen blootstelling aan houtrook en gezondheidsklachten. In de panelstudie zijn de korte termijnveranderingen in de longfunctie, ademhalingssymptomen, het gebruik van extra luchtweg medicatie en stress (aanwezigheid van cortisol in speeksel) onderzocht in relatie tot kortdurende blootstelling aan houtrook. De aanwezigheid van ontstekingsmarkers in speeksel moet nog onderzocht worden.

De panelstudie is uitgevoerd op alle vier de plaatsen in het onderzoek. Deelnemers werden gevraagd om 3 maanden deel te nemen aan het onderzoek, tussen 8 februari en 10 mei 2021. De gemeten concentratie op de centrale meetlocatie gaf de blootstelling voor deelnemers uit die betreffende plaats aan. Er is onderzocht of veranderingen in de concentratie van voor houtrook kenmerkende stoffen samengingen met veranderingen in de gezondheid van de luchtwegen. De blootstelling aan houtrook is bepaald door middel van continue (uur of daggemiddelde) metingen op de centrale meetlocaties en subjectief via geur, bijgehouden door elke deelnemer in een dagboek. Deelnemers konden meedoen als ze binnen een straal van 2 kilometer rond de centrale meetlocatie woonden. Daarmee wordt de blootstelling op buurtniveau vastgesteld, wat betekent dat heel lokale belasting, door bijvoorbeeld het stoken door buren, met de metingen op de centrale locaties niet kan worden gekwantificeerd.

Alle deelnemers voerden thuis elke dag eenvoudige longfunctietests uit in de ochtend en avond. Daarnaast hielden ze een online dagboek bij met vragen over luchtwegklachten zoals hoesten, kortademigheid en extra medicijngebruik voor luchtwegklachten. Ook werd in het dagboek gevraagd naar waargenomen houtrook (geur). Wekelijks werden er door de deelnemers zelf ook drie speeksel monsters afgenomen (bij het opstaan, half uur na opstaan en in de avond) voor het bepalen van de stress indicator cortisol en ontstekingsindicatoren.

Het verband tussen de dagelijkse variatie van de gezondheid van de luchtwegen en houtrook werd onderzocht met daarvoor geschikte statistische technieken (lineaire en logistische regressie). Specifiek is onderzocht of er op dagen met meer houtrook meer luchtwegklachten en

meer medicijngebruik waren. Hierbij werd gecorrigeerd voor de mogelijk verstorende variabelen temperatuur, relatieve vochtigheid, pollen en tijdtrend en rekening gehouden met herhaalde waarnemingen bij de deelnemers.

Beantwoording onderzoeksvragen

1. *Is houtrook te meten en met welke stoffen kan houtrook gemeten worden?*

Bevindingen

De hoeveelheid houtrook in de lucht kan worden bepaald met behulp van levoglucosan. Houtrook kan behalve met arbeidsintensieve filtermetingen van de stof levoglucosan ook gemeten worden door roet te bepalen met een roetmonitor die continu meet. Deze roetmonitor kan bovendien pieken in houtrook kwantificeren maar is relatief duur en niet draagbaar. Houtrook kan daarentegen niet met alleen metingen van fijn stof, ultrafijn stof of koolmonoxide bepaald worden. Er is op zijn minst een correctie voor de achtergrondconcentratie van de desbetreffende stof nodig en het verband met houtrook is minder goed.

Aanvullend is uit het onderzoek gekomen dat houtrook te meten is op buurtniveau. Houtrookblootstelling is niet alleen een gevolg van het stookgedrag van de directe buren. Opvallend is dat het tijdsverloop van de houtrookconcentraties op de verschillende locaties in Nederland sterk met elkaar overeenkomt, wat impliceert dat andere condities zoals het weer van invloed zijn. De mate waarin houtrookblootstelling door lokale en regionale bronnen wordt veroorzaakt kan niet uit dit onderzoek worden afgeleid. Wel dat het stoken van hout in de directe omgeving bijdraagt aan de 'buurtblootstelling'.

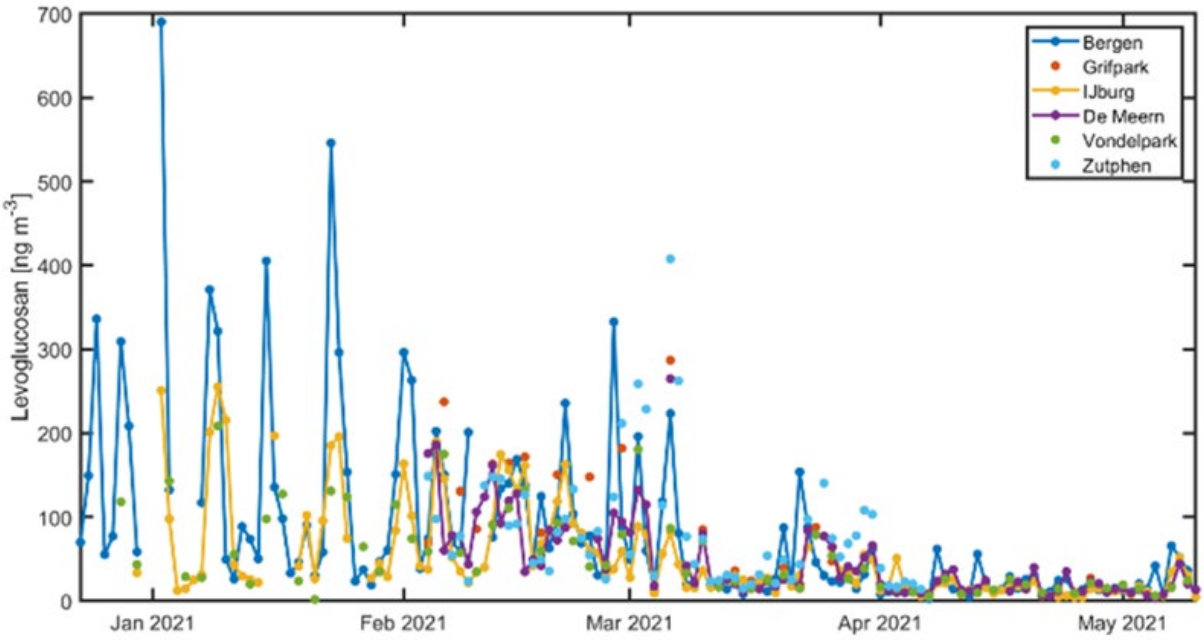
Meten houtrook

Uit eerder internationaal onderzoek[3] is bekend dat de aanwezigheid van levoglucosan een goede indicator is voor de aanwezigheid van houtrook. Uit het in deze samenvatting beschreven Samenwerking Houtrookonderzoek blijkt dat vooral in de wintermaanden december tot en met maart duidelijke pieken in levoglucosan zichtbaar zijn (figuur 1). Omdat geen van de meetpunten op zeer korte afstand van een stoker was gelegen, laten deze metingen zien dat houtrook ook op buurtniveau tot blootstelling kan leiden en niet alleen van de directe buren afkomstig is. Bij onderzoeksvraag 3 wordt de vraag beantwoord of deze 'buurtblootstelling' hoog genoeg is om te leiden tot gezondheidseffecten.

In het algemeen valt op dat het tijdsverloop van de houtrookconcentraties op de verschillende locaties in Nederland sterk met elkaar overeenkomen (figuur 1). Op alle centrale meetlocaties en ook op twee referentiepunten van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML: Griftpark, Vondelpark) die voor de vergelijking zijn meegenomen, worden op dezelfde dagen hoge waarden gemeten. Dit is te verklaren door vergelijkbare weersomstandigheden in het land, het feit dat het stookgedrag gemiddeld

[3] Onder andere: Jordan T, Seen A, Jacobsen G (2006). Levoglucosan as an atmospheric tracer for woodsmoke. Atmos. Environ. 40(27):5316–5321.

redelijk gelijk is en er is mogelijk sprake van (grootschalige) verspreiding van houtrook. Zo is het aannemelijk dat overal waar houtkachels staan, een groot deel wordt aangezet als het koud weer is. Als het waait, verspreidt de rook zich en dit heeft invloed op de niveaus elders. Als het niet waait (stabiel weer) blijft de rook in de buurt en wordt de lokale luchtkwaliteit slechter naarmate de kachels aanblijven. Wat er in een buurt gemeten wordt is daarom deels lokaal en deels regionaal, zoals altijd het geval is bij luchtverontreiniging. Het is op basis van levoglucosan metingen niet aan te geven welk deel lokaal is en welk deel regionaal. Dit maakt voor de blootstelling van mensen niet uit maar het kan wel het optreden bij overlast bemoeilijken. Om gemeten houtrook (levoglucosan) toe te kennen aan lokale stokers, moet dus ook op een achtergrond locatie worden gemeten.



Figuur 1: Trends in levoglucosan filtermetingen over de hele meetperiode voor de centrale meetlocaties en twee LML referentie meetstations (Griftpark en Vondelpark).

Indicator stoffen houtrookblootstelling

Voor de levoglucosan metingen is filtermateriaal gebruikt waarop 24 uur fijn stof verzameld is. Houtstook en de blootstelling aan houtrook vindt overigens niet continu, maar meer in pieken plaats en gaan over kortere periodes dan een dag. De dagwaarden van levoglucosan blijken zich zeer goed te verhouden (tabel 1; R^2 = 0,9) met roet gemeten met de roetmonitor. Het onderzoek bevestigt daarmee eerdere bevindingen, dat het goed mogelijk is om met een minder tijdrovende meting dan de filtermetingen en met een hogere (meer relevante) tijdsresolutie (uur of minder in plaats van dagwaarden), de aanwezigheid van houtrook te

bepalen. De piekwaarden in houtrook gemeten met deze roetmonitor treden alleen op bij zeer lage windsnelheden (<0.5 m/s) wat betekent dat deze pieken zijn toe te wijzen aan de directe omgeving van de meetlocatie. De roetmonitor heeft een aanschafwaarde van ongeveer €40.000 en is niet draagbaar.

Tabel 1: Levoglucosan vergeleken met andere componenten (24 uurgemiddelden).

Component	**IJburg**	**Bergen**	**De Meern**	**Zutphen**
Roet (roetmonitor- AE33)	0.90	0.92	-	-
Roet (MA200)	0.28	0.26	0.01	0.81
Fijn stof (PM2,5)	0.11	0.07	-	-
Fijn stof gecorrigeerd voor regionale achtergrond	0.16	0.62	-	-
Ultrafijn stof (UFP)	0.23	0.07 en 0.20[a]	0.27	0.14
Koolmonoxide (CO)	0.22	0.34	-	-

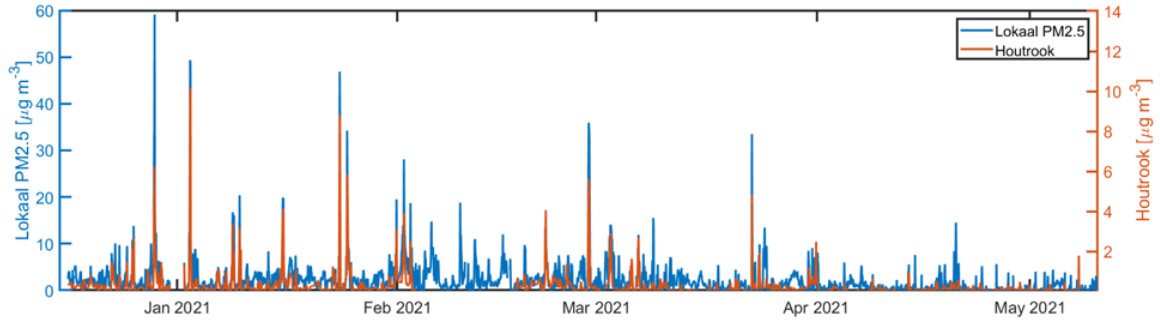
Verband wordt weergegeven in R^2.[4]
[a]0.20 is correlatie van UFP-meting met levoglucosan in Bergen gemeten met hoogwaardige UFP-meetapparatuur. AE33 is een hoogwaardige (referentie) monitor, MA200 is een middenklasse monitor. Fijn stof is gemeten met het hoogwaardige instrument Palas Fidas en UFP met de Discmini (meer informatie over meetinstrumenten in de bijlage).

Omdat de metingen met de roetmonitor goed overeenkwamen met de aanwezigheid van houtrook (levoglucosan), en omdat dit instrument op een hogere tijdsresolutie data genereert (net als de andere meetinstrumenten die in het onderzoek zijn meegenomen), is het uurgemiddelde roetsignaal vergeleken met de uurgemiddelden van de andere stoffen/instrumenten om de relatie met houtrook te onderzoeken. Deze verbanden worden weergegeven in de bijlage. Alleen in Bergen komt fijn stof na correctie voor de achtergrond goed overeen met het signaal van de roetmonitor (R^2 = 0,73 uurgemiddelden). Uit het tijdsverloop van de verschillende stoffen blijkt dat er ook piekwaarden in fijn stof, ultrafijn stof en koolmonoxide te zien zijn op momenten dat er géén sprake is van houtrook. Dit kan komen doordat deze stoffen ook door andere bronnen (dichtbij en verder weg) uitgestoten worden. Op basis van metingen van deze stoffen op zichzelf staand is niet precies vast te stellen welk deel afkomstig is van houtstook en welk deel van andere bronnen. Het meten van deze stoffen alleen geeft dan ook niet direct uitsluitsel over de aanwezigheid van houtrook.

Voor de centrale locatie in Bergen was het mogelijk het verschil in gemeten fijnstofconcentraties tussen Bergen en het regionale achtergrondstation de Rijp (de Rijp, Noord-Holland) te berekenen. Uit

[4] Als indicatie voor hoe goed het vergelijk is wordt hier gebruik gemaakt van R^2. Deze ligt tussen 0 (geen correlatie) en 1 (perfecte correlatie). R^2 is in dit onderzoek gebruikt om de overeenkomst van stoffen en metingen van de verschillende instrumenten met de houtrook indicator levoglucosan te vergelijken. Een R^2 boven de 0,5 wordt hier als goed beschouwd, boven de 0,8 als zeer goed.

deze correctie blijkt dat het concentratieverschil tussen deze twee locaties altijd positief is wat aangeeft dat in Bergen de fijnstofconcentraties verhoogd zijn ten opzichte van de achtergrond. De gecorrigeerde fijnstofconcentratie pieken (figuur 2; blauwe lijn) blijken vaak samen te vallen met een sterke verhoging in houtrook (roet gemeten met de roetmonitor; oranje lijn). Hieruit blijkt dat het meten van fijn stof met aanvullende informatie over de achtergrondconcentraties geschikt kan zijn voor het eenduidig vaststellen van houtrook. Voor IJburg gold dit niet, mogelijk vanwege meer andere lokale bronnen van fijn stof vergeleken met Bergen.



Figuur 2. Tijdserie van de uurgemiddelde lokale fijnstofconcentraties (PM2,5 minus achtergrond (blauw)) en houtrook (gemeten met de roetmonitor (oranje)) voor de gehele meetperiode in Bergen.

2. *Kan houtrook ook met relatief eenvoudige middenklasse instrumenten of sensoren gemeten worden?*

Bevindingen

Roet gemeten met het middenklasse meetinstrument geeft een redelijke benadering van het roetsignaal gemeten met de roetmonitor. Dit middenklasse meetinstrument lijkt daarom geschikt te zijn voor het meten van blootstelling aan houtrook. Ook de roetsensor is kansrijk voor het meten van houtrook.

Vergelijk instrumenten meten houtrook

De meest gebruikte methode voor het vaststellen van de aanwezigheid van houtrook is op basis van de indicator levoglucosan. Dit is onderdeel van fijn stof en wordt bepaald door (dure) chemische analyses achteraf. Als praktisch bruikbare meetmethode voor gemeenten is dit niet geschikt. Voor het meten van houtrook is daarom de inzet van andere meetinstrumenten bestudeerd. Omdat uit het onderzoek is gebleken dat houtrook alleen voldoende met roet bepaald kan worden, zijn enkel de instrumenten die roet kunnen meten met elkaar vergeleken. Op basis van de meetprestatie heeft de roetmonitor de voorkeur. Deze meet accuraat de aanwezigheid van houtrook en kan dit voor korte periodes

(uurgemiddelden) doen. Het instrument is echter niet makkelijk te verplaatsen (niet draagbaar) en evenmin goedkoop.

Het middenklasse roetinstrument (MA200) en de bij TNO in ontwikkeling zijnde roetsensor zijn goedkopere en kleinere instrumenten en daardoor makkelijker te verplaatsen. Beide instrumenten zijn dan ook in de praktijk beter inzetbaar. Dit geldt zeker voor het middenklasse roetinstrument omdat deze draagbaar is. Beide instrumenten zijn ingezet in het onderzoek en meegenomen in het vergelijk om houtrook te kunnen meten. Het middenklasse instrument was niet de gehele meetperiode beschikbaar, in Bergen pas vanaf half maart 2021, waardoor er alleen data is voor een periode met lagere bijdragen van houtstook dan de periode daarvoor. De roetsensor heeft alleen op de centrale locatie in Bergen gestaan.

De roetmeting van het middenklasse instrument komt matig overeen met de houtrookindicator levoglucosan (tabel 1), mogelijk vanwege de korte meetperiode en lage houtrookconcentraties. Daarentegen is het vergelijk goed als het middenklasse instrument vergeleken wordt met het signaal van de roetmonitor waarmee ook houtrook gemeten kan worden maar dan op uurgemiddelde basis in plaats van dagwaarden (tabel 2). Opvallend is wel dat de correlatie van roet, gemeten met het middenklasse instrument, met houtrook in IJburg een stuk lager is dan in Bergen. De reden kan zijn dat op IJburg de houtstookbijdrage lager is dan in Bergen (zie figuur 1). In Bergen komt de roetsensor zeer goed overeen met het signaal van de roetmonitor. Meer vergelijkingen zijn nodig om te bepalen hoe goed het middenklasse instrument en de roetsensor houtrook kunnen karakteriseren.

Tabel 2: Roet gemeten met de roetmonitor vergeleken met roet gemeten met een middenklasse instrument en een roetsensor (uurgemiddelden).

Component	**Meetinstrument**	**IJburg**	**Bergen**
Roet	MA200	0.46	0.79
Roet	Roetsensor TNO	NA	0.84

Verband wordt weergegeven in R^2.

Beide instrumenten (MA200 en roetsensor) zijn veelbelovende opties om houtrook te kunnen meten. Om dit met meer zekerheid te kunnen zeggen zouden alle instrumenten die roet kunnen meten voor een langere periode bij hogere houtrookconcentraties en verschillende weerscondities getest moeten worden. Hierbij kan ook gekeken worden in hoeverre andere roetbronnen (bijvoorbeeld verkeer) door deze instrumenten beïnvloed worden.

3. *Is er een relatie tussen blootstelling aan houtrook en nadelige effecten op de gezondheid?*

Bevindingen

Op dagen dat er meer houtrook aanwezig was op buurtniveau zijn mensen meer kortademig in rust en is het medicijngebruik voor luchtwegklachten

hoger. Ook zijn er (zwakke) aanwijzingen dat houtrookblootstelling leidt tot neusklachten. Er is geen consistent verband met longfunctie en de stressmarker cortisol. De bevindingen van het onderzoek laten zien dat houtrookblootstelling op buurtniveau ook in Nederland tot effecten op de gezondheid kan leiden.

Kenmerken van het panel

In totaal namen 46 mensen deel aan het onderzoek. De demografische kenmerken van de deelnemers zijn samengevat in tabel 3. De gemiddelde leeftijd van de deelnemers was 61 jaar. Het panel bestond uit 21 mannen en 25 vrouwen, waarvan 11 personen astma en/of COPD hadden en 28 deelnemers ex-rokers waren. Omdat in een panelstudie deelnemers hun eigen controle zijn, is het niet nodig dat een panel een representatieve steekproef van de bevolking is. Bijna de helft van de deelnemers was afkomstig uit Zutphen. Ondanks grote inspanningen lukte het niet om de beoogde 100 deelnemers te vinden. De corona-perikelen zullen daar een rol in hebben gespeeld. Een panelstudie zoals deze van bijna 50 personen is een omvangrijke studie, omdat bij elke persoon 3 maanden lang dagelijkse waarnemingen worden gedaan, hetgeen resulteert in een grote hoeveelheid gezondheidsdata waarmee het verband met blootstelling aan houtrook onderzocht kan worden.

Tabel 3: Demographische kenmerken van de deelnemers aan het gezondheidsonderzoek.

Karakteristiek	
N	46
Leeftijd, jaar (gemiddelde (SD))	60,9 (9,6)
Vrouw (%)	25 (54,3)
Man (%)	21 (45,7)
Ex-roker (%)	28 (60,9)
Studielocaties	
Bergen (%)	8 (17,4)
De Meern (%)	7 (15,2)
Ijburg (%)	10 (21,7)
Zutphen (%)	21 (45,7)
COPD/astma	11
Astma (%)	8 (72,7)
COPD (%)	2 (18,2)
Beiden (%)	1 (9,1)
Gezond	35

SD = standaarddeviatie (maat voor spreiding).

Longfunctie
Alle deelnemers voerden elke dag in de ochtend en avond longfunctietests uit, waarbij FEV1 en PEF werd gemeten. FEV1 staat voor *forced expiratory*

volume in 1 second en betreft het uitgeblazen volume tijdens de eerste seconde van de test, en PEF - ofwel *peak expiratory flow* - betreft de maximale luchtstroomsnelheid tijdens de test. Alle verbanden tussen blootstellingen met houtrook gerelateerde luchtverontreinigende stoffen gemeten op de centrale locaties en dagelijkse FEV1- en PEF-metingen worden beschreven in de bijlage. In deze studie werd het verschil tussen een dag met relatief lage concentratie en een relatief hoge concentratie van een voor houtrook kenmerkende stof [5] gebruikt om de grootte van het effect van houtrook op longfunctie uit te drukken.

Uit de analyse blijkt dat er geen duidelijke aanwijzingen zijn voor een verband tussen blootstelling aan houtrook en gemeten longfunctie. De gevonden verbanden waren niet consistent tussen de twee longfunctiematen (FEV1 en PEF) en de ochtend en avond metingen.

Symptomen van de luchtwegen

Tabel 4 geeft de verbanden tussen blootstellingen aan houtrook (levoglucosan en waargenomen geur) en de dagelijkse thuis gerapporteerde symptomen kortademigheid tijdens rust en extra medicijngebruik voor luchtwegklachten. De verbanden tussen andere blootstellingsindicatoren en symptomen zijn opgenomen in de bijlage. Een verband tussen de blootstellingsindicator en een symptoom wordt uitgedrukt in het risico op een klacht bij blootstelling als een dag met een relatief hoge concentratie vergeleken wordt met een dag met een relatief lage concentratie. Er zijn aanwijzingen voor een verband als het risico groter is dan 1. En er is sprake van een duidelijk verband als het laagste risico een waarde heeft groter dan 1.

Tabel 4: Verbanden tussen blootstelling aan houtrook (indicator levoglucosan en geur) en de symptomen kortademigheid tijdens rust en extra medicijngebruik voor luchtwegklachten.

	Kortademigheid tijdens rust					**Extra medicijngebruik luchtwegklachten**			
Blootstellingsindicator	**aantal observaties**	**risico**	**laagste risico**	**hoogste risico**		**aantal observaties**	**risico**	**laagste risico**	**hoogste risico**
Levoglucosan_lag0	2797	1.12	0.97	1.30		2723	1.19	1.07	1.33
Levoglucosan_lag1	2801	1.15	1.01	1.32		2728	1.02	0.78	1.35
Levoglucosan_mean_2d	2637	1.20	1.04	1.39		2565	1.21	1.03	1.43
Levoglucosan_mean_5d	2651	1.15	0.65	2.03		2579	1.58	1.00	2.51
Geur_houtrook_lag0	3055	1.22	0.44	3.38		2982	1.43	0.55	3.73
Geur_houtrook_lag1	2680	0.96	0.55	1.70		2612	1.09	0.53	2.24

Aantal observaties = aantal waarnemingen aanwezig voor blootstelling en symptomen; verbanden worden aagegeven in risico = risico op een klacht van een dag met hoge houtrookblootstelling vergeleken met een dag met lage houtrookblootstelling; laagste risico en hoogste risico geven de onzekerheid weer in de schatting van het risico. Tijd wanneer blootstelling heeft plaatsgevonden: lag0 = huidige dag, lag1 = vorige dag, mean_2d = gemiddelde van dezelfde dag en vorige dag, mean_5d= gemiddelde van dezelfde dag en de vorige vier dagen.

[5] Relatief laag is hierbij de laagste 25% van de gemeten concentratie; relatief hoog is de hoogste 25%.

Er is een duidelijk verband tussen blootstelling aan houtrook en meer kortademigheid in rust en meer medicijngebruik voor luchtwegklachten. Wanneer bijvoorbeeld gekeken wordt naar de houtrookmarker levoglucosan gemeten op dezelfde dag als het gerapporteerde medicijngebruik (tabel 4 levoglucosan_lag0), dan blijkt dat op dagen met relatief veel levoglucosan er 19% meer medicatie voor luchtwegklachten werd gebruikt (risico is 1.19). Dit risico is berekend voor het verschil in medicijngebruik tussen dagen met matig hoge en matig lage levoglucosan concentraties (de 75% hoogste versus 25% laagste dag). Het risico is ruim drie keer hoger wanneer dagen met sterk verhoogde levoglucosan waardes (pieken) vergeleken worden met dagen met zeer lage waardes (95% hoogste versus 5% laagste dag). Er waren zwakkere aanwijzingen voor een relatie tussen houtrookblootstelling en neusklachten.

Om te onderzoeken of de verbanden met houtrook mogelijk door deeltjes van andere bronnen zijn veroorzaakt is gekeken naar de invloed van generiek fijn stof (PM2,5). Het is immers mogelijk dat door weersinvloeden op dezelfde dag er meer houtrook is én meer deeltjes van andere bronnen. Voor kortademigheid en medicijngebruik zijn de verbanden met fijn stof minder duidelijk dan voor levoglucosan. Daarnaast is generiek fijn stof ook als extra variabele in het statistisch model opgenomen; ook hier bleven de verbanden met de houtrook marker levoglucosan bestaan. Deze berekeningen versterken de conclusie dat verhoogde houtrookblootstelling samenhangt met luchtwegklachten.

Stress

Er zijn geen aanwijzingen dat blootstelling aan houtrook leidt tot veranderingen in cortisol, een marker voor stress, in speeksel. Effectschattingen waren zowel positief als negatief en qua omvang klein ten opzichte van het gemiddelde van alle deelnemers.

Aanbevelingen voor onderzoek

Houtrook is een complex mengsel van gassen, dampen en vaste stoffen waarvoor niet één instrument bestaat die dit alles in één keer kan meten. Dat maakt het tevens ook lastig om te bepalen wat in dat mengsel nu een nadelig effect op gezondheid kan hebben. Het Samenwerking Houtrookonderzoek heeft een aantal vragen met betrekking tot het meten van houtrook en gezondheidseffecten bij blootstelling aan houtrook onderzocht. De bevindingen van dit onderzoek bieden handvatten voor optreden bij overlast. Zo kan door de hoeveelheid roet in de lucht te bepalen de blootstelling aan houtrook in kaart gebracht worden en eenvoudige en compacte instrumenten lijken veelbelovend om in de praktijk te gebruiken. Er is aangetoond dat blootstelling aan houtrook ook in Nederland kan leiden tot nadelige effecten op de gezondheid, maar ernst en omvang zijn hiermee nog niet duidelijk. Net als voor alle soorten luchtverontreiniging geldt dat emissiebeperkende maatregelen die leiden tot een verlaging van de blootstelling zeer waarschijnlijk leiden tot minder gezondheidsklachten. In dit onderzoek is niet vastgesteld welke stoffen in houtrook bijdragen aan de gezondheidseffecten. Een aantal vragen blijft over waar nader onderzoek nuttig is mede om het beleid te kunnen ondersteunen. Deze zijn in willekeurige volgorde opgenomen in een aantal aanbevelingen.

- Het gebruik van een meetinstrument waarmee houtrook bepaald kan worden kan gemeenten ondersteunen om op te kunnen treden bij overlast. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek lijkt het gebruik van roetmonitoren die de bijdrage van houtrook kunnen bepalen het meest geschikt in de zin dat deze de aanwezigheid van houtrook eenduidig kan vaststellen. De hoogwaardige roetmonitor presteert hierin het beste. Goedkopere en praktischere alternatieven lijken een middenklasse instrument en een bij TNO nog in ontwikkeling zijnde roetsensor te zijn. Deze hebben echter in dit onderzoek minder lang of op minder locaties gemeten dan de andere instrumenten. De aanbeveling is om aanvullende vergelijkingsmetingen te laten verrichten op verscheidene locaties om zekerheid te verkrijgen over de bruikbaarheid van eenvoudige, draagbare instrumenten om te bepalen wat de hoeveelheid houtrook op een locatie is. Mocht verder onderzoek dit bevestigen dan zijn deze instrumenten een goed alternatief voor het meten van houtrook in de praktijk.

- De inzet van (hoogwaardige) instrumenten voor het meten van fijn stof, ultrafijn stof en koolmonoxide lijkt minder geschikt om de blootstelling aan houtrook te kwantificeren, zoals blijkt uit de mindere correlatie met levoglucosan en/of roetmetingen. Een reden is de beïnvloeding door andere bronnen waardoor niet met zekerheid is vast te stellen welke bijdrage van houtstook afkomstig is. Het is overigens wel denkbaar dat in bepaalde situaties (zoals woonwijken met weinig verkeer in de avonduren) houtstook de voornaamste bron zal zijn (voor met name ultrafijn stof en CO). Daarom is nadere evaluatie van de CO meting wel aan te bevelen voor het ontwikkelen van een meetmethode.

- Tijdens metingen op een bepaalde plek is het van belang te bedenken dat het meetresultaat bepaald wordt door bronnen dichtbij maar ook verder weg. Het is niet eenvoudig deze twee bijdrages van elkaar te onderscheiden. Voor de blootstelling is dit onderscheid niet belangrijk, maar om te kunnen optreden op basis van gemeten waarden in de omgeving van een gehinderde is het van belang te weten welk deel van de houtrookconcentratie 'lokaal' is en veroorzaakt wordt door het stoken van hout in de directe omgeving van de gehinderde. Hiervoor is een bepaling van het achtergrondniveau nodig. Door een representatieve achtergrondmeting uit te voeren en hiervoor te corrigeren kan een 'lokale' meting wordt verkregen. De noodzaak en haalbaarheid van dergelijke correctie moet verder onderzocht worden.

- Ook wat betreft de gezondheidseffecten van houtrook zou nader onderzoek helpen in de onderbouwing bij welke concentraties er sprake is van ontoelaatbare overlast. Voor het verkrijgen van een 'juridische robuustheid' van een nog te ontwikkelen meetmethode dient er, los van welke stof er gemeten wordt, een blootstellingswaarde ('grenswaarde') te zijn op basis waarvan beoordeeld kan worden of er sprake is van (ontoelaatbare) overlast. Dergelijke waardes zijn er niet. Indien gezondheidseffecten van houtrook vergelijkbaar zijn met generiek fijn stof, is er vermoedelijk geen drempelwaarde. Een grenswaarde beschrijft dan wanneer overlast ontoelaatbaar is. Het is mogelijk om de gezondheidseffecten breder te karakteriseren om gevoel te krijgen voor overlastsituaties. Op basis van de daaruit voortkomende risico's kan bepaald worden wat 'aanvaardbaar' is. Het onderzoek heeft zich om praktische redenen beperkt tot een kleine groep van gezonde volwassenen en volwassenen met astma en/of COPD. Om goed te kunnen bepalen bij welk risico er sprake is van (onacceptabele) overlast zal het onderzoek bij een grotere populatie uitgevoerd kunnen worden. Verbreding van de onderzoekspopulatie (kinderen of andere gevoelige groepen) en lange termijn blootstelling zijn mogelijke opties. Belangrijk aandachtspunt daarbij is het karakteriseren van de gemiddelde blootstelling. Daarnaast kan toxicologisch onderzoek inzicht verschaffen in wat nu in het complexe mengsel van houtrook de gezondheidseffecten (kunnen) veroorzaken.