

rivm

Rapport 609300005/2008

M. Mooij

Chronische blootstelling aan koolmonoxide

Is er sprake van een probleem in Nederland?

RIVM Rapport 609300005/2008

Chronische blootstelling aan koolmonoxide

Is er sprake van een probleem in Nederland?

M. Mooij

Contact:

M. Mooij

Centrum Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadviesing (IMG) en

Centrum Gezondheid en Milieu (cGM)

martje.mooij@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-Inspectie van het ministerie van VROM, in het kader van V/609300/07/CO Koolmonoxide

© RIVM 2008

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Chronische blootstelling aan koolmonoxide: is er sprake van een probleem in Nederland?

Slecht onderhouden en open verbrandingstoestellen in woningen leiden tot risico's voor blootstelling aan koolmonoxide. Echter, met de huidige kennis en inzichten is geen landsdekkend en representatief beeld ontstaan over het optreden van chronische, herhaaldelijke, blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten.

Dit concludeert het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in een verkennend onderzoek naar het optreden van chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten. De VROM-Inspectie is opdrachtgever van dit onderzoek.

Blootstelling aan koolmonoxide kan verschillende gezondheidsklachten tot gevolg hebben, zoals hoofdpijn, duizelingen en concentratiestoornissen. Bij een ernstige vergiftiging kan het zelfs dodelijk zijn. Uit de ongevallenstatistiek blijkt dat er jaarlijks enkele tientallen tot honderden ongevallen plaatsvinden en er ongeveer 8-12 doden vallen als gevolg van blootstelling aan koolmonoxide. Kennis over koolmonoxide-intoxicaties blijft veelal beperkt tot acute blootstellingssituaties. Er is beperkte informatie over chronische blootstelling aan koolmonoxide.

Open verbrandingsinstallaties in Nederlandse woningen leiden tot risicosituaties. Het betreft meestal afvoerloze geisers, open haarden, gaskachels en gasfornuizen. Maar ook oude en niet goed onderhouden cv-ketels kunnen leiden tot blootstelling aan koolmonoxide. Onderhoud aan verbrandingsinstallaties in Nederland is sinds begin jaren '90 niet meer verplicht en er is weinig of geen toezicht op de veiligheid van deze installaties.

Het uitvoeren van onderzoek, inspecties en huisbezoeken zijn goede methoden om beter inzicht te krijgen in de landelijke situatie rondom blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten. Het vervangen van open verbrandingsinstallaties, het uitvoeren van periodieke keuringen voor onderhoud en meer toezicht op de veiligheid van installaties zijn mogelijke opties om risicosituaties te vermijden.

Trefwoorden:

koolmonoxide, gezondheid, acute en chronische blootstelling, verbrandingsinstallaties, afvoerloze geisers

Abstract

Chronic exposure to carbon monoxide: a possible problem in the Netherlands?

Fuel burning appliances in houses that are poorly maintained or have an open flue system carry a risk of exposure to carbon monoxide. However, currently available knowledge and insights have not been able to provide a representative view on the occurrence of chronic, repeated, exposure to carbon monoxide in Dutch buildings.

The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has concluded this in an exploratory study into the occurrence of chronic exposure to carbon monoxide in Dutch buildings. The VROM-Inspectorate was the commissioning body for this study.

Exposure to carbon monoxide can result in a number of symptoms, such as headache, dizziness and concentration disorders. Cases of severe poisoning can even be fatal. From the data available, it appears that the number of accidents each year is extremely variable, ranging from tens up to a few hundred. Approximately 8-12 people die each year as a direct result of carbon monoxide exposure. The information on carbon monoxide poisoning is largely based on cases of acute exposure. Only limited information is available on chronic carbon monoxide exposure.

Fuel burning appliances with open flues in Dutch houses can lead to risk situations. These appliances are mainly flueless gas-fired water heaters, fireplaces, gas heaters and gas cookers. But old central heating boilers that have not been properly maintained can also lead to carbon monoxide exposure. The maintenance of fuel burning appliances in the Netherlands has not been compulsory since the early nineteen-nineties and there is little or no monitoring of their safety.

Conducting research, inspection and home visits are good methods of gaining better insight into the national situation of exposure to carbon monoxide in Dutch buildings. Replacing fuel burning appliances with open flues, conducting periodic maintenance checks and increasing safety management, are all possible options for avoiding risk situations.

Key words:

carbon monoxide, health, acute and chronic exposure, fuel burning appliances, flueless gas-fired water heaters

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding en doel	7
1.2 Aanpak	7
1.3 Leeswijzer	8
2 Blootstelling aan koolmonoxide	9
2.1 Gezondheidseffecten	9
2.2 Normen voor blootstelling	12
2.3 Oorzaken van blootstelling	13
2.4 Literatuur onderzoek: verleden en heden	14
3 Taken en verantwoordelijkheden installaties	17
4 Het optreden van CO-vergiftigingen	19
4.1 Praktijkvoorbeelden van intoxicaties	19
4.2 Landelijke registraties	20
4.3 Regionale registraties	23
5 Beschouwing en conclusies	26
5.1 Beschouwing	26
5.2 Conclusies	26
6 Aanbevelingen	28
Literatuur	29

Samenvatting

Dit rapport is een inventarisatie van het optreden van chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten. Het doel van dit onderzoek is inzicht krijgen in de huidige situatie en daarna de vraag te beantwoorden of er sprake is van een landelijk probleem. Dit is onderzocht met wetenschappelijke literatuur, landelijke en regionale registratiegegevens en recente meetdata.

Koolmonoxide komt vrij bij onvolledige verbranding. Blootstelling aan koolmonoxide wordt veelal niet direct herkend omdat het een reukloos en kleurloos gas is. Open verbrandingsinstallaties (zoals afvoerloze geisers, open haarden, gaskachels, gasfornuizen) zorgen in woningen vaak voor risicovolle situaties. Maar ook oude of niet goed onderhouden cv-ketels kunnen leiden tot koolmonoxidevergiftigingen. In Nederland zijn momenteel 800.000 risicowoningen met ernstige gebreken aan gas- en elektravoorziening. Het betreft niet alleen gewone woningen, maar ook andere verblijfruimten zoals woonboten, -wagens en -arken. Blootstelling aan koolmonoxide kan verschillende gezondheidsklachten tot gevolg hebben. Bij een lichte vergiftiging kunnen klachten als hoofdpijn, duizelingen en concentratiestoornissen optreden. Bij een ernstige vergiftiging kan men misselijk worden en het bewustzijn verliezen, zelfs totdat de dood erop volgt.

Uit de ongevallenstatistiek blijkt dat er jaarlijks enkele tientallen tot honderden ongevallen plaatsvinden en er ongeveer 8-12 doden vallen als gevolg van koolmonoxideblootstelling. De verwachting is dat er sprake is van een onderregistratie en dat het aantal meldingen veelal berust op toevalstreffers. Ook is geen duidelijke trend aan te geven of het aantal meldingen toe- of afneemt.

Kennis over koolmonoxide-intoxicaties blijft veelal beperkt tot acute blootstellingsituaties; er is beperkte informatie over chronische blootstelling aan koolmonoxide. Verder blijven de gegevens vooral beperkt tot woningen en ontbreken onderzoekscijfers over andere soorten verblijfruimten. Wel is bekend dat risico's op koolmonoxidevergiftigingen vergroot worden wanneer het verbrandingstoestel in een kleine en slecht geventileerde ruimte staat.

In Schiedam en Dordrecht lopen in 2007 – 2008 projecten waarbij adviseurs huisbezoeken afleggen bij huishoudens met een bruto jaarinkomen < €4.000 voor energiebesparingsmethoden. Ze meten tevens concentraties koolmonoxide op leefniveau. De resultaten geven aan dat bij ongeveer een kwart van deze woningen koolmonoxide gemeten is. De oorzaak is meestal een open verbrandingstoestel.

Vanwege de privatisering van de energiesector is het toezicht op de veiligheid van gasinstallaties sinds de jaren '90 afgenomen. In Nederland is een periodieke keuring van de installatie niet meer verplicht en de eigenaren weten vaak niet dat ze zelf verantwoordelijk zijn voor het regelen van onderhoud van de installatie. Gemeenten hebben vanuit het Bouwbesluit en de Woningwet de verantwoordelijkheid voor het toezicht op de veiligheid van gasinstallaties. Uit de praktijk blijkt dat de meeste gemeenten hierin geen actief beleid voeren.

Met de huidige kennis en inzichten is geen landsdekkend en representatief beeld ontstaan over het optreden van chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten. Om dit te kunnen beoordelen is meer inzicht nodig. Het uitvoeren van onderzoek, inspecties en huisbezoeken zijn goede methoden om het inzicht in blootstellingsituaties te vergroten.

Wel kan geconcludeerd worden dat slecht onderhouden en open verbrandingstoestellen in woningen leiden tot risicosituaties. Het vervangen van open verbrandingsinstallaties, het uitvoeren van periodieke keuringen voor onderhoud en meer toezicht op de veiligheid van installaties zijn opties voor bronaanpak om risico's te elimineren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De VROM-Inspectie (VI) wil graag inzicht in het voorkomen (optreden) van chronische blootstelling aan koolmonoxide (CO) in Nederlandse woningen. De VROM-Inspectie heeft aan het RIVM gevraagd een inventarisatie hiernaar uit te voeren. Het doel van dit onderzoek is beter inzicht te krijgen in de huidige situatie betreffende chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederland. De beschrijving van de huidige situatie moet leiden tot inzicht in de mate van de problematiek: is er sprake van een landelijk probleem?

1.2 Aanpak

Dit rapport is een verkennend onderzoek met als doel helder te krijgen wat de huidige omvang en de effecten zijn van chronische koolmonoxideblootstelling in Nederlandse verblijfruimten. Onder chronische blootstelling wordt verstaan blootstelling aan lage concentraties voor een langere periode. Voor dit onderzoek is een literatuursearch uitgevoerd. Hiervoor zijn de programma's Pubmed en Medline gebruikt. De zoekcriteria richtten zich op zowel acute als chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten, oorzaken en effecten van koolmonoxide-intoxicaties. Uit de literatuursearch bleek weinig literatuur voorhanden te zijn over recente meetgegevens. De literatuur richt zich vooral op gewone woningen en niet zozeer op andere soorten verblijfruimten, zoals caravans en (woon)boten. Voor informatie over gezondheidseffecten is ook gebruikgemaakt van internationale literatuur.

Voor de huidige statistische gegevens over het aantal gemelde koolmonoxide-intoxicaties is gebruikgemaakt van de registratiesystemen van het Nationaal Vergiftigingen en Informatie Centrum (NVIC) van het RIVM, de stichting Consument en Veiligheid, en het milieugerelateerde gezondheidsregistratiesysteem van de GGD'en.

Verder worden actuele meetdata gebruikt uit het programma Koolmonoxide Project. Dit onderzoek wordt uitgevoerd volgens het werkplan Medische Milieukunde 2007 (MMK) van het centrum Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM. Dit project wordt door het RIVM in samenwerking met de GGD Rotterdam-Rijnmond en de gemeente Schiedam en binnen het kader van de TELI-Regeling (VROM) en het project Wijzer Wonen in Schiedam uitgevoerd. Concentraties koolmonoxide in woningen worden gemeten door consultants energie en binnenmilieu, van de stichting Collusie. Totaal zullen in dit project 1500 woningen bezocht worden. De woningen zijn geselecteerd op basis van het bruto inkomen van huishoudens (< €14.000). De resultaten van het eerste deel van dit onderzoek (504 woningen) zijn eind november 2007 afgerond en geven een indicatie van het voorkomen van koolmonoxideconcentraties in woningen. De rest van de woningen zal in het stookseizoen van het voorjaar 2008 bezocht worden.

Eenzelfde onderzoek wordt momenteel ook uitgevoerd in Dordrecht (eind november 2007 zijn 63 woningen onderzocht) en in de gemeente Den Haag. De eindrapportage van de metingen in Schiedam, Dordrecht en Den Haag zal naar verwachting eind maart 2008 opgeleverd worden. De meetresultaten uit Schiedam en Dordrecht (peildatum eind november 2007) worden gebruikt om een indicatie te geven over het optreden van koolmonoxide in Nederlandse woningen.

1.3 Leeswijzer

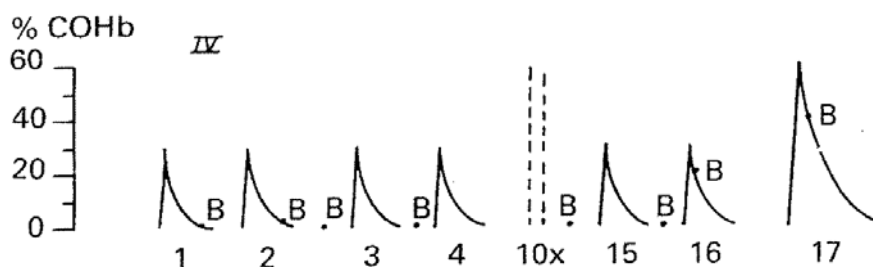
In hoofdstuk 2 wordt algemene informatie over koolmonoxide beschreven, zoals gezondheidseffecten, gezondheidskundige normen en advieswaarden en oorzaken van intoxicaties. Ook worden de resultaten van de literatuursearch en de verschillen in blootstelling aan koolmonoxide in het verleden en nu beschreven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de verantwoordelijkheden en taken betreffende de veiligheid en het onderhoud van verbrandingsinstallaties. Hoofdstuk 4 beschrijft twee praktijkvoorbeelden van koolmonoxidevergiftigingen. Verder wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de cijfers uit de landelijke en regionale registratiesystemen. Ook worden hier tussentijdse resultaten (eind 2007) van de CO-projecten in Schiedam en Dordrecht beschreven. In hoofdstuk 5 wordt een beschouwing van de resultaten gegeven en zijn de conclusies kort samengevat. In hoofdstuk 6 worden aanbevelingen gedaan om bronnen aan te pakken en blootstellingsituaties op te sporen.

2 Blootstelling aan koolmonoxide

2.1 Gezondheidseffecten

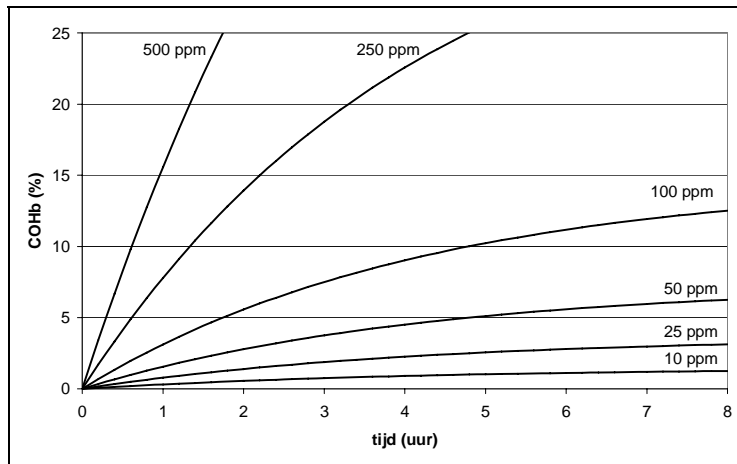
Koolmonoxide (CO) is een geurloos, kleurloos en niet-irriterend gas dat vooral ontstaat bij onvolledige verbranding van koolstofhoudende materialen zoals olie, kolen, gas en hout, en bij industriële processen. Blootstelling aan het reukloze gas kan tot verschillende gezondheidsklachten leiden. Bij een lichte vergiftiging kan een slaperig gevoel optreden, hoofdpijn, draaierigheid, moeite met zien en moeite met concentreren. Bij een ernstiger vergiftiging kan men misselijk worden, overgeven en bewusteloos raken. Mensen kunnen overlijden nadat ze zijn blootgesteld aan zeer hoge concentraties koolmonoxide (Peeters (red), 2007; websites: VROM en Consument en Veiligheid).

Een acute CO-intoxicatie ontstaat door een kortdurende blootstelling aan hoge concentraties koolmonoxide. Een chronische intoxicatie echter, ontstaat door herhaalde of langdurige blootstelling aan lagere concentraties, zie Figuur 2.1 (Borst, 1982; Hegger et al., 1991).



Figuur 2.1: Schematische voorstelling van een chronische koolmonoxidevergiftiging. Op de horizontale as staan het aantal CO-blootstellingen vermeld en op de verticale as het COHb-gehalte in het bloed. B = theoretische momenten waarop het COHb-gehalte in het bloed wordt bepaald.

Koolmonoxide komt via de longen het lichaam binnen en wordt vervolgens in het bloed opgenomen. Hier bindt het zich aan het eiwit hemoglobine, dat in de rode bloedlichaampjes zorgt voor het transport van zuurstof in het lichaam. Koolmonoxide bindt 200 keer sneller aan hemoglobine dan zuurstof en vormt dan carboxyhemoglobine (COHb). Deze vorm van hemoglobine kan geen zuurstof meer vervoeren. Daardoor ontstaat zuurstofgebrek in de vitale organen zoals hersenen en het centrale zenuwstelsel. De mate van blootstelling aan koolmonoxide kan onderzocht worden door het bepalen van het COHb gehalte in het bloed van de patiënt (Verhoeff et al., 1983). De COHb-waarde in het bloed onder normale omstandigheden is kleiner dan 2% bij niet-rokers en 5-6% bij rokers (Hegger et al., 1991). Een COHb-gehalte van 8-12% geeft een indicatie van een CO-vergiftiging weer. Hogere waarden zijn bewijzend, maar worden meestal alleen bij toeval vastgesteld. Het vaststellen van COHb-waarden in het bloed na blootstelling aan koolmonoxide gebeurt niet direct na de blootstelling, maar meestal pas veel later in de tijd bijvoorbeeld na opname in het ziekenhuis. Het klinisch vaststellen van de COHb-waarde in het bloed speelt geen urgente rol bij het opsporen van een chronische CO-vergiftiging. De halfwaardetijd van CO is ongeveer vier uur en het COHb-gehalte in het bloed daalt snel tot vele lagere waarde zodra de patiënt verwijderd is van de bron (Borst, 1982). Het verband tussen de CO-concentratie in de inademingslucht, de blootstellingsduur en het COHb-gehalte in het bloed is niet lineair. Figuur 2.2 geeft de samenhang hiervan weer (Peeters (red), 2007).



Figuur 2.2: Het verband tussen het COHb-gehalte in het bloed en de CO-concentratie in de inademingslucht en de blootsteldingsduur voor een persoon die lichte inspanning verricht. In rust en bij zware inspanning zal het COHb-gehalte respectievelijk langzamer en sneller stijgen.

Het vaststellen van een chronische CO-vergiftiging is niet eenvoudig. De patiënt is zichzelf vaak niet bewust van de blootstelling aan CO omdat het een reukloos gas is en de klachten die ermee samenhangen zijn vaak aspecifiek (hoofdpijn, duizelingen, misselijkheid, moeheid). De symptomen van een chronische CO-blootstelling komen in beginsel veelal overeen met de symptomen die optreden bij een acute CO-vergiftiging. Bij herhaaldelijke blootstelling worden de klachten steeds erger. Door chronische blootstelling aan koolmonoxide kan de patiënt in een duidelijke verwardheidstoestand geraken, deze gaat vaak gepaard met duizelingen en evenwichtsstoornissen. Op den duur kunnen zeer ernstige verschijnselen ontstaan, zoals karakterveranderingen en persoonlijkheidsveranderingen. Uiteindelijk ontstaat een progressieve geestelijke achteruitgang met apathie. Een normaal gesprek met de patiënt is niet meer mogelijk. Herhaald flauwvallen met een duidelijke bewustzijnsstoornis of kortdurend coma kan ook optreden bij ernstige chronische CO-vergiftigingen (Borst, 1982; Haaxma et al., 2007). Tabel 2.1 geeft een overzicht van de symptomen die kunnen optreden bij verschillende COHb-gehalten in het bloed.

Tabel 2.1: Effecten van blootstelling aan koolmonoxide

COHb-gehalte in het bloed (%)	Symptomen
<3	Geen symptomen bekend
3-10	Lichte verschijnselen als afwijkingen in het ECG, afname van reactie- en onderscheidingsvermogen
10-20	In sterkere mate afwijkingen in het ECG en afname van reactie- en onderscheidingsvermogen, drukkende gevoel op hoofd, kortademigheid bij zware inspanning
20-30	Kortademigheid bij matige inspanning, bonzend gevoel in het hoofd, verminderde oordeelsvermogen
30-40	Gezichtsstoornissen, prikkelbaarheid, duizeligheid, misselijkheid, zwaktegevoel, hartkloppingen
40-60	Verwardheid, braken, bewustzijnsverlies bij geringe inspanning
60-80	Coma, stuiptrekkingen, wijde pupillen
>80	Snel dodelijk

Bron: Peeters (red), 2007.

Sommige mensen zijn meer gevoelig voor CO-vergiftiging dan anderen. Zwangere vrouwen en de foetus zijn twee van de meest sensitieve groepen uit de bevolking. Het is mogelijk dat wanneer een zwangere vrouw een CO-vergiftiging oploopt, er bij de foetus misvormingen ontstaan. Ook pasgeborenen, ouderen, mensen met hart- en longziekten of mensen met bloedarmoede of andere bloedziekten zijn meer gevoelig voor CO-intoxicatie (Green et al., 1999; Foster et al., 1999).

Mensen die roken, op gas koken, nabij zeer drukke verkeerswegen wonen, onderhoudswerkzaamheden uitvoeren aan grote wegen, kunnen sneller koolmonoxidevergiftiging oplopen omdat hun basis blootstelling aan CO hoger is dan normaal (Green et al., 1999). Mensen met beroepen als chauffeur, garagewerkers en brandweerlieden kunnen een COHb-gehalte tot wel 5% hebben (WHO, 2000).

Vaak worden de symptomen echter niet herkend als een CO-intoxicatie en worden verkeerde diagnoses (voedselvergiftiging en griep) gesteld. Een verkeerde behandeling van de patiënt en het terugkeren naar de oorspronkelijke onaangepaste situatie kan gevaarlijk zijn. De behandeling van een intoxicatie is gericht op de dissociatie van het COHb-complex in het bloed, waarna CO via de longen het lichaam weer zal verlaten. Dit wordt bereikt door verdere inhalatie van CO te verhinderen (verwijderen van de bron), en wordt versneld door het toedienen van extra zuurstof (Hegger et al., 1991). Na een langdurige en zeer ernstige chronische vergiftiging verloopt, na het uitschakelen van de bron, het herstel vaak erg langzaam. De klachten kunnen nog vele maanden voortduren of recidiveren maar uiteindelijk toch geheel verdwijnen. Hoe jonger de patiënt is, hoe sneller het herstel zal optreden (Borst, 1982).

2.2 Normen voor blootstelling

Voor de bescherming van de gezondheid van de bevolking zijn normen opgesteld waaraan men maximaal mag worden blootgesteld zonder dat negatieve gezondheidseffecten zullen optreden. Deze concentraties zijn gekoppeld aan een bepaalde blootstellingsduur en -situatie. Door verschillende instanties zijn verschillende normen opgesteld, zie Tabel 2.2.

Zowel de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) als de Gezondheidsraad hebben advieswaarden vastgesteld voor koolmonoxide ter bescherming van de bevolking. Het RIVM hanteert dezelfde waarden als die van de WHO. Deze normen geven de maximale blootstelling aan koolmonoxide in de lucht weer voor de algemene bevolking. De advieswaarden van de WHO zijn zo gekozen dat de gegeven tijdgewogen blootstelling aan koolmonoxide niet leidt tot een COHb-gehalte van 2,5% of meer. Beneden een COHb-waarde van 3% worden namelijk geen nadelige gezondheidseffecten verwacht (zie Tabel 2.1).

Voor werkgerelateerde situaties geldt een publieke grenswaarde (voorheen de MAC-waarde). Deze wettelijke grenswaarde geeft de concentratie waaraan de mens tijdens werksituaties maximaal mag worden blootgesteld zonder dat gezondheidseffecten zullen optreden.

Door het ministerie van VROM zijn normen opgesteld die gelden tijdens calamiteiten. Dit zijn de alarmeringsgrenswaarde (AGW) en de levensbedreigende waarde (LBW).

Door GGD'en wordt daarnaast ook nog een waarde van 25 ppm gehanteerd als een concentratie waarbij direct ingrijpen noodzakelijk is. Een dergelijke concentratie bij het toestel is volgens installateurs een indicatie dat de verbrandingsinstallatie in de woning defect is en zal hoogstwaarschijnlijk leiden tot een levensbedreigende situatie.

Tabel 2.2: Normen en advieswaarden voor blootstelling aan koolmonoxide

	Blootstellingsduur	Tijdgewogen gemiddelde concentratie	
		mg m ⁻³	ppm
Advieswaarden WHO	15 minuten	100	90
	30 minuten	60	50
	1 uur	30	25
	8 uur	10	10
Advieswaarden Gezondheidsraad	1 uur	38,5	35
	8 uur	10	9
Publieke grenswaarde voor werksituaties	8 uur	29	25
	15 minuten	174	150
Alarmeringsgrens waarde (AGW) voor calamiteiten (VROM)	1 uur	115	100
Levensbedreigende waarde (LBW) voor calamiteiten (VROM)	1 uur	573	500

Bron: Peeters (red), 2007

2.3 Oorzaken van blootstelling

Slecht onderhouden, verkeerd geïnstalleerde of slecht werkende verbrandingstoestellen, zoals cv-ketels, (afvoerloze) geisers, open haarden en houtkachels, zijn vaak oorzaken van koolmonoxidevergiftiging. Er zijn verschillende factoren die concentraties van CO in een ruimte negatief beïnvloeden, namelijk:

- menselijk handelen, bijvoorbeeld verkeerde stookgewoonten;
- verouderingsverschijnselen, slijtage, vervuiling van installatie of apparatuur;
- problemen met de apparatuur, zoals onvoldoende aanvoer of afvoer van lucht;
- combinatie van bovengenoemde gevaren.

Niet alleen de grootte van de keuken (volume), maar ook de aanwezigheid van ventilatiemogelijkheden, het gebruik en het (dis)functioneren ervan spelen een hierbij een rol. Het risico van een koolmonoxidevergiftiging wordt aanzienlijk vergroot wanneer het verbrandingstoestel in een kleine, slecht geventileerde ruimte staat, bijvoorbeeld in een woonboot of caravan, in kleine doucheruimtes en in kleine keukens. Geen directe afvoer van het toestel naar buiten verhoogt eveneens het risico. Ook verkeerde stookgewoonten kunnen de concentraties koolmonoxide in het binnenmilieu beïnvloeden. Wanneer kachels en open haarden als allesbranders gebuikt worden kunnen verbrandingsgassen, waaronder CO, ook in huis terechtkomen (Green et al., 1999; Hegger et al., 1991; PRC Bouwcentrum, 2003; Website Consument en Veiligheid; Willers et al., 2006).

Normaliter zijn de concentraties CO in woningen zeer laag en liggen rond hetzelfde niveau als in de buitenlucht (<1ppm). In huizen waar niet gerookt wordt en geen andere bronnen van koolmonoxide aanwezig zijn, is de concentratie koolmonoxide gemiddeld 0,4 ppm (Willers et al., 2006).

Roken in huis verhoogt de CO-concentratie in de woning naar ongeveer 2 ppm. Indien een garage aan het huis gebouwd is kan dit ook de concentratie CO in de woning verhogen, net zoals het wonen nabij een drukke verkeersweg. Concentraties in de buitenlucht hebben namelijk ook invloed op de concentraties van stoffen in de binnenlucht (Green et al., 1999). Wanneer tijdens het gebruik van een verbrandingsinstallatie koolmonoxide vrijkomt en een slechte ventilatie in de woning aanwezig is, kan de CO-concentratie in het binnenmilieu behoorlijk oplopen, soms tot wel meer dan 100 ppm.

2.4 Literatuur onderzoek: verleden en heden

Uit de literatuur blijkt dat er weinig Nederlandse onderzoeken zijn uitgevoerd naar koolmonoxide in het binnenmilieu. Er zijn onderzoeken die de gezondheidseffecten van blootstelling aan koolmonoxide bestudeerd hebben (zie paragraaf 2.3), maar er zijn weinig studies naar koolmonoxidemetingen in Nederlandse verblijfruimten. In de jaren tachtig is een groot en belangrijk onderzoek uitgevoerd waarin metingen verricht zijn naar koolmonoxide in woningen in Arnhem en Enschede (Brunekreef et al., 1982). Ook is recent een onderzoek uitgevoerd naar onder andere CO-metingen in Nederlandse woningen (Willers et al., 2006). Er zijn geen specifieke meetonderzoeken uitgevoerd in andere soorten verblijfruimten, zoals caravans of (woon)boten. Ook zijn weinig internationale meetgegevens bruikbaar omdat de typisch Nederlandse verbrandingsinstallaties, geisers, zeldzaam zijn in de Verenigde Staten, Canada, Verenigd Koninkrijk en Denemarken, de landen waar de meeste onderzoeken naar CO uitgevoerd zijn.

In deze paragraaf gaan we dieper in op de resultaten van de onderzoeken uitgevoerd door Brunekreef et al. (1982) en Willers et al. (2006).

Onderzoek jaren '80

Brunekreef et al. (1982) onderzochten of blootstelling aan koolmonoxide in woningen in de tachtiger jaren voorkwam omdat men in de jaren '60 grootschalig was overgestapt op geisers en daardoor het gebruik van steenkolen kachels afgenomen was. Tijdens gebruik van de steenkolen kachels kwamen koolmonoxidevergiftigingen veelvuldig voor. Statistieken over koolmonoxidevergiftigingen tussen 1961 en 1975 laten een flinke daling zien. In de jaren tachtig heeft 70% van de Nederlandse woningen een geiser. Het onderzoek werd uitgevoerd in 254 Nederlandse woningen in Arnhem en Enschede. De CO-concentraties werden gemeten tijdens normale gebruikscondities van geisers op leefniveau.

Enschede werd gekozen omdat in deze stad indertijd een handhavingssysteem was waar ongeveer 80% van de geisers onderhoudsservices kregen. Arnhem werd gekozen omdat hier, gekeken naar het onderhoud van geisers, sprake was van een min of meer typisch Nederlandse situatie.

De resultaten geven aan dat er geen significant verschil is tussen Arnhem en Enschede; in Arnhem waren er meer diffuse branders en Enschede had een beter onderhoudssysteem. Er was wel een duidelijk verschil in koolmonoxideconcentratie op leefniveau bij geisers met een afvoer en geisers zonder afvoer. In 3% van de woningen van geisers met afvoer waren concentraties op leefniveau groter dan 25 ppm. Dit in tegenstelling tot woningen met geisers zonder afvoer, waar in 50% van de woningen concentraties boven de 25 ppm gemeten werden. Verder toonde dit onderzoek in 27% van de onderzochte woningen CO-concentraties aan in de rookgassen van de geisers, die hoger waren dan de toegestane 300 ppm die lokale gasbedrijven hanteerden. De resultaten van de gemeten concentraties op leefniveau in Arnhem/Enschede worden weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Resultaten onderzoek jaren '80

Concentratie koolmonoxide op leefniveau (ppm)	Percentage onderzochte woningen (%)
<10	63
11-50	20
51-100	10
>100	7

Bron: Brunekreef et al., 1982

Recent onderzoek

Het onderzoek van Brunekreef et al. uit de jaren '80 laat zien dat er in veel woningen koolmonoxide gemeten is tijdens normaal gebruik van de geisers. In 2006 is door Willers et al. een onderzoek uitgevoerd naar het binnennieuw in woningen. In dit onderzoek werden naast koolmonoxide ook CO₂, NO₂, de temperatuur en luchtvochtigheid gemeten gedurende een week in 74 keukens waar zowel kooktoestellen op gas als elektrische kooktoestellen aanwezig waren. De selectie van de woningen is verricht op basis van een andere bestaande studie naar het voorkomen van astma in woningen. Het doel van dit onderzoek was het valideren van een classificatiesysteem waarin huizen ingedeeld worden in kansen voor accumulatie van verbrandingsproducten door kooktoestellen (het zogenoemde Chance of Accumulation of Combustion Products (CACP) model). Naast de aanwezigheid van verbrandingsproducten zijn ook de ventilatiekarakteristieken van de keukens meegenomen. Hoewel de resultaten van dit onderzoek een groter doel hadden dan alleen het meten van koolmonoxideconcentraties in keukens, kunnen de resultaten wel gebruikt worden om inzicht te krijgen in de huidige CO-concentraties in Nederlandse woningen.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat tijdens koken op een gasinstallatie de CO-concentratie in de keuken hoger is dan tijdens koken op een elektrische installatie. Ook onder normale omstandigheden zijn de concentraties koolmonoxide hoger bij gasinstallaties dan bij elektrische installaties, zie Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Resultaten recent onderzoek (2006)

	Concentratie koolmonoxide bij gasinstallatie (ppm)	Concentratie koolmonoxide bij elektrische installatie (ppm)	Weekgemiddelde concentratie nieuwe woningen (ppm)
Onder normale omstandigheden	0,50	0,03	0,37 (met een maximum van 5,2)
Tijdens koken	0,67	0,01	0,49

Bron: Willers et al., 2006

Het onderzoek van Willers et al. vergelijkt de meetgegevens zoals weergegeven in Tabel 2.4 met een onderzoek uitgevoerd in de jaren '80 door Lebrecht (1985). Hier werden CO-concentraties in woningen gemeten met een gemiddelde weekconcentratie van 1,7 ppm en een maximum van 3,5 ppm in vooroorlogse plattelandswoningen. In vooroorlogse stadswoningen werd een gemiddelde weekconcentratie van 1,7 ppm met een maximum van 7,8 ppm gemeten. Deze resultaten zijn veel hoger dan de resultaten van Willers et al. waar een gemiddelde weekconcentratie CO van 0,37 ppm met een maximum van 5,2 ppm gemeten is.

In beide studies van Brunekreef et al. (1982) en Willers et al. (2006) zijn CO-concentraties in woningen gemeten, maar het is vanwege andere doelen en opzet van deze onderzoeken, niet mogelijk om deze studies een op een met elkaar te vergelijken. Wel krijgen we met deze studies een indicatie hoe de situatie vroeger was ten opzichte van nu. De CO-concentraties in woningen uit de jaren tachtig waren

hoger dan in 2006. De resultaten laten ook zien dat in woningen waar op gas gekookt wordt en in woningen waar de kans groot is dat verbrandingsproducten zich ophopen, hogere concentraties CO voorkomen dan in woningen waar een elektrisch kooktoestel gebruikt is en waar betere ventilatie aanwezig is. Verder is de huidige afvoer van verbrandingsproducten efficiënter dan in de jaren tachtig.

3 Taken en verantwoordelijkheden installaties

Tot begin jaren '90 controleerden de Nutsbedrijven de gas- en elektrainstallaties in woningen voordat gas of elektra geleverd werd. Daarna is de energiesector tot liberalisering overgegaan en verzorgen de netbeheerders niet meer de controletaak. Er is nu sprake van een situatie waarin de veiligheid van gasinstallaties en de werkzaamheden van installateurs niet of nauwelijks gecontroleerd worden.

Eigenaar woning

De eigenaar van een pand is zelf verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn gas- en elektra-installatie. Bij huurwoningen is vaak in het huurcontract geregeld wie verantwoordelijk is, bijvoorbeeld de huurder zelf, de woningcorporatie of een particuliere verhuurder.

Het is gewenst om de installaties regelmatig (1 keer per jaar) door een installateur te laten controleren. De eigenaar kan hiervoor een onderhoudsmonteur inschakelen. Naast het reinigen van het verbrandingstoestel heeft de onderhoudsmonteur ook de taak om aandacht te besteden aan de luchttoevoer en overige ventilatievoorzieningen van het toestel en de woning en vooral van de opstellingsruimte van het toestel. Daarnaast zal ook de werking en dichtheid van het afvoersysteem van de verbrandingsgassen gecontroleerd moeten worden. Het is echter uit de praktijk gebleken dat er vaak nauwelijks of geen tijd beschikbaar is om aan al deze andere aspecten tijd te besteden tijdens de onderhoudsbeurt. Het komt er regelmatig op neer dat een onderhoudsmonteur alleen het toestel reinigt (Van Orden, 2002). Vaak zijn eigenaren van een woning niet op de hoogte van het feit dat ze zelf een onderhoudsmonteur moeten regelen. Ook komt het voor dat mensen psychisch of lichamelijk niet in staat zijn het onderhoud zelf te regelen. Verder zijn onderhoudswerkzaamheden niet goedkoop en geen primaire levensbehoefte.

Ministerie van VROM

Het ministerie van VROM heeft de verantwoordelijkheid voor de gebouwde omgeving en waarborgt deze veiligheid door middel van het Bouwbesluit en door middel van de procedureregels in de Woningwet. Het is van belang om dit beleid in samenspraak met branche- en belangenorganisaties te ontwikkelen. De huidige praktijk toont dat de verantwoordelijkheid voor de controletaak bij de gemeente ligt (PRC Bouwcentrum, 2003).

Gemeenten

De verantwoordelijkheid voor de veiligheid van gasinstallaties in woningen ligt bij de eigenaren zelf. De gemeente is verantwoordelijk voor het toezicht op de veiligheid van gasinstallaties (het Bouwbesluit en de Woningwet). Het toezicht geldt niet voor de apparaten, maar voor de leidingen tot de aansluiting van de apparaten. Het toezicht geldt tevens voor de bouwkundige voorzieningen voor ventilatie en rookgasafvoer. Onder het toezicht op de veiligheid valt het controleren bij bouwvergunningverlening, tijdens de bouw en in bestaande bouw. Deze rol is dezelfde als voor de andere onderdelen van een gebouw. Gemeenten voeren dit niet systematisch uit en geven over het algemeen geen actieve invulling aan deze taken. Dit komt vanwege de voorgeschiedenis toen het toezicht door de Nutsbedrijven werd uitgevoerd. Tevens beschikken gemeenten vaak noch over de capaciteit noch over de expertise voor het uitvoeren van veiligheidscontroles. De Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG) is van mening dat gemeenten voor hun controletaak op grond van de Woningwet kunnen volstaan met een passieve controle. Dit is ook de huidige praktijk. Betreffende het gebruik van de installaties kan de gemeente gebruiksvoorschriften stellen conform artikel 8 van de Woningwet. De afdeling Bouw- en Woningtoezicht van de gemeente beschikt over

toezichtbevoegdheden en handhavingsinstrumenten in geval van onveilige situaties. Naast de taak op het toezicht volgens de Woningwet, heeft de gemeente in het kader van de Wet Collectieve Preventie Volksgezondheid (WCPV) ook een taak in het signaleren van ongewenste situaties ter bescherming van de gezondheid van haar burgers.

4 Het optreden van CO-vergiftigingen

4.1 Praktijkvoorbeelden van intoxicaties

Blootstelling aan koolmonoxide kan verschillende gezondheidsklachten tot gevolg hebben, zie hoofdstuk 2. Onderstaande voorbeelden geven aan hoe ernstig de situaties kunnen zijn. In Box 1 wordt een echtpaar chronisch blootgesteld aan koolmonoxide. De klachten beginnen licht en eindigen zeer ernstig. Het blootstellingspatroon, zoals weergegeven in Figuur 2.1, is in deze situatie herkenbaar. In Box 2 is de blootstelling aan koolmonoxide zelfs zo ernstig dat de dood erop volgt. Deze twee situaties laten zien dat blootstelling aan koolmonoxide niet alleen een probleem is dat bij oude of niet goed onderhouden gasinstallaties kan optreden. Ook nieuwe cv-installaties kunnen koolmonoxide-intoxicaties tot gevolg hebben.

Box 1: Meerdere malen door het oog van de naald

Een echtpaar (vrouw 45 en man 48 jaar) zijn recent verhuisd naar een nieuwe woning. Gedurende vier maanden vertonen ze klachten. Dan, gedurende een periode van flinke storm in december heeft het echtpaar hoofdpijn en een beklemmend gevoel op de borst. Ze denken dat stress op het werk de oorzaak is van hun klachten. Tijdens een volgende stormachtige nacht wordt het echtpaar zo beroerd dat de huisarts moet komen en de vrouw wordt naar het ziekenhuis gebracht. De arts die haar onderzoekt denkt aan voedselvergiftiging. Vervolgens krijgt de vrouw tijdens de jaarwisseling weer barstende hoofdpijn en is erg misselijk. Ze kan amper op haar benen staan. Zou het een migraineaanval zijn? In de volgende weken is er sprake van een golvende afwisseling van doodziek zijn, iets beter worden, weer zieker zijn en weer wat beter worden. Het echtpaar heeft het huis laten testen op aardstralen om te achterhalen of dit de klachten zou kunnen verklaren. Maar er wordt niets gevonden. Eind januari is het opnieuw slecht weer en het echtpaar voelt zich weer niet lekker. Begin maart vertoont de man, die net uit de douche komt, extreme klachten: rare opengesperde ogen, een dikke tong, schuim op zijn mond en hij maakt rare geluiden. De huisarts controleert het hart en de bloeddruk en weet niet wat zij moet doen. Een paar dagen later kunnen ze niet meer op hun benen staan, ze kruipen het bed uit en waarschuwen weer de huisarts die ditmaal een ambulance oproept. In het ziekenhuis vraagt een arts of ze een open haard of geiser hebben omdat het bloedonderzoek uitgewezen heeft dat er sprake is van koolmonoxidevergiftiging. De man heeft een COHb-gehalte van 30% en de vrouw 40%. Zelfs de huisarts heeft een COHb-gehalte van 15%. Na een aantal uren is het CO-gehalte in het bloed weer gedaald. Onderzoek thuis wees uit dat het echtpaar werd blootgesteld aan koolmonoxide doordat de rookgasafvoerkanalen van de verwarmingsketel foutief waren geïnstalleerd.

Bron: Drent, 1996

Box 2: Rijens echtpaar gestikt

Een 63-jarige man en een 62-jarige vrouw uit Rijen zijn in hun appartement om het leven gekomen door koolmonoxidevergiftiging. Het nieuwe complex van de 42 appartementen dat slechts een week bewoond was, is op last van de burgemeester ontruimd.

Na onderzoek van de technische recherche werd duidelijk dat de slachtoffers aan CO-vergiftiging overleden zijn.

Een montagefout in het gloednieuwe appartement was de oorzaak van de koolmonoxidevergiftiging. De afvoerpijp van de combiketel is niet volgens voorschriften gemonteerd, de rookgassen konden niet weg en liepen daardoor terug de woning in.

Na controle van alle 42 adressen in het complex bleken nog 4 afvoerpijpen van combiketels verkeerd gemonteerd.

Bron: Brabants Dagblad, 29 oktober 2007

4.2 Landelijke registraties

Koolmonoxide-intoxicaties worden in Nederland niet zeer frequent geregistreerd doordat ze mogelijk onvoldoende herkend worden. De eerste symptomen zijn variabel en specifiek en doen niet direct aan een CO-vergiftiging denken. Hierdoor is het mogelijk dat het totale aantal slachtoffers in Nederland veel hoger is dan geregistreerd wordt (Hegger et al., 1991; Haaxma et al., 2007). Ook is er geen nationale verplichting voor het melden van koolmonoxide-intoxicaties. Toch is er een aantal registratiesystemen. Het Nationale Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC) van het RIVM en de stichting Consument en Veiligheid houden landelijke registraties bij. Vanwege het feit dat een meldingsplicht ontbreekt, is het verkrijgen van een compleet landelijk beeld over het voorkomen van koolmonoxide-intoxicaties in Nederland moeilijk. In de registraties worden geen aparte indelingen gemaakt tussen acute of chronische blootstelling aan koolmonoxide.

NVIC

Verschillende partijen melden koolmonoxideongevallen bij het NVIC. Dit zijn over het algemeen huisartsen, ziekenhuizen, ambulancediensten, brandweer en politie. Vaak gaat het om vergiftigingen als gevolg van acute blootstelling aan hoge concentraties koolmonoxide. Koolmonoxidevergiftigingen worden meestal pas gemeld bij het NVIC indien medici onbekend zijn met de klachten of met de behandeling ervan. De gemelde klachten worden door de betrokkenen vaak niet herkend als passend bij een koolmonoxidevergiftiging. Men heeft het idee gewoon een griepje te hebben. In 2006 heeft het NVIC 61 meldingen van koolmonoxide-intoxicaties ontvangen. Tabel 4.1 geeft een overzicht van het aantal meldingen per jaar van 2002 tot 2006. In deze tabel is te lezen dat het aantal meldingen de afgelopen jaren is toegenomen.

Volgens het NVIC zijn een slecht werkende kachel of geiser in combinatie met slecht geventileerde ruimtes vaak de oorzaak. Goede controles en regelmatig onderhoud van kachels en geisers blijft volgens hen essentieel. Dit geldt niet alleen voor woningen, maar ook voor gemeenschappelijke doucheruimten van bijvoorbeeld sportclubs. Ook hier komen ieder jaar enkele koolmonoxidevergiftigingen voor (Van Velzen et al., 2007).

Tabel 4.1: Aantal meldingen koolmonoxidevergiftigingen 2002-2006

Jaar	Aantal gemelde CO-intoxicaties
2002	47
2003	47
2004	35
2005	59
2006	61

Bron: NVIC jaaroverzichten, 2002-2006

Stichting Consument en Veiligheid

De stichting Consument en Veiligheid houdt ook een jaarlijkse registratie bij van slachtoffers die behandeld zijn in ziekenhuizen als gevolg van blootstelling aan gas voor huishoudelijk gebruik. Tabel 4.2 geeft deze cijfers weer. Consument en Veiligheid maakt een onderscheid tussen spoedeisende hulp (SEH) behandelingen, ziekenhuisopnamen en dodelijke ongevallen. Per jaar zijn er enkele honderden personen die op de eerstehulpafdeling van een ziekenhuis worden behandeld. Er worden 170 ziekenhuisopnames geregistreerd en 12 personen overlijden als gevolg van blootstelling aan gas voor huishoudelijk gebruik (waaronder koolmonoxide). Blootstelling aan koolmonoxide wordt in deze registratie niet als een afzonderlijke oorzaak geselecteerd, maar valt onder de selectie 'gas voor huishoudelijk gebruik: koolmonoxide, stikstofoxiden, traangas, uitlaatgas van motorvoertuig en zwaveldioxide'. Ook in dit systeem is geen onderscheid gemaakt tussen ongevallen als gevolg van acute of chronische blootstelling aan koolmonoxide.

Tabel 4.2: Cijfers slachtoffers gas voor huishoudelijk gebruik, jaarlijkse gemiddelden over 2001-2005

Resultaat van vergiftigingen	Cijfers van vergiftigingen
Spoedeisendehulpbehandelingen	Enkele honderden personen worden behandeld: 45% wordt na behandeling opgenomen in ziekenhuis 89% privé ongeval 11% arbeidsongevallen 50% mannen en 50% vrouwen 50% leeftijd van 25-44 jaar 10% leeftijd van 0-5 jaar 42% locatie is woonhuis 58% locatie is onbekend
Ziekenhuisopnamen	170 ziekenhuisopnames als gevolg van privé-, arbeids- of sportongeval: 55% mannen en 45% vrouwen 48% leeftijd van 24-54 jaar 27% leeftijd jonger dan 15 jaar 72% locatie is woonhuis
Dodelijke ongevallen	12 personen overlijden

Bron: website Consument en Veiligheid.

GGD'en

Milieugerelateerde gezondheidsklachten worden bij regionale GGD'en op uniforme wijze geregistreerd. Recent zijn deze bestanden door Dusseldorp et al. (2007) geïnventariseerd en omgerekend naar landelijke cijfers. Uit deze inventarisatie blijkt dat over een periode van tweeënhalf jaar 64% van de gemelde klachten betrekking hebben op het binnenmilieu in woningen. De belangrijkste bronnen van de klachten zijn schimmels, vocht, ongedierte, ventilatie en asbest. Maar ook

verbrandingsgassen en verbrandingstoestellen worden regelmatig genoemd als oorzaken van gezondheidsklachten in het binnenmilieu, zie Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Landelijk overzicht meldingen verbrandingsgassen en -installaties bij GGD'en (2004-2006)

Oorzaak gezondheidsklachten	Aantal meldingen	Percentage ten opzichte van het totale aantal binnenmilieu meldingen ¹ (%)
Verbrandingsgassen (specifieke CO-meldingen)	68 (47)	2,1 (1,5)
Verbrandingstoestellen: houtkachels, kleine ovens, open haard, gevelkachels, allesbranders, gaskachels, afvoerloze geisers	61	1,9

Bron: Dusseldorp et al. (2007)

¹ Aantal binnenmilieumeldingen: n= 3235

Onderzoeken

Het ministerie van VROM heeft in 2003 een onderzoek laten uitvoeren naar de veiligheid van gas- en elektrainstallaties in woningen. Ze heeft het PRC Bouwcentrum opdracht gegeven om een risicoanalyse uit te voeren. Dit rapport concludeert het volgende (PRC Bouwcentrum, 2003):

- een landelijk dalende trend met betrekking tot koolmonoxide ongevallen;
- de installaties uit 1995 zijn niet onveiliger geworden ten opzichte van 1973/74;
- de installaties verkeren in het algemeen in goede staat;
- de installaties worden bij seriematige nieuwbouwwoningen nogal eens slordig aangelegd (goedkope materialen, geen goede verbindingen).

Gastec registreert gegevens over gasongevallen en volgens deze registratie vallen er jaarlijks in Nederland 1 à 8 doden als gevolg van ongelukken met gasinstallaties in de woning. De belangrijkste oorzaak is koolmonoxide. De meeste gasongevallen vinden plaats in etagewoningen in de oudere buurten. In grote steden en oude buurten komen namelijk nog veel verouderde (afvoerloze) geisers en vervuilde verbrandingstoestellen voor (PRC Bouwcentrum, 2003).

Met betrekking tot het bepalen van een landelijke trend rondom het voorkomen van koolmonoxidevergiftigingen zijn de gegevens van het NVIC tegenstrijdig met die van het PRC Bouwcentrum. Het NVIC registreert een stijgende en het PRC Bouwcentrum een dalende landelijke trend. Een dalende trend zou het gevolg kunnen zijn van het op de markt komen van steeds veiligere ketels, met de aanwezigheid van meer elektriciteitsgroepen in de meterkast en met de aardlekschakelaar. Bij renovaties van oude woningen of flatgebouwen zorgen woningcorporaties tegenwoordig meestal voor de vervanging van een afvoerloze geiser door een cv-ketel. Ook in nieuwbouwwoningen worden tegenwoordig over het algemeen cv-ketels geplaatst en geen (afvoerloze) geisers meer. Het aantal open gasinstallaties in woningen is de afgelopen jaren dan ook afgenomen. Daar staat echter tegenover dat bewoners de laatste jaren ventilatietoever, - openingen en afvoerkanalen dichtstoppen ter voorkoming van tocht en warmteverlies. Dit zou een relatie kunnen hebben met een stijgende trend. Andere redenen voor de stijgende trend bij de registratie van het NVIC zijn het vaker voorkomen van koolmonoxide-intoxicaties, toevalstreffers, toenemende onbekendheid van medici over de behandeling, toenemend aantal incidenten en daardoor ook het aantal personen dat op één moment wordt blootgesteld. Volgens zowel Gastec als het NVIC is er sprake van een onderregistratie en komen in werkelijkheid meer koolmonoxide-intoxicaties voor.

Recent heeft het ministerie van VROM een onderzoek laten uitvoeren naar de veiligheid van gas en elektra (Van Egmond et al., 2007). In dit onderzoek zijn gas- en elektrainstallaties van woningen geïnspecteerd met als doel uitspraken te doen over de veiligheid van de Nederlandse woningvoorraad. Er wordt uitgegaan van 8-12 doden en 35-45 ziekenhuisopnamen per jaar als gevolg van koolmonoxidevergiftigingen door ongevallen met gasinstallaties. De aantallen zijn redelijk in overeenstemming met de gegevens van Consument en Veiligheid. De cijfers van laatstgenoemde zijn waarschijnlijk iets hoger, omdat zij ongevallen als gevolg van blootstelling aan alle gasen voor huishoudelijk gebruik, waaronder CO, registreren.

De conclusie van dit onderzoek is dat 12% van de woningvoorraad (800.000 woningen) een ernstig defect heeft aan de gas- en elektravoorziening, vooral gebreken aan open verbrandingstoestellen waaronder afvoerloze geisers. Zij kunnen tot verhoogd risico leiden wanneer ze niet voldoende onderhouden zijn. De risico's doen zich vooral voor in particulier verhuurde vooroorlogse woningen in de grote steden. Buiten stedelijke gebieden vormen vooral de woningen in de koopsector en sociale huursector risico's.

Andere verblijfruimten dan gewone woningen

De literatuur gaat vooral over gewone woningen en niet specifiek over andere soorten verblijfruimten, zoals woonboten, woonwagens of caravans. Het is wel bekend dat het risico op een koolmonoxidevergiftiging aanzienlijk vergroot wordt wanneer het verbrandingstoestel in een kleine en slecht geventileerde ruimte staat. Om een idee te krijgen hoeveel woonboten en -wagens in Nederland risico lopen op koolmonoxide in de woonruimte, is gebruikgemaakt van het Statisch Jaarboek 2007 van het Centraal Bureau voor de Statistiek (website CBS, 2007). De meest recente gegevens over het aantal woonwagens en -boten zijn uit 1997. Toen waren in Nederland 18.500 standplaatsen voor woonwagens, woonboten en woonarken aanwezig (Advokaat, 1999). Dit komt neer op 0,3% van de woningvoorraad. Er zijn geen gegevens bij het CBS bekend of dit aantal sindsdien toe- of afgenomen is. Volgens het onderzoek van VROM hebben 800.000 woningen een ernstig defect aan de gas- en elektravoorziening en lopen zij een verhoogd risico op de vorming van koolmonoxide in de woonruimte.

Hieronder valt dus ook een aantal woonboten en -wagens. Hier zullen naar schatting ongeveer 2.400 woonboten, -wagens en -arken onder vallen (0,3% van de 800.000 risicowoningen).

4.3 Regionale registraties

Naast landelijke registraties, zoals die van het NVIC en de stichting Consument en Veiligheid, zijn er ook regionale instanties, zoals brandweer, politie, ambulancediensten en GGD'en, die het aantal gevallen van koolmonoxidevergiftigingen registreren. Meestal gaat het om incidenten als gevolg van acute blootstelling.

Brandweer

De Brandweer Regio Den Haag meldt over de periode 1999-2002 1 à 2 doden per jaar als gevolg van CO-intoxicatie. Geëxtrapoleerd naar landelijk niveau komt dit neer op circa 8 à 12 doden per jaar (PRC Bouwcentrum, 2003). Het aantal CO-meldingen bij de Brandweer Regio Haaglanden laat sinds 1999 een stijgende lijn zien. Het is echter onduidelijk of dit ook een landelijke tendens is. Het is mogelijk dat dit alleen een tendens is voor de grote steden.

GGD'en

Ook bij GGD'en worden meldingen met betrekking tot koolmonoxide en verbrandingsinstallaties geregistreerd. In de registratiesystemen die de GGD'en hanteren worden op uniforme wijze

milieugerelateerde gezondheidsklachten genoteerd. Een landelijk overzicht hiervan is weergegeven in Tabel 4.3.

Sinds ongeveer een jaar neemt de GGD Rotterdam-Rijnmond bij alle soorten huisbezoeken een CO-meter mee, dus ook bij inspecties die in eerste instantie geen relatie hebben met koolmonoxide of verbrandingstoestellen. Over de periode van januari tot en met oktober 2007 zijn 7 gevallen van verhoogde koolmonoxideconcentratie (>1 ppm, detectielimiet meetapparaat) in woningen geconstateerd. De gemeten concentraties liepen uiteen van verhoogd (20 ppm) tot extreem hoog (178 ppm).

Onderzoeken

Zoals in de Inleiding genoemd, is in Schiedam begin 2007 een TELI-project van start gegaan waarbij energieadviseurs van de stichting Collusie op huisbezoek gaan voor energiebesparingmethoden en adviezen geven over een gezond binnenmilieu. Het meten van koolmonoxide is hier onderdeel van. Dit onderzoek wordt uitgevoerd volgens het werkplan Medische Milieukunde 2007 van het RIVM. Het is een samenwerkingsproject tussen de GGD Rotterdam-Rijnmond, het RIVM, gemeente Schiedam, woningcorporaties en projectbureau Aardewerk (projectleiding) en stichting Collusie. Eind 2007 zijn de resultaten van 504 woningen uit het Schiedam project beschikbaar. Eenzelfde onderzoek loopt ook in Dordrecht. Hier zijn 63 woningen onderzocht tot eind november 2007. Ook in Den Haag is men in begin 2008 gestart met de CO-metingen.

De adviseurs van Collusie zijn opgeleid door de GGD Rotterdam-Rijnmond en het RIVM om koolmonoxidemetingen te verrichten. Zij meten tijdens huisbezoeken de concentraties koolmonoxide in de ruimte waar het verbrandingstoestel staat op leefniveau en direct naast het verbrandingstoestel. Indien er een waarde hoger dan 50 ppm CO gemeten wordt, schakelt de GGD Rotterdam-Rijnmond de technische dienst van de Woningcorporatie in en zij gaat het apparaat direct controleren. Vaak blijkt er een verstopping van het afvoerkanaal te zijn of het betreft een vieze ketel.

De metingen worden verricht in huurwoningen bij mensen met een laag sociaal inkomen (< €4.000 bruto jaarinkomen). Vaak blijken huurwoningen slecht onderhouden en zijn de verbrandingstoestellen veelal afvoerloze geisers en gashaarden. Er is voor dit onderzoek niet geselecteerd op soort verbrandingstoestellen omdat dit project snel van start kon gaan in het al bestaande energiebesparingsproject. In dit project worden daarom huisbezoeken afgelegd bij mensen met diverse soorten verbrandingstoestellen. Tevens worden met behulp van een korte enquête vragen beantwoord over de gezondheid van de bewoners.

Totaal zullen in dit project 1500 woningen bezocht worden. De eindrapportage zal in het voorjaar van 2008 plaatsvinden.

In Tabel 4.4 en 4.5 zijn de resultaten van het Schiedamproject weergegeven. Tabel 4.4 geeft de soorten verbrandingstoestellen weer en Tabel 4.5 beschrijft de gemeten concentraties koolmonoxide weer. Tot eind november 2007 zijn 504 woningen bezocht. In 23% van de woningen is koolmonoxide aangetoond. Van het totale aantal woningen waar koolmonoxide gemeten is had 17% een licht verhoogde CO-concentratie tot 5 ppm. Vijf procent had een concentratie tussen de 6 ppm en de 30 ppm. In drie woningen is een concentratie boven de 50 ppm gemeten. In totaal is dus in bijna een kwart van deze woningen CO aangetoond. Vooral in woningen met een geiser, gashaard of gasfornuis werd koolmonoxide aangetoond.

Tabel 4.4: Verdeling soorten verbrandingstoestellen in de woningen project Schiedam

Soort toestel	Aantal woningen	Aantal woningen waar CO gemeten is	Percentage woningen waar CO aangetoond is (%)
Geisers	208	72	35
Gashaarden	29	9	21
Gasfornuizen	107	30	28
Cv open systeem	83	3	4
Cv gesloten systeem	70	2	3
Overig	7	0	0
<i>Totaal</i>	<i>504</i>	<i>116</i>	<i>23</i>

Tabel 4.5: Gemeten concentraties CO in woningen project Schiedam (n = 504)

Concentratie CO (ppm)	Aantal woningen	Percentage woningen (%)
0	388	77
0 tot 5	86	17
6-30	27	5
31-50	0	0
> 50	3	1

Bij een woning werd een concentratie van 75 ppm gemeten, de oorzaak was een slecht onderhouden afvoerloze geiser met kapotte brander. Het betrof een portiekwoning van een familie met kleine kinderen. De familie rapporteerde ook gezondheidsklachten te hebben, voornamelijk 's ochtends na het douchen had men last van hoofdpijn en duizelingen.

Opvallend is dat tijdens de huisbezoeken over het algemeen weinig gezondheidsproblemen worden gemeld. Een enkeling zegt last van hoofdpijn te hebben en soms misselijk te zijn. Ook blijkt roken hier geen invloed te hebben op de CO-concentratie in de woningen. Redenen hiervoor kunnen zijn het ventilatiegedrag, het rookgedrag of de detectielimiet van de meetapparatuur (1 ppm).

De resultaten van het project in Dordrecht zijn weergegeven in Tabel 4.6. Ook dit zijn de resultaten tot en met eind november 2007. In 24% van de woningen wordt een verhoogde CO-concentratie gemeten. De concentraties liggen over het algemeen tussen de 0 en 5 ppm.

Tabel 4.6: Gemeten concentraties CO in woningen project Dordrecht (n = 63)

Concentratie CO (ppm)	Aantal woningen	Percentage woningen (%)
0	48	76
0-5	14	22
> 50	1	2

Beide projecten zijn nog niet afgerond en de resultaten niet definitief. De resultaten laten zien dat blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse woningen voorkomt. Ook is te zien dat in woningen met geisers, gasfornuizen en gashaarden vaker CO gemeten wordt dan in woningen met cv-ketels.

5 Beschouwing en conclusies

5.1 Beschouwing

In dit rapport is een beeld geschetst van de situatie in Nederland met betrekking tot chronische blootstelling aan koolmonoxide in verblijfruimten. Echter, met de huidige kennis en inzichten is geen landsdekkend en representatief beeld ontstaan. Uit de literatuur blijkt dat de beschikbare gegevens over koolmonoxide-intoxicaties veelal beperkt blijven tot acute blootstellingsituaties, er is beperkte verdieping in chronische blootstelling. Er zijn landelijke en regionale registratiesystemen die inzicht geven in het aantal CO-meldingen. Een indeling in acute of chronische blootstelling wordt ook hier niet gemaakt. Deze registraties geven wel enig inzicht in het voorkomen van koolmonoxidevergiftigingen: enkele honderden opnames bij de EHBO-afdelingen van ziekenhuizen en 8-12 doden per jaar. Maar door het ontbreken van een nationale registratieverplichting is het niet mogelijk hiermee een compleet landelijk dekkend beeld te krijgen. Wel blijkt dat open verbrandingsinstallaties risicovolle situaties kunnen opleveren, vooral bij slecht onderhoud en veroudering van het toestel. In Nederland heeft 12% van de woningvoorraad (800.000 woningen) een ernstig defect aan de gas- en elektravoorziening. Hoewel geen compleet antwoord te geven is op de onderzoeksvraag of chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten een probleem is, geeft deze rapportage wel inzicht in de gezondheidseffecten, de oorzaken en het voorkomen (optreden) van koolmonoxide in woningen. Hieronder worden de conclusies beschreven.

5.2 Conclusies

We hebben in deze inventarisatie verschillende aspecten tegen het licht gehouden. Hieronder worden kort onze bevindingen gegeven:

1. Blootstelling aan koolmonoxide kan leiden tot gezondheidsklachten waaronder hoofdpijn, afname van reactievermogen, duizeligheid, misselijkheid, braken, verwardheid en wijde pupillen. Hoe hoger de concentraties of hoe langer de blootstelling, hoe ernstiger de symptomen tot zelfs coma of de dood erop volgt. Blootstelling is vaak niet eenvoudig te achterhalen, omdat CO een kleurloos en reukloos gas is en de symptomen vaak specifiek zijn waardoor ze doen denken aan andere ziektebeelden, bijvoorbeeld voedselvergiftiging of griep.
2. Het is moeilijk een onderscheid te maken tussen gezondheidseffecten als gevolg van acute of chronische blootstelling aan koolmonoxide; de symptomen kunnen in beginsel hetzelfde zijn. Verkeerde diagnose en behandeling van het ziektebeeld en terugkeer naar dezelfde omstandigheden kunnen gevaarlijke situaties opleveren.
3. Er zijn zowel landelijke als regionale systemen die het aantal gemelde CO-intoxicaties registreren. Er wordt hierin geen onderscheid gemaakt tussen acute en chronische blootstelling aan koolmonoxide. Volgens deze registraties worden jaarlijks enkele tientallen tot wel honderden personen op de EHBO-afdelingen van ziekenhuizen behandeld en sterven jaarlijks ongeveer 8-12 personen door blootstelling aan CO. Met de huidige gegevens is het onzeker of het aantal gemelde CO-intoxicaties de afgelopen jaren juist toe- of afneemt.
4. Met deze registraties is het niet mogelijk een compleet landelijk dekkend beeld te krijgen. Een landelijke meldingsplicht is er namelijk niet. Blootstellingssituaties worden daarnaast onvoldoende herkend en de ontdekking van incidenten berust meestal op toevalstreffers.

5. In de projecten van Schiedam en Dordrecht wordt koolmonoxide aangetoond in ongeveer een kwart van woningen van mensen met lage inkomens. Vooral in woningen met open verbrandingsinstallaties komt vaak CO voor. Deze cijfers zijn, vanwege de opzet van deze onderzoeken, niet representatief voor de algemene Nederlandse woonsituatie. Verder zijn beide projecten nog niet afgerond en de resultaten zijn niet definitief. Op basis van deze twee onderzoeken kunnen we niet concluderen dat blootstelling aan CO in Nederlandse verblijfruimten een landelijk probleem is. De resultaten laten wel duidelijk zien dat blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse woningen voorkomt.
6. Open verbrandingsinstallaties, waaronder afvoerloze geisers, gaskachels, gasfornuizen en open haarden kunnen voor risicovolle situaties zorgen. Vooral als ze oud en slecht onderhouden zijn. Maar ook woningen met gesloten, nieuwe systemen, zoals cv-ketels, kunnen gevaarlijke situaties opleveren door slecht onderhoud of verkeerd geïnstalleerde afvoerkanalen, zie Box 1 en 2.
7. Het toezicht op de veiligheid van verbrandingsinstallaties is vanaf de jaren '90 afgenomen. Dit komt door de liberalisering van de energiesector. De gemeente is formeel verantwoordelijk voor het toezicht op de veiligheid van gasinstallaties (het Bouwbesluit en de Woningwet). De praktijk wijst echter uit dat de meeste gemeenten hierin geen actief beleid voeren. Er is dus weinig of geen toezicht op de veiligheid van verbrandingsinstallaties.
8. Slecht onderhouden verbrandingsinstallaties komen regelmatig voor. In Nederland is een periodieke keuring van de installatie niet meer verplicht en de eigenaren van woningen weten vaak niet dat ze zelf verantwoordelijk zijn voor het regelen van onderhoud van de installatie. Uit onderzoek blijkt dat 800.000 woningen in Nederland gebreken vertonen aan gas- en elektravoorzieningen, waardoor bewoners dus risico's lopen op koolmonoxide blootstelling.

Uit het bovenstaande kunnen we concluderen dat de onderzoeksvraag met de huidige kennis en inzichten niet beantwoord kan worden. In het volgende hoofdstuk worden verschillende opties gegeven waarmee we wel goed inzicht kunnen krijgen in de landelijke situatie rondom chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten.

6 Aanbevelingen

In dit rapport concluderen we dat met de huidige kennis en inzichten de onderzoeksvraag niet beantwoord kan worden. We hebben wel inzicht in de situaties rondom gezondheidseffecten, oorzaken en optreden van koolmonoxide in woningen. Deze gegevens geven echter geen volledig en landsdekkend beeld over het optreden van chronische blootstelling aan koolmonoxide in Nederlandse verblijfruimten. Om beter inzicht hierin te krijgen, kunnen de volgende acties ondernomen worden:

- 1) in beeld brengen van blootstellingsituaties in heel Nederland;
- 2) bronaanpak.

Ad 1) Voor het in beeld brengen van blootstellingssituaties zien wij de volgende mogelijkheden:

- A. onderzoek (langetermijnsituaties): het verrichten van metingen naar concentraties koolmonoxide in het binnenmilieu in een representatieve steekproef van het Nederlandse woningenbestand. Deze onderzoeken zouden zich niet alleen moeten richten op woningen, maar ook op kleinere verblijfruimten als woonboten, woonwagens en caravans. De projecten zoals in 2007/2008 in Schiedam en Dordrecht uitgevoerd worden, brengen blootstellingssituaties in kaart en de bronnen kunnen direct worden aangepakt. Tussentijdse resultaten duiden erop dat in ongeveer een kwart van de woningen van mensen met lagere inkomens koolmonoxide aangetoond wordt. Open verbrandingsinstallaties zijn de meest voorkomende oorzaken van CO in de woningen. Breder onderzoek leidt tot landsdekkend beeld.
- B. huisbezoeken of inspecties (ad-hoc situaties): Een andere methode om chronische blootstelling aan koolmonoxide in beeld te brengen is het standaard meenemen en gebruiken van koolmonoxide melders bij huisbezoeken of inspecties. Meestal worden huisbezoeken uitgevoerd door de afdeling milieu en gezondheid van GGD'en. De GGD Rotterdam-Rijnmond bijvoorbeeld, neemt sinds januari 2007 standaard een koolmonoxidemelder mee wanneer men op huisbezoek gaat. Hiermee zijn al een aantal gevallen van verhoogde concentraties koolmonoxide in de woning geconstateerd waarna direct actie ondernomen is. Binnenkort zal een nieuwe GGD Richtlijn medische milieukunde Koolmonoxide in woon- en verblijfsruimte gepubliceerd worden. Hierin staat beschreven door wie en op welke manier koolmonoxide metingen uitgevoerd kunnen worden.

Ad 2) Voor bronaanpak signaleren wij de volgende mogelijkheden:

- A. het vervangen van afvoerloze geisers door gesloten systemen. Geen nieuwe plaatsingen van afvoerloze geisers.
- B. jaarlijks onderhoud (periodieke keuringen) van alle verbrandingsinstallaties in Nederlandse verblijfruimten.
- C. het houden van toezicht en/of handhaving op de veiligheid van verbrandingsinstallaties, door bijvoorbeeld de afdeling Bouw en Woningtoezicht van gemeenten.

Literatuur

- Advokaat W., 1999. Wonen op wielen en water. CBS Webmagazine, 2, 27.
- Borst J.R., 1982. Chronische koolmonoxydevergiftiging. Ned Tijdschr Geneesk, 126 (2), 46-50.
- Brunekreef B., Smit H.A., Biersteker K., Boleij J.S.M., Lebre E., 1982. Indoor carbon monoxide pollution in the Netherlands. Environment International, 8, 193-196.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 2008. Betreft: Woningvoorraad Nederland. Website: www.cbs.nl
- Consument en Veiligheid, 2007. Betreft: veiligheid in huis, koolmonoxide, registratie koolmonoxidevergiftigingen. Website: www.veiligheid.nl
- Drent M., 1996. Door het oog van de naald; fragmenten uit een dagboek bij koolmonoxidevergiftiging. Ned Tijdschr Geneesk, 140 (51), 2577-2580.
- Dusseldorp A., Pol R. van, Hall L., 2007. Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en; Inventarisatie 2004-2006. RIVM rapport 609330001, RIVM, Bilthoven.
- Egmond H.C.M. van, Gopal N.K., Poulus C., 2007. Veiligheid gas en elektra. In opdracht van Ministerie VROM uitgevoerd door ABF Research en PRC, Delft.
- Foster M., Salvatore R., Goodwin R., Williams C., Loeffler J., 1999. Recurrent Acute Life-threatening Events and Lactic Acidosis Caused by Chronic Carbon Monoxide Poisoning in an infant. Pediatrics, 104 (3), 1-3.
- Green E., Short S., Shuker L.K., Harrison P.T.C., 1999. Carbon Monoxide Exposure in the Home Environment and the Evaluation of Risks to Health- A UK Perspective. Indoor Built Environ, 8, 168-175.
- Haaxma C.A., Eijk J.J.J. van, Vliet A.M. van der, Renier W.O., Bloem B.R., 2007. Bilaterale leasies van de basale ganglia als aanwijzing voor een chronische koolmonoxide-intoxicatie. Ned Tijdschr Geneesk, 151 (15), 868-873.
- Hegger C., Savelkoul T.J.F., Sangster B., 1991. Intoxicatie met koolmonoxide. Ned Tijdschr Geneesk, 135 (4), 113-116.
- Lebre E., 1985. Air Pollution in Dutch Homes: an Exploratory Study in Environmental Epidemiology, PhD thesis, Wageningen, Wageningen Agricultural University.
- Orden H. van, 2002. Pas op voor verborgen gebreken. Gastec Certification BV, Gaswijsdigitaal, 35 (1).
- Peeters E. (redactie), 2007. Handboek Binnenmilieu 2007. Hoofdstuk 8 Verbrandingsproducten. GGD Nederland, Utrecht.
- RIVM, 2007. Tussenrapportage 1^e fase CO-blootstellingsonderzoek bij huishoudens met een bruto jaarinkomen <14.000 in Schiedam; Programma Koolmonoxide Project.
- PRC Bouwcentrum, 2003. Risicoanalyse veiligheid gas- en elektrainstallaties in de woning. Website: www.vrom.nl
- Ruigewaard M., 2004. Analyse Koolmonoxide Stageverslag. GGD Rotterdam-Rijnmond.
- Velzen A.G. van, Gorcum T.F., Riel A.J.H.P. van, Meulenbelt J., Vries I. de, 2007. Acute vergiftigingen bij mens en dier: Jaaroverzicht 2005-2006 Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum. RIVM/NVIC rapportnummer 660100001, RIVM, Bilthoven.
- Verhoeff A.P., Velde H.C.M. van der, Boleij J.S.M., Lebre E., Brunekreef B., 1983. Detecting indoor CO exposure by measuring CO in exhaled breath. Int Arch Occup Environ Health, 53, 167-173.
- VROM, 2007. Betreft: VROM dossier Gas en Elektra. Website: www.vrom.nl
- Willers S.M., Brunekreef B., Oldenwening M., Smit H.A., Kerkhof M., Vries H. de, 2006. Gas cooking, kitchen ventilation, and exposure to combustion products. Indoor Air, 16, 65-73.
- World Health Organization, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. WHO, Kopenhagen.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl