

# Onderzoek naar geadviseerde locatie voor CO-melders



Instituut Fysieke Veiligheid  
Brandweeracademie  
Postbus 7010  
6801 HA Arnhem  
www.ifv.nl  
info@ifv.nl  
026 355 24 00

### **Colofon**

Opdrachtgever: Brandweer Nederland  
Contactpersoon: Hester Veltman  
Mede mogelijk  
gemaakt door: Nederlandse Brandwonden Stichting  
Titel: Onderzoek naar geadviseerde locatie voor CO-melders  
Datum: 30 september 2016  
Status: Definitief  
Versie: 1.0  
Auteurs: Dr. ing. M. Kobes  
T. Vogel, MSc  
Projectleider: R. van den Dikkenberg MCPM  
Review en  
Eindverantwoordelijk: Ing. R.R. Hagen, MPA

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Begrippenlijst en afkortingen</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
2.1	Aanleiding	7
2.2	Doel	7
2.3	Onderzoeksvragen	8
2.4	Afbakening	8
<b>3</b>	<b>Onderzoeksmethode</b>	<b>9</b>
3.1	Verantwoording gekozen onderzoeksmethode	9
3.2	Dataverzameling	9
3.3	Data-analyse	12
<b>4</b>	<b>Kenmerken CO</b>	<b>13</b>
4.1	Natuurlijke herkenning	13
4.2	Ontstaan en vrijkomen van CO	13
4.3	CO-verspreiding in woningen	15
<b>5</b>	<b>Plaatsing CO-melders vanuit literatuur</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Plaatsing CO-melders vanuit regelgeving en normen</b>	<b>21</b>
6.1	Korte beschrijving van bestudeerde richtlijnen	21
6.2	Eisen aan gebruiksaanwijzing	23
6.3	Ruimten waarin CO-detectie wordt voorgeschreven	24
6.4	Voorgeschreven locatie van CO-detectie	25
6.5	Afgeraden ruimtes en locaties voor CO-detectie	27
<b>7</b>	<b>Plaatsing CO-melders vanuit gebruiksaanwijzingen</b>	<b>29</b>
7.1	Overzicht van onderzochte melders	29
7.2	Verwijzing naar normen	33
7.3	Ruimten waarin CO-detectie wordt voorgeschreven	33
7.4	Voorgeschreven locatie van CO-detectie	34
7.5	Afgeraden locaties voor CO-detectie	36
<b>8</b>	<b>Vergelijking literatuur, normen en gebruiksaanwijzingen</b>	<b>37</b>
8.1	Ruimten voor CO-melders	37
8.2	Locatie voor CO-melders	38
<b>9</b>	<b>Conclusies</b>	<b>39</b>
9.1	Beantwoording hoofd- en deelvragen	39
9.2	Plaatsingsadvies	44
<b>10</b>	<b>Validiteit onderzoek</b>	<b>45</b>
	<b>Literatuurlijst</b>	<b>47</b>

<b>Bijlage 1 - Geselecteerde CO-melders</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage 2 – Gezondheidseffecten CO</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage 3 – Detectie in relatie tot gevoeligheid</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage 4 – Toepassingsgebied CO-melders</b>	<b>67</b>
<b>Bijlage 5 – Gegevenstabel gebruiksaanwijzingen</b>	<b>69</b>
<b>Bijlage 6 – Overige opmerkingen gebruiksaanwijzingen CO-melders</b>	<b>73</b>

# 1 Begrippenlijst en afkortingen

<b>Ademhoogte</b>	De hoogte in een ruimte waarop de mensen gemiddeld genomen het meest verblijven om adem halen. Deze zal bijvoorbeeld in een slaapkamer over het algemeen lager liggen dan in een woonkamer.
<b>Bronruimte</b>	Een ruimte in een woning met daarin een potentiële bron voor het ontstaan of vrijkomen van koolmonoxide. Een voorbeeld hiervan is een kamer met daarin een geiser of Cv-ketel.
<b>Buoyancy</b>	Met <i>buoyancy</i> wordt bedoeld op het drijfvermogen van een gas als gevolg van een opwaartse kracht die ontstaat vanuit een verschil in dichtheid. Dit is het principe wat wordt beschreven in de wet van Archimedes.
<b>CO</b>	Afkorting én scheikundige formule voor <i>koolmonoxide</i>
<b>CO-detectie</b>	Afkorting voor koolmonoxide-detectie. Daarmee wordt bedoeld op het meten en/of ontdekken van (schadelijke) concentraties CO in een ruimte.
<b>CO-melder</b>	Afkorting voor <i>koolmonoxidemelder</i> . Daarmee wordt bedoeld op een apparaat dat het gas koolmonoxide kan meten en bij bepaalde concentraties een alarm geeft om mensen te waarschuwen.
<b>CO-vergiftiging</b>	Afkorting voor <i>koolmonoxidevergiftiging</i>
<b>Convectie</b>	Stroming van warmte. <i>Convectie</i> is warmteoverdracht door een verplaatsend medium (zoals lucht). Dit kan plaatsvinden doordat een verschil in temperatuur een verschil in dichtheid veroorzaakt, maar ook door een drukverschil. In het laatste geval is er sprake van gedwongen convectie.
<b>Locatie</b>	Met locatie voor een CO-melder wordt bedoeld op een plaats of positie in een ruimte. Dit kan in algemene bewoordingen zijn uitgedrukt (bijvoorbeeld <i>plafond</i> of <i>muur</i> ) maar ook in een bepaalde afstand (bijvoorbeeld <i>1 meter van bron</i> ).
<b>Ruimte</b>	Onder ruimte wordt een kamer of vertrek in een woongebouw verstaan. Denk aan bijvoorbeeld een slaapkamer, woonkamer of kelder.
<b>Stratificatie</b>	Laagvorming van een gas in een ruimte.
<b>Verbrandingstoestel</b>	Een apparaat waarin een brandstof zoals gas, benzine, olie of hout wordt verbrand om bijvoorbeeld warmte te genereren, energie op te wekken of een beweging mogelijk te maken. Voorbeelden van verbrandingstoestellen zijn geisers, Cv-ketels, kachels en aggregaten. Bij in gebruik zijnde verbrandingstoestellen kan CO vrijkomen.



# 2 Inleiding

## 2.1 Aanleiding

Koolmonoxide is een giftig gas, dat zich in het bloed hecht aan het hemoglobine in rode bloedcellen en daarmee zuurstof verdringt. Koolmonoxide (CO) is kleurloos, geurloos, smaakloos en de eerste symptomen van koolmonoxidevergiftiging (waaronder hoofdpijn, misselijkheid en vermoeidheid) worden niet altijd in verband gebracht met een mogelijke lekkage van CO. Jaarlijks overlijden in Nederland vijf tot tien personen door een vergiftiging met CO. Verder zijn er circa 200 ziekenhuisopnamen en enkele honderden gewonden die op de spoedeisende hulp terechtkomen als gevolg van koolmonoxidevergiftiging (CO-vergiftiging) (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015). De CO-vergiftiging vindt voornamelijk plaats in de woonomgeving, bijvoorbeeld door een defect in een cv-ketel, geiser of kachel of door een defect in de afvoer van rookgassen (NVWA, 2015).

Naast het voorkomen van het vrijkomen van CO in de woonomgeving, is het tijdig detecteren van een eventuele lekkage van belang om tijdig de woning te kunnen verlaten. Hiervoor zijn koolmonoxidemelders (CO-melders) beschikbaar op de markt, die in de woning kunnen worden geplaatst en in alarm gaan bij een bepaalde concentratie CO in de omgevingslucht. Over de optimale locatie voor CO-melders, zowel in hoogte als in de locatie ten opzichte van de bron is discussie. De onduidelijkheid en verschillende adviezen over de plaatsing van CO-melders is reden voor Brandweer Nederland en de Nederlandse Brandwonden Stichting om hier nader onderzoek naar te laten doen. De Brandweeracademie is gevraagd om een literatuuronderzoek uit te voeren naar de optimale plaatsing van CO-melders.

## 2.2 Doel

Het doel van het onderzoek is om te verkennen wat binnen bestaande literatuur al bekend is over CO detectie, en welke informatie over de juiste plaatsing van CO-melders in wet- en regelgeving en normen én in gebruiksaanwijzingen is vastgelegd. Uiteindelijk is het doel om de meest optimale locatie voor CO-melders vast te stellen. Daartoe is het onderzoek opgesplitst in twee fasen, waarbij onderhavig onderzoek de eerste fase is. De tweede fase bestaat uit een praktijkonderzoek. Mogelijk blijkt uit de verkennende literatuurstudie (fase 1) dat er al betrouwbaar onderzoek is gedaan naar de juiste locatie van CO-melders, bijvoorbeeld in het buitenland. Indien uit de verkenning blijkt dat er (op onderdelen) nog onvoldoende duidelijkheid is over de juiste locatie, is het raadzaam de afweging te maken of een Nederlands praktijkonderzoek (fase 2) wenselijk is.

## 2.3 Onderzoeksvragen

De centrale onderzoeksvraag in dit onderzoek luidt:

*Wat is de beste locatie voor het ophangen van een CO-melder (en een gecombineerde rook/CO-melder<sup>1</sup>) in de woonomgeving en in hoeverre komt dit overeen met adviezen van leveranciers en geldende richtlijnen?*

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden, wordt antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

1. Wat is er bekend uit (inter-)nationaal onderzoek over de invloedsfactoren voor de (beste) locatie van CO-melders in de woonomgeving?<sup>2</sup>
2. Wat is er in regelgeving of normen opgenomen over de beste locatie van CO-melders in de woonomgeving, en waarop zijn deze gebaseerd?
3. Welke adviezen en aandachtspunten komen uit gebruiksaanwijzingen van CO-melders (bij de bron of niet, hoogte, ruimte, levensduur, advies na alarmering)?

## 2.4 Afbakening

Er wordt geen onderzoek gedaan naar rookmelders. De focus van het onderzoek ligt op de juiste hoogte en locatie van CO-melders. Het onderzoek heeft niet tot doel een vergelijkend onderzoek tussen producenten te zijn. Ook worden geen uitspraken gedaan over de kwaliteit van onderzochte CO-melders en ook de hoorbaarheid van het alarmsignaal is geen onderdeel van het onderzoek.

Daarnaast zijn er resultaten gevonden die niet in de onderzoeksvragen besloten lagen maar wel waardevolle informatie bevatten en om die reden opgenomen zijn in de bijlagen.

---

<sup>1</sup> In de oorspronkelijke deelvragen werd een onderscheid gemaakt tussen CO-melders en combi-melders. Lopende het literatuuronderzoek is gebleken dat een nadere onderverdeling tussen CO-melders en combi-melders niet nodig is. Reden hiervoor is dat is gebleken dat de beste locatie voor een CO-melder in de bronruimte aan het plafond is, en dit ook de beste locatie is voor een rookmelder. Bij andere ruimtes moet de melder op ademhoogte komen te hangen en dit is te laag voor een rookmelder; combimelders zijn dus niet geschikt voor die locaties. In de analyse wordt nog wel gerefereerd naar de beste plaats voor combi-melders maar in bijvoorbeeld de analyse van de gebruiksaanwijzingen, vraag 3, zijn geen gebruiksaanwijzingen van combi-melders bestudeerd.

<sup>2</sup> In de oorspronkelijke onderzoeksvraag stond "aanwezigheid en locatie van" en dit is lopende het literatuuronderzoek gewijzigd naar "invloedsfactoren voor de beste locatie van".



# 3 Onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk wordt de gehanteerde onderzoeksmethode nader toegelicht.

## 3.1 Verantwoording gekozen onderzoeksmethode

Dit onderzoek heeft tot doel om inzicht te geven in bestaande kennis en informatie over de plaatsing en locatie van koolmonoxidemelders (CO-melders). Hiervoor is onderscheid gemaakt tussen bestaande onderzoeken, relevante wet- en regelgeving en informatie zoals deze in gebruiksaanwijzingen van CO-melders is opgenomen. Middels een literatuuronderzoek kan bestaand onderzoek inzichtelijk worden gemaakt en vertaald worden naar de relevantie voor dit onderzoek. Daarnaast biedt literatuuronderzoek de mogelijkheid een vergelijking te trekken tussen wat bekend is vanuit eerder onderzoek en experimenten, bestaande regelgeving en wat hiervan uiteindelijk terug is te vinden in verschillende gebruiksaanwijzingen. Op deze manier kan een goede basis worden gelegd om de hoofdvraag te beantwoorden en eventuele vragen voor vervolgonderzoek vast te stellen.

## 3.2 Dataverzameling

### 3.2.1 Algemene opzet

Dit onderzoek bestaat uit bestudering van literatuur over CO en CO-melders. Daarnaast is relevante regelgeving achterhaald en bestudeerd. Om een beeld te krijgen of en hoe adviezen en richtlijnen vertaald zijn naar de praktijk, zijn voor verschillende CO-melders gebruiksaanwijzingen gedownload en geanalyseerd.

### 3.2.2 Ruimte en locatie

In het verdere onderzoek wordt er verschil gemaakt tussen ruimte en locatie. Bij ruimte gaat het binnen dit onderzoek om een kamer of hal in een woning zoals een slaapkamer, overloop of zolder. Bij locatie gaat het om een positie of punt in een ruimte, bijvoorbeeld aan het plafond, in de buurt van een verbrandingsapparaat of niet boven een gootsteen. Hierbij kunnen ook afstanden worden genoemd zoals afstand tot een CO-bron of omliggende muren en bijvoorbeeld de montagehoogte. Met positie kan zowel bedoeld worden op een plek in een ruimte als op een specifieke locatie in een ruimte.

### 3.2.3 Uitvoering onderzoek

Allereerst is gezocht naar nationaal en internationaal onderzoek, rapporten en publicaties over CO in het algemeen, verspreiding van CO en de locatie van CO-melders in het bijzonder. Hiervoor zijn vooral wetenschappelijke artikelen en (onderzoeks-) rapporten gebruikt. Voor de beantwoording van de onderzoeksvraag over regelgeving en normen is literatuuronderzoek gedaan in de vorm van het bestuderen van nationale en internationale wet- en regelgeving en normen. De focus lag daarbij op voorschriften over de locatie van CO-melders. Verder richt het onderzoek zich vooral op de voorschriften en richtlijnen die van toepassing zijn op de Nederlandse situatie. Indien in wetgeving van andere landen relevante en afwijkende informatie wordt gevonden, wordt dit waar mogelijk in het onderzoek meegenomen. Een uitgebreide buitenlandstudie is echter geen onderdeel van dit onderzoek.

Voor de derde onderzoeksvraag zijn gebruiksaanwijzingen van verschillende merken CO-melders bekeken en is relevante informatie geanalyseerd. Daarbij is op internet gezocht welke melders er door verschillende ondernemingen verkocht worden. Vervolgens zijn bij een selectie van deze koolmonoxidemelders de bijhorende gebruiksaanwijzingen gezocht.

### 3.2.4 Documentanalyse

#### *Gebruiksaanwijzingen*

Om gebruiksaanwijzingen te analyseren is allereerst gekeken welke CO-melders op het moment van onderzoek worden verkocht. Daartoe is via zoekmachine Google Shopping en websites als [www.beslist.nl](http://www.beslist.nl) en [www.kieskeurig.nl](http://www.kieskeurig.nl) gezocht op de term 'koolmonoxidemelder' en 'CO-melder'. Uit de resultaten is een selectie gemaakt waarbij geprobeerd is om CO-melders te selecteren die bij verschillende (online) winkels verkocht worden en variëren in merk, uitvoering en prijsklasse. Daarbij zijn er zowel melders geselecteerd die op de lijst met veilige producten van de VEBON-NOVB staan, maar ook melders die verkocht worden en niet op deze lijst terug komen<sup>3</sup>. Er is op voorhand niet gekeken uit welk jaar de melders komen, of deze voldoen aan bepaalde keurmerken en niet naar bepaalde kenmerken over de werking of uitvoering. Uiteindelijk zijn de volgende melders geselecteerd:

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Alecto, COA-24                    | 10. First Alert, CO-9B-FA-BNL        |
| 2. Alecto, COA-26                    | 11. First Alert, CO-FA-9D-BNL        |
| 3. Alecto, COA-28                    | 12. Honeywell, XC70                  |
| 4. Bavaria, BACM5                    | 13. Honeywell, XC100                 |
| 5. Conrad-Cordes, CC-4000 (GS811)    | 14. Honeywell, XC100D                |
| 6. Ei Electronics, serie Ei207/Ei208 | 15. Kidde, 10LLCO                    |
| 7. ELRO, RM335                       | 16. Kidde, 10LLDCO                   |
| 8. FireAngel, CO-9XT-NL              | 17. Kidde, KN-COPP-B-LS-UK (900-230) |
| 9. First Alert, CO410                | 18. Kidde, KN-COB-B-LS-UK (900-0233) |

Voor deze melders is via internet gezocht naar de bijhorende gebruiksaanwijzing. Deze zijn bij voorkeur via de website van de fabrikant gedownload. In enkele gevallen is de gebruiksaanwijzing via de website van de verkopende partij gedownload of opgezocht via zoekpagina Google. In bijlage 1 is te vinden waar de melders gevonden zijn en waar de gebruiksaanwijzingen zijn gedownload.

De gebruiksaanwijzingen zijn vervolgens stuk voor stuk doorgenomen. Daarbij is gekeken naar informatie over genoemde ruimtes waar de melder moet hangen of waar deze juist niet moet hangen, genoemde locaties waar de melder wel of niet moet hangen, informatie over montagehoogte, afstanden tot bepaalde objecten, het toepassingsgebied, de positie, de gevoeligheid, het geluidsniveau van het alarm en naar genoemde keurmerken. Daarnaast zijn verdere bijzonderheden genoteerd zoals vermelde levensduur en testprocedures. Eén en ander is terug te vinden in hoofdstuk 7 en bijlage 3 tot en met 6.

#### *Regelgeving en normen*

Voor de analyse van de regelgeving en de normen zijn de meest recente en geldende documenten bestudeerd. De analyse beperkt zich tot het Bouwbesluit 2012, de NEN-EN 50291-1: 2010 / A2: 2012, de NEN-EN 50292: 2013 en de NFPA 720: 2015. Vanuit de geanalyseerde gebruiksaanwijzingen wordt regelmatig verwezen naar (verouderde) versies

<sup>3</sup> Zie <http://veiligeproducten.nl/veilig-wonen/welke-producten-zijn-veilig> voor de lijst met veilige producten volgens VEBON-NVOB

van de normen. De nadruk bij de analyse van regelgeving ligt vooral op de plaatsing van CO-melders.

De interpretatie van de normen blijkt lastig. Zo is niet altijd duidelijk welke artikelen wel of niet van toepassing zijn op de woonomgeving. Met name in de NFPA 720 is het niet duidelijk of alleen hoofdstuk 9 'Single- and Multiple-Station Alarms and Household Carbon Monoxide Detection Systems' van toepassing is, of dat ook de voorwaarden uit bijvoorbeeld hoofdstuk 4 'Fundamentals of Carbon Monoxide Detection Systems' van toepassing zijn. Omdat in artikel 5.1.4 nadrukkelijk staat vermeld dat de artikelen in het betreffende hoofdstuk niet van toepassing zijn voor de woonomgeving, en dit in de andere hoofdstukken niet nadrukkelijk is vermeld, wordt aangenomen dat de overige hoofdstukken wel van toepassing zijn op de woonomgeving.

#### *Wetenschappelijke literatuur*

Om relevante literatuur en onderzoeken te vinden met betrekking tot de onderzoeksvraag zijn er verschillende zoekopdrachten uitgevoerd. Eerst is via zoekmachines op de websites [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) en [scholar.google.com](http://scholar.google.com) gezocht op Engelse termen waaronder 'Carbon monoxide', 'Carbon monoxide detectors' en 'Carbon monoxide alarms'. In de vele resultaten is vervolgens een selectie gemaakt op relevantie van onderwerp en vakgebied. Van mogelijk relevante literatuur is de samenvatting (abstract) gelezen en indien de literatuur voldoende relevant leek, is geprobeerd het betreffende artikel of onderzoek in zijn geheel te downloaden. Daarbij is gezocht naar literatuur welke ingaat op;

- > Verspreiding van het gas koolmonoxide
- > Detectie van koolmonoxide
- > Gevaren van koolmonoxide
- > Experimenten rondom (detectie van) koolmonoxide.

In doorgenomen literatuur zijn genoemde verwijzingen onderzocht en waar relevant zijn ook deze artikelen en onderzoeken geraadpleegd. Beperkende factor hierbij was dat behoorlijk veel wetenschappelijk literatuur niet vrij toegankelijk is en artikelen eerst aangeschaft moeten worden voor deze geheel kunnen worden ingezien. Daarom zijn de meeste artikelen op basis van hun samenvatting (abstract) beoordeeld als relevant of niet.

Er is niet alleen gezocht naar gepubliceerde artikelen in wetenschappelijke bladen en websites. Er is ook via *Google* gezocht naar rapporten over koolmonoxide en dan in het bijzonder over de locatie van koolmonoxidemelders. Hiertoe zijn ook websites van onder meer NFPA – *News and Research*, UL en het NIST doorzocht. Relevante rapporten zijn vervolgens gedownload en doorgenomen.

### **3.2.5 Interview**

In aanvulling op het literatuuronderzoek is een interview gehouden met mw.ir. H. Rijpkema, senior consultant / Productmanager Veiligheid Gasinstallaties bij Kiwa Technology B.V.. Het gesprek richtte zich vooral op de kenmerken van CO-ongevallen in Nederland.

## 3.3 Data-analyse

### 3.3.1 Literatuur

Relevante literatuur, artikelen en rapporten zijn door de onderzoekers doorgenomen. Daarbij zijn relevante passages letterlijk gekopieerd naar een database. Deze passages zijn gekoppeld aan een categorie. De volgende categorieën zijn bij de analyse van de literatuur gebruikt:

- > Koolmonoxide – ontstaan
- > Koolmonoxide – verspreiding
- > Koolmonoxide – blootstelling
- > Koolmonoxide – detectie; ruimte
- > Koolmonoxide – detectie; locatie
- > Koolmonoxide – detectie; sensoren
- > Koolmonoxide – detectie; gevoeligheid
- > Gezondheid
- > Overig.

Vervolgens zijn deze passages gebruikt in de hoofdstukken 4 en 5 waarin relevante literatuur wordt beschouwd. Aangezien een groot gedeelte van de bestudeerde literatuur in het Engels is geschreven, moest hierover eerst een vertaalslag naar het Nederlands worden gemaakt.

### 3.3.2 Regelgeving

Allereerst is het bouwbesluit doorgenomen en is aanvullend gezocht naar specifieke normen en voorschriften. Uiteindelijk bleken twee verschillende NEN-EN normen relevant, te weten de NEN-EN 50291-1:2010 / A1:2012 en de NEN-EN 50292: 2013. Ook is er onderzocht welke relevante normeringen en standaarden in het buitenland aanwezig waren. Buiten de Europese hiervoor genoemde NEN-EN normen, waren dit de NFPA 720 en UL 2034.

De normen zijn aangekocht en vervolgens geanalyseerd. Daarbij is gekeken naar vermelde eisen en voorschriften aan onder meer gebruiksaanwijzing, voorgeschreven ruimtes en locaties, toepassingsgebied en gevoeligheid van CO-melders.

### 3.3.3 Gebruiksaanwijzingen

De verschillende gebruiksaanwijzingen zijn in hun geheel doorgenomen. Daarbij zijn relevante passages over de volgende onderwerpen gekopieerd naar een database in Excel:

- > Type sensor
- > Ruimte, wel plaatsen
- > Ruimte, niet plaatsen
- > Locatie, algemeen
- > Locatie, niet
- > Genoemde afstanden
- > Installatiehoogte
- > Toepassingsgebied
- > Gevoeligheid
- > Geluidsniveau alarm
- > Keurmerk
- > Overige opmerkingen.

Hierdoor werd een goed overzicht verkregen van wat er in de verschillende gebruiksaanwijzingen staat geschreven. Deze informatie is vervolgens vertaald naar een schema, met daarin meer gemeenschappelijke categorieën en kenmerken om een duidelijker overzicht te krijgen. Dit schema is gebruikt voor een verdere analyse en is later in dit rapport terug te vinden.

# 4 Kenmerken CO

## 4.1 Natuurlijke herkenning

Koolmonoxide is een giftig gas en om vergiftiging te voorkomen is het belangrijk dat verhoogde concentraties koolmonoxide tijdig worden opgemerkt. Voor de mens is natuurlijke herkenning van het gas koolmonoxide onmogelijk omdat het een kleurloos, geurloos en smaakloos gas betreft (Nelson, 1998) & (Hnatov, 2011). Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld aardgas waar kunstmatig een geurstof aan wordt toegevoegd. Omdat CO een kleur-, geur-, en smaakloos gas is, kunnen we het alleen herkennen aan de symptomen die gepaard gaan met de vergiftiging. Veelgenoemde eerste symptomen zijn hoofdpijn, vermoeidheid, misselijkheid en duizeligheid. Toch zijn deze symptomen vaak vaag van aard en worden ze, ook door medische professionals, regelmatig gerelateerd aan andere ziektes, verkoudheid of bijvoorbeeld het gebruik van alcohol (Hnatov, 2011 & WHO, 1999). Hierdoor bestaat de kans dat koolmonoxide vergiftiging onopgemerkt blijft wat grote gezondheidsrisico's met zich meebrengt (zie bijlage 2 – gezondheidseffecten CO). Zo bestaat het vermoeden dat in Nederland het aantal incidenten waarschijnlijk drie tot vijf keer zo hoog ligt als nu in de cijfers naar voren komt (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

## 4.2 Ontstaan en vrijkomen van CO

Koolmonoxide is een normaal verbrandingsproduct dat gevormd wordt bij de (onvolledige) verbranding van koolstof houdende brandstoffen zoals aardgas, aardolie, steenkool en hout. Wanneer deze verbranding onvolledig is kan er snel een grote hoeveelheid koolmonoxide worden gevormd. Bij een groot aantal verbrandingsapparaten, - toestellen en installaties kan het gebruik dan ook tot de productie van koolmonoxide leiden. In het onderzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (2015) worden de volgende installaties genoemd als relevante CO-bronnen in een huiselijke omgeving:

- > verwarmingsapparatuur: cv-ketel, (open) haard, (gas)kachel;
- > warmwaterapparatuur: geiser, boiler, combiketel (combineert verwarming en warm water);
- > kooktoestellen: fornuis/gasstel, gasoven, barbecue;
- > overige apparaten: aggregaat, motorvoertuig, werktuig.

Ook het roken van sigaretten en het branden van kaarsen en wierook kunnen een bron van koolmonoxide zijn (Kerkhoff & Boels, 2008).

Koolmonoxide wordt vooral gevormd bij een onvolledige verbranding. In het onderzoek van het RIVM (Kerkhoff & Boels, 2008) worden een aantal oorzaken voor een onvolledige verbranding opgesomd en aanwijzingen weergegeven die duiden op problemen met verbrandingsapparatuur:

“...Onvolledige verbranding is altijd een gevolg van een tekort aan zuurstof bij het verbrandingsproces. Hier zijn verschillende oorzaken voor:

- > onvoldoende aanvoer van verbrandingslucht (verse lucht);

- > vervuiling (of defecten) van de branders in het toestel;
- > overbelasting van het toestel door een verkeerde afstelling;
- > terugslag van verbrandingsgassen door niet goed functionerende rookgasafvoer. Dit kan op zich weer verschillende oorzaken hebben;
- > recirculatie van verbrandingsgassen.

Een aantal factoren die een rol spelen bij mogelijke problemen met stooktoestellen zijn:

- > de aard van het verbrandingstoestel. Vooral een open systeem zonder afvoer en een open systeem met afvoer kunnen een risico vormen bij het vrijkomen van koolmonoxide in de binnenlucht. Dit geldt ook voor een op gas gestookte oven. Inmiddels zijn echter ook enkele koolmonoxidevergiftigingen bekend waarbij gesloten toestellen waren betrokken. Een moderne cv-ketel is dus geen garantie dat geen koolmonoxide vrij kan komen;
- > de opstelling van verbrandingstoestellen. Te weinig ruimte rondom een open toestel kan leiden tot onvoldoende luchtaanvoer waardoor koolmonoxide ontstaat. Te weinig ruimte boven een open toestel met afvoer kan leiden tot onvoldoende trek zodat de afvoer van verbrandingsgassen niet optimaal is;
- > de luchttoevoer en -afvoer van verbrandingsgassen: onder andere maat, plaats en bruikbaarheid van roosters en ramen;
- > de werkelijke luchttoevoer en -afvoer van verbrandingsgassen (de mate van aanvoer van zuurstof en de mate van afvoer van verbrandingsgassen moet voldoende zijn). Lekkages kunnen aanleiding zijn voor onjuiste afvoer en komen vooral voor bij:
  - aansluitpunten van de afvoer op het verbrandingstoestel;
  - naden van de afvoer (bijvoorbeeld in bochten van de afvoerpijp);
  - gaten in de afvoer (bijvoorbeeld door corrosie of perforatie);
- > de weersomstandigheden. Bij onvoldoende trek op het afvoerkanaal of als de wind op het afvoerkanaal staat, kan er terugslag van afvoergassen in een rookgasafvoerkanaal plaatsvinden waardoor de luchttoevoer relatief meer kooldioxide bevat en minder zuurstof. Het gevolg is onvolledige verbranding en koolmonoxidevorming;
- > onderdruk door mechanische afzuiging. Dit kan gemakkelijk optreden, ook in normale woningen met goede installaties;
- > het gebruik van een collectief mechanisch ventilatiesysteem met daarop aangesloten individuele cv-ketels. Dit kan men aantreffen in wat oudere flatwoningen. Dergelijke systemen zijn zo gebouwd dat als de ventilator uitvalt, de cv-ketels worden uitgeschakeld. Bij vervanging van een oude cv-ketel wordt deze beveiliging echter niet altijd aangesloten op de nieuwe cv-ketel. Bovendien zijn de leidingen (verzinkte stalen gespiraliseerde leidingen) vaak niet meer in goede staat.

Verder moet ook rekening gehouden worden met een koolmonoxidebron die niet in de woning zelf aanwezig is, maar in de directe omgeving van de woning.

Bijvoorbeeld een slecht functionerende rookgasafvoerkanaal van een aangrenzend gebouw dat te dicht op de gevel van de woon- of verblijfsruimte staat en waar sprake is van een koolmonoxide-emissie..." (Kerkhoff & Boels, 2008, p.27-28)

Dus naast slecht werkende verbrandingsinstallaties kunnen ook lekkages in de afvoerkanalen van rookgassen, weersomstandigheden en externe bronnen in de directe omgeving van een woning een rol spelen in het ontstaan en vrijkomen van koolmonoxide.

## 4.3 CO-verspreiding in woningen

### 4.3.1 Basis chemieregels

Op het internet en in de algemene publieke opinie is er onduidelijkheid over de dichtheid van CO ten opzichte van omgevingslucht en in hoeverre dit een rol speelt bij de juiste locatie van CO-melders. De vraag of CO zwaarder of lichter is dan lucht is eenvoudig op te lossen met behulp van kennis uit de basis chemie. De moleculaire massa van een koolstofatoom (C) is 12 g/mol, van een stikstofatoom (N) is het 14 g/mol en van een zuurstofatoom (O) is het 16 g/mol. Daarmee is het gewicht van koolstofmonoxide (CO) ongeveer 28 g/mol, van stikstof (N<sub>2</sub>) ook ongeveer 28 g/mol en van zuurstof (O<sub>2</sub>) 32 g/mol. Lucht bestaat eenvoudig gesteld voor 79% uit stikstof en voor 21% uit zuurstof. Uit een berekening op basis van deze gegevens blijkt dat CO-gas ongeveer 3% lichter is dan gasvormige lucht (Neil B. Hampson, Courtney, & Holm, 2012). Vanwege dit lichte verschil zal CO zich eenvoudig en gelijkmatig mengen met omgevingslucht.

### 4.3.2 Algemene stromingsleer

Uit de basis chemieregels blijkt dat CO zich eenvoudig en gelijkmatig met omgevingslucht zal mengen. Om een beeld te krijgen hoe omgevingslucht zich zal verspreiden is gekeken naar wat er in de algemene stromingsleer over bekend is. Gant & Kelsey (2006) gaan hierbij in op de 'normale' luchtverspreiding in woningen. Zij stellen dat vele factoren van invloed zijn op het luchtverspreidingspatroon. In onderstaande tabel zijn de verschillende factoren weergegeven en welke invloed deze hebben op luchtverspreiding in woningen.

**Tabel 4-1: Factoren die luchtverplaatsing in woningen beïnvloeden** (Gant & Kelsey, 2006)

Factor	Invloed
Deuren	Deuren open of dicht, effect van het openen van deuren op omgevingslucht
Ramen en wanden	Thermische effecten, straling, infiltratie (poreusheid van wand)
Bewoners	Hitteafdracht, bewegingen, ademen, stromingsblokkades, beïnvloeden ruimtelijke dichtheid
Apparaten, verlichting, meubels	Hitteafdracht, stromingsblokkades
Luchtstroming	Turbulentie, vochtigheid, ventilatie-installaties
Omgeving	Afmetingen van de omgeving, elektrostatische lading, locatie van de bron

Over het algemeen zijn de effecten van deze factoren in twee classificaties voor luchtverspreiding onder te verdelen, namelijk in mechanisch gedreven stroming en natuurlijk gedreven stroming<sup>4</sup>. Bij mechanisch gedreven stroming wordt de luchtbeweging (kunstmatig) veroorzaakt door een apparaat, zoals een ventilator. Bij natuurlijk gedreven stroming kan gedacht worden aan stroming die wordt veroorzaakt door natuurkundige principes zoals straling, convectie en luchtverplaatsing. Een voorbeeld hiervan is het opstijgen van warme

<sup>4</sup> Beyler & Gottuk (2007) noemen dit vrije (of passieve) stroming opgewekt door straling, convectie en luchtverplaatsing.



lucht boven een radiator. Dit principe is feitelijk niet anders dan al bekend is vanuit de algemene stromingsleer (de getallen van Froude<sup>5</sup>, Richardson<sup>6</sup> en Archimedes<sup>7</sup>). Aanvullend hierop zijn factoren benoemd die de ruimtelijke omgeving kenmerken, maar ook dit is vanuit de algemene stromingsleer al bekend (de getallen van Reynolds<sup>8</sup> en Grashof<sup>9</sup>).

### 4.3.3 Verspreiding van CO

De verspreiding van het CO-gas zal dus in belangrijke mate worden bepaald door de verspreiding van de omgevingslucht in een woning. In de literatuur is gezocht naar specifieke informatie over de verspreiding van CO in relatie tot omgevingslucht om hier meer duidelijkheid over te verkrijgen. Zo wordt de verspreiding van CO in woningen goed beschreven in een literatuurreview van Beyler & Gottuk (2007). Deze literatuurreview is uitgevoerd voor de actualisatie en herziening van de Amerikaanse norm voor CO-detectie (NFPA 720). Zij baseren zich op publicaties van onder andere Hill & Pool (1997) en Ross et al. (1999a, b & c). Omdat CO nagenoeg dezelfde dichtheid heeft als lucht, kan volgens hun de kennis over luchtverplaatsing vanuit de stromingsleer inderdaad toegepast worden op het transport en verspreiding van CO (Beyler & Gottuk, 2007). De belangrijkste factoren in relatie tot natuurlijke CO-verspreiding zijn onder meer de opwaartse kracht ten gevolge van een verschil in dichtheid<sup>10</sup> en warmte van de bron zelf (CO-gas), de luchtstroming als gevolg van andere apparaten, zonne-energie, verdichting, warmteoverdracht tussen wanden en deur(opening)en, invloeden van de wind en de beweging van mensen in de woning. Als gevolg van deze stromingen zal CO zich opmengen in de directe omgevingslucht. Bij natuurlijk gedreven stroming verplaatst de (opgemengde) lucht zich maar in beperkte mate naar lager gelegen verdiepingen, maar wel naar hoger gelegen verdiepingen. Dit is vooral het geval wanneer er kieren en openingen (bijvoorbeeld een trapopgang of ventilatiekanalen) in de vloer aanwezig zijn. Bij CO-verspreiding door mechanische stroming is in het ventilatiegebied vrijwel direct sprake van een goede opmenging van CO met omgevingslucht en zal het CO-gas zich makkelijker kunnen verspreiden door de gehele woning (Beyler & Guttok, 2007).

In een experimentele opstelling, bestaande uit een 2.4 m hoge Plexiglas luchtdichte kamer met een CO-meter op ongeveer 5 cm, 1.2 m en 2.4 m hoogte, is door Hampson et al. (2012) de invloed van de locatie van de CO-bron onderzocht. Het CO testgas (15 liter, 3000 ppm in stikstof) is op de drie verschillende hoogtes van de CO-meters ingebracht waarna de CO-concentratie over de tijd is gemeten. Door het testgas gedurende 30 seconden met een snelheid van 30 liter per minuut in te brengen, is in de testkamer een CO-concentratie van ongeveer 50 ppm bereikt. Uit de afzonderlijke experimenten blijkt dat CO zich net zo lang verspreidt totdat het gelijkmatig over de ruimte is verdeeld, ongeacht op welke hoogte het CO wordt ingebracht. Dit komt overeen met de Tweede Wet van de thermodynamica. De totale tijdsduur van een volledig gelijkmatige vermenging was vergelijkbaar voor de drie verschillende inbrenghoogtes. Wel ging de opmenging van CO met omgevingslucht in eerste instantie sneller wanneer de CO via de onderzijde naar binnen stroomde dan wanneer het aan de bovenzijde werd ingebracht. De veronderstelling van Hampson et al. (2012) is dat in

<sup>5</sup> Het Getal van Froude is een dimensieloos getal dat de verhouding tussen kracht ten gevolge van traagheid en kracht ten gevolge van gravitatie weergeeft.

<sup>6</sup> Het Getal van Richardson is een dimensieloos getal dat de verhouding tussen potentiële en kinetische energie weergeeft.

<sup>7</sup> Het Getal van Archimedes is een dimensieloos getal dat de verhouding weergeeft tussen opwaartse kracht ten gevolge van dichtheidsverschil en viskeuze kracht. Bekend vanuit de Wet van Archimedes: "De opwaartse kracht die een lichaam in een vloeistof of gas ondervindt is even groot als het gewicht van de verplaatste vloeistof of gas."

<sup>8</sup> Het Reynoldsgetal is een dimensieloze grootheid. Het wordt gebruikt om te bepalen of een stroming laminair is of turbulent, maar ook om similariteit tussen twee verschillende stromingen weer te geven.

<sup>9</sup> Het Getal van Grashof is een dimensieloos getal dat de verhouding tussen de kracht ten gevolge van dichtheidsverschil en de viskeuze kracht weergeeft. Het getal is een maat voor de natuurlijke convectie (ook wel vrije convectie genoemd).

<sup>10</sup> Conform de Wet van Archimedes.



een realistische woning de volledige opmenging als gevolg van luchtverplaatsing door tocht en temperatuur sneller zal gaan dan in de testopstelling (Hampson et al., 2012).

#### 4.3.4 CO-verspreiding in warme lucht

In woningen zijn verbrandingsapparaten veelal de oorzaak van het ontstaan en vrijkomen van CO (zie paragraaf 4.2). Daarom zal bij een CO-lekkage in het algemeen sprake van een uitstoot van warme lucht met CO. In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de invloed van warme lucht op de verspreiding van CO.

Bij uitstoot van CO in warme lucht is sprake van CO-verspreiding die voortkomt uit natuurkundige principes (zie ook voorgaande teksten van dit hoofdstuk). De dynamica van deze vorm van CO-verspreiding is vergelijkbaar met de principes zoals beschreven in de modelleringsprincipes voor rookverspreiding in een ruimte. Daarbij is sprake van een stijgende pluim en een warme bovenlaag die geleidelijk de ruimte van boven naar beneden vult. Dit proces vindt doorgaans binnen tien minuten plaats. Wanneer de CO-uitstoot op vloerniveau en in een gesloten ruimte plaatsvindt, zal na een periode van stratificatie (het vormen van een laag in een ruimte) sprake zijn van een gelijkmatige concentratie van CO dat zich in verticale richting verplaatst. Deze verticale stroming is vooral waargenomen in ruimten waarin de CO-bron stond opgesteld en nauwelijks in andere ruimten (Persily, 1996).

Open binnendeuren zorgen voor een aanzienlijke stroming, waardoor de CO zich eenvoudig over meerdere ruimten kan verspreiden. De verspreiding van warme lucht (met CO) via deuropeningen naar andere ruimten is ook goed beschreven in de formules uit de klassieke stromingsleer en de branddynamica. Op basis hiervan geven Beyler en Gottuk (2007) aan dat de CO zich gemiddeld binnen één tot twee uur door het huis zal verspreiden. Ook Persily (1996) geeft aan dat CO zich binnen een uur gelijkmatig over een gehele woning kan verspreiden. Dit wordt bevestigd in experimenten en simulaties met een opstelling waarin CO vrijkomt in verwarmde lucht (kerosinekachel) en zonder ventilatie. Het blijkt dat de uitstroom vanuit de bronruimte varieert tussen 0.0028 m<sup>3</sup>/s met een gesloten deur, 0.0042-0.0146 m<sup>3</sup>/s met de deur op een kier (1 inch) en 0.052-0.94 m<sup>3</sup>/s met de deur open. Natuurlijke CO-verspreiding (in warme lucht) kan volgens de onderzoekers dan ook goed tegen worden gegaan door binnendeuren te sluiten (Persily, 1996). Een voorwaarde is wel dat de wanden niet zijn gemaakt zijn van poreus materiaal (zie paragraaf 4.3.5, *CO-verspreiding door gipswanden*).

Wanneer echter sprake is van mechanisch gedreven ventilatie, dan wordt de CO-verspreiding bepaald door dit mechanisme en is de verspreiding ten gevolg van warme lucht hieraan ondergeschikt. De CO mengt zich in die gevallen vrijwel direct met de omgevingslucht en verplaatst zich eenvoudig via de geforceerde ventilatiestroming (Beyler & Guttock, 2007).

De bevindingen uit het onderzoek door Persily, Gant et al., Beyler & Gottuk, Hampson et al. en Vermesi et al. hebben een belangrijke invloed op de juiste locatie van CO-melders (zie hoofdstuk 5).

#### 4.3.5 CO-verspreiding door gipswanden

Tijdens het literatuuronderzoek werd er informatie gevonden over de verspreiding van CO door gipswanden heen. Hampson et al (2013, in; Vermesi et al., 2015) constateren in een laboratoriumonderzoek dat CO zich in een afgesloten ruimte via gipsplaten kan verspreiden naar omliggende ruimten. In het onderzoek zijn enkel laags 0.25 inch (6,5 mm) en 0.5 inch (13 mm) gipsplaten getest, als ook dubbel laags 0.5 inch gipsplaten die aan één zijde zijn geschilderd. In deze testconfiguraties zijn toxische concentraties eerder waargenomen dan vanuit andere onderzoeken verwacht zal worden, namelijk binnen 17 tot 96 minuten.

Resultaten uit een literatuurstudie (Vermesi, Restuccia, Walker-Ravena, & Rein, 2015) bevestigen deze bevindingen. Zo blijkt uit eerdere experimenten dat verschillende vluchtige organische stoffen (VOC's) zich via poreuze wanden kunnen verspreiden. Aangezien CO-moleculen kleiner zijn van die van VOC's kan geconcludeerd worden dat CO zich minstens zo snel via poreuze wanden kan verspreiden als VOC's. Bovendien blijkt uit experimenten in woningen dat CO zich via gipswanden kan verspreiden. Na 10 uur blootstelling aan CO is de verspreiding waargenomen, waarna de diffusiesnelheid (beweging van moleculen) groter werd naarmate de tijd verstreek ((Chang & Guo, 1992) in; Vermesi et al, 2015). Ook zijn incidenten van koolmonoxidevergiftiging gerapporteerd waarin CO zich zeer waarschijnlijk via wanden naar naastgelegen ruimten heeft verspreid (Vermesi et al., 2015).

# 5 Plaatsing CO-melders vanuit literatuur

In hoofdstuk 4 is besproken hoe koolmonoxide zich in woningen kan verspreiden. Dit heeft consequenties voor de optimale locatie waar een CO-melder moet komen te hangen. In deze paragraaf wordt behandeld wat verschillende literatuur hierover zegt.

In studies van Ross et al. (1999a, b, c, in Beyler & Gottuk, 2007) is voor de *Building Research Establishment* een experiment uitgevoerd waarin de verspreiding van koolmonoxide door een woning is onderzocht. Zij geven aan dat melders geplaatst moeten worden in ruimten met verbrandingsapparaten en in ruimtes waar mensen het vaakst verblijven. Zij concluderen dat er, afhankelijk van de omstandigheden, twee geschikte locaties zijn om CO-melders op te hangen. Allereerst moeten in ruimtes waarin koolmonoxide zich nog in de hete verbrandingsgassen bevindt en het daardoor een groter drijfvermogen heeft, CO-melders aan of bij het plafond komen te hangen. In deze gevallen moeten de melders op minimaal 30 centimeter van muren worden gemonteerd. Daarnaast geven Ross et al. (1999) aan dat de melder binnen 1 tot 3 meter van het verbrandingsapparaat moet worden geplaatst. Wanneer de melder op een muur wordt bevestigd, moet deze volgens de onderzoekers op minimaal 15 centimeter van het plafond komen. Wanneer de CO zich niet in hete verbrandingsgassen bevindt en daardoor een meer neutraal drijfvermogen (buoyancy) heeft, bleek de verspreiding van CO lastiger te bepalen. Uit hun experimenten bleek dat in die ruimtes op  $\frac{3}{4}$  van de hoogte de hoogste concentratie werd gemeten. Hun uiteindelijke conclusie luidde dat voor ruimtes waarin verwacht wordt dat CO een groot drijfvermogen heeft de melder aan het plafond bevestigd moet worden. Daar waar verwacht wordt dat CO een meer neutraal drijfvermogen heeft, bevelen zijn aan om CO-melders op ademhoogte te hangen (Ross et al., 1999a, b, c).

Beyler en Gottuk (2007) hebben in hun literatuuronderzoek ook gekeken naar de plaats waar CO detectors zouden moeten hangen. Zij concluderen dat minimaal in iedere ruimte met een verbrandingsapparaat een CO-melder moet hangen. In deze ruimten zou de melder hoog moeten te komen hangen<sup>11</sup>. Wanneer de ruimte in open verbinding staat met andere ruimten, dan moeten melders ter hoogte of boven deze opening geplaatst worden om CO verspreiding naar andere kamers tijdig op te merken. Daarnaast geven zij het advies om in alle verblijfsruimten CO-melders te plaatsen om voldoende beschermd te zijn. Beyler en Gottuk (2007) concluderen op basis van de verspreiding van CO door een gebouw (zie paragraaf 4.3) dat CO-detectie niet effectief is wanneer de melders geplaatst worden op lager gelegen verdiepingen dan waar een mogelijke bron zich bevindt. Ook moet er rekening worden gehouden dat gesloten deuren tussen de melder en de mogelijke bron de werking van de melder ernstig kunnen beïnvloeden. Daardoor kunnen personen die zich dicht bij de bron bevinden dan de CO-melder, ernstig in gevaar worden gebracht (Beyler & Gottuk, 2007).

---

<sup>11</sup> Wanneer er hoog in de ruimte hittebronnen aanwezig zijn (zoals hete buizen) bestaat er de kans op laagvorming hoog in de ruimte. In die gevallen zal de melder lager moeten hangen dan deze 'hittelaag', maar nooit lager moeten komen dan 'neushoogte'.

Dat het van belang is om CO-melders in de buurt van bronruimtes te plaatsen, bleek ook uit onderzoek van Bullman, Hill en Pool (2001). Zij bekeken 80 experimenten van CO-verspreiding en concludeerden dat melders die op afstand van de bronruimte werden geplaatst gemiddeld twee keer zoveel tijd nodig hadden om in alarm te gaan dan melders in de buurt van de bronruimte. Daarnaast werd de onvoorspelbaarheid van hun prestatie twee keer zo groot. In aangrenzende ruimten duurde het tot 25 tot 30 procent langer voor melders in alarm gingen. Zij concluderen dan ook dat als eerste melders in bronruimten geplaatst moeten worden. Daarna zijn melders in aangrenzende ruimten het meest effectief en als laatste komen de overige ruimten. Ook over de locatie van de melder worden uitspraken gedaan. Zo blijkt uit hun analyse dat melders in de bronruimte het meest effectief zijn als deze aan het plafond worden geplaatst in het midden van de kamer. Melders die in de bronruimte aan de muur worden geplaatst doen er langer over en zouden daarom binnen 80 centimeter van het plafond moeten worden geplaatst. In ruimtes op afstand van de bronruimte had de hoogte waarop de melder geplaatst werd geen significante invloed op de werking hiervan. Wel is geconstateerd dat de melders die vlak onder het plafond hingen iets eerder in alarm gingen dan lager geplaatste melders, maar het verschil bleek minimaal en niet-significant. (Bullman, Hill & Pool, 2001).

Engel (2012) gebruikte voor zijn thesis een literatuuronderzoek en computersimulatiemodel om verspreiding van CO te bepalen en daarmee de optimale locatie voor CO-melders in een woning. Ook Engel (2012) concludeerde dat melders in de bronruimte geplaatst moeten worden. Bij meer melders zouden daaropvolgende melders op dezelfde of hoger gelegen verdiepingen geplaatst moeten worden. De positie van de melders moet uit de buurt van luchtinlaten en luchtuitlaten zijn. Het algemene advies is om melders aan het plafond te bevestigen, vrij van inmenging met 'verdunde' of schone lucht (Engel, 2012).

In een proefopstelling van Hampson (2012) is onderzocht of het uitmaakt op welke hoogte een melder moet komen te hangen. Hierbij kwam naar voren dat in de onderzochte situatie de hoogte niet van invloed was op de prestatie van de CO-melder. Daarbij is wel een belangrijke kanttekening dat in deze situatie sprake was van een statische situatie zonder (opgewekte) luchtstroming door bijvoorbeeld openingen, hete (verwarmings-)gassen of verschil in temperatuur (Neil B. Hampson et al., 2012).

# 6 Plaatsing CO-melders vanuit regelgeving en normen

In de analyse van de richtlijnen ligt de focus op richtlijnen die van toepassing zijn op de Nederlandse situatie. Daarnaast zijn ook richtlijnen voor de Verenigde Staten op hoofdlijnen in de analyse meegenomen. Bij de bestudering van de richtlijnen ligt de focus op de artikelen die ingaan op de plaatsing van CO-detectie. Ook is aandacht besteed aan de eisen die gesteld zijn aan de gebruiksaanwijzing van een CO-melder. Andere onderwerpen worden niet of slechts zijdelings besproken. Informatie over de voorschriften in de normen met betrekking tot gevoeligheid (alarmeringswaarden) is opgenomen in bijlage 2.

## 6.1 Korte beschrijving van bestudeerde richtlijnen

### 6.1.1 Bouwbesluit

In het Bouwbesluit zijn geen eisen opgenomen voor detectie van CO in woningen en andere bouwwerken met een woonfunctie. Wel zijn eisen gesteld aan de opstelplaats van een verbrandingstoestel, de ventilatie en afvoer van rookgassen en het veilig gebruik van een verbrandingstoestel. In het tekstkader zijn de belangrijkste eisen weergegeven<sup>12</sup>.

#### **Art. 2.59 (en art. 2.64), lid 1 Rookgasafvoer**

Een afvoervoorziening voor rookgas is brandveilig, bepaald volgens NEN 6062.

#### **Art. 2.60 (en art. 2.65) Opstelplaats open verbrandingstoestel**

Een opstelplaats voor een open verbrandingstoestel ligt niet in een toiletruimte, een badruimte, of een ruimte voor het stallen van motorvoertuigen.

*Toelichting: (...) In kleine ruimtes met een open verbrandingstoestel kan namelijk snel een gevaarlijke concentratie van schadelijke verbrandingsgassen ontstaan en in een stallingsruimte voor motorvoertuigen kan een open verbrandingstoestel leiden tot brand- of ontploffingsgevaar vanwege de aanwezigheid van licht-ontvlambare (brand) stoffen.*

#### **Art. 3.48 (en art. 3.57), lid 1 en art 3.49 (en art. 3.58)**

Een (...) bouwwerk met een opstelplaats voor een verbrandingstoestel heeft zodanige voorzieningen voor de toevoer van verbrandingslucht en de afvoer van rookgas, dat een voor de gezondheid nadelige kwaliteit van de binnenlucht wordt voorkomen.

(...) Een opstelplaats voor een kooktoestel met een nominale belasting van niet meer dan 15 kW, gelegen in een verblijfsruimte, blijft hierbij buiten beschouwing.

<sup>12</sup> Er worden afzonderlijke eisen gesteld aan nieuw te bouwen bouwwerken met een woonfunctie en bestaande bouw. Soms komen de eisen overeen en soms zijn ze verschillend. In het kader worden de eisen voor nieuw te bouwen bouwwerken genoemd, tenzij anders vermeld. De tussen haakjes geplaatste verwijzingen naar artikelnummers zijn eisen voor bestaande bouw.

*Toelichting: (...) Het gaat er om dat er geen onvolledige verbranding ten gevolge van onvoldoende toevoer van verbrandingslucht plaatsvindt en dat de bij het gebruik van een verbrandingstoestel vrijkomende dampen, gassen en fijne vaste deeltjes naar buiten kunnen worden afgevoerd. (...) Opgemerkt wordt dat dit besluit geen uitzondering meer biedt voor warmwatertoestellen, zoals een geiser. Er moet dus bij een geiser altijd een specifieke voorziening voor de toevoer van verbrandingslucht en de afvoer van rookgas zijn.*

#### **Art. 7.9 Veilig gebruik verbrandingstoestel, lid 1 en 2**

Een verbrandingstoestel wordt uitsluitend gebruikt indien:

- a. de voorziening voor toevoer van verbrandingslucht en de voorziening voor afvoer van rookgas niet zijn afgesloten;
- b. de capaciteit van de voorziening voor toevoer van verbrandingslucht, van de voorziening voor afvoer van rookgas en van de daarop aangesloten aansluitleidingen, niet kleiner zijn dan de voor het adequaat functioneren van het verbrandingstoestel noodzakelijke capaciteit;
- c. de opstelling van het verbrandingstoestel met inbegrip van een aansluitleiding tussen het toestel en de voorziening voor de afvoer van rookgas brandveilig is;
- d. de voorziening voor afvoer van rookgas doeltreffend is gereinigd, en
- e. het verbrandingstoestel met een aansluitmogelijkheid op een voorziening voor afvoer van rookgas adequaat op de voorziening is aangesloten.

Van een brandveilige opstelling als bedoeld in het eerste lid, onder c, is in ieder geval sprake indien de opstelling brandveilig is, bepaald volgens NEN 3028.

*Toelichting: Onderdeel a (...) Hiermee worden een brandgevaarlijke situatie en **koolmonoxidevergiftiging** als gevolg van een slechte toevoer van verbrandingslucht of onvoldoende afvoer van rookgassen voorkomen. (...) Onderdeel b bepaalt dat een verbrandingstoestel niet mag worden gebruikt als de capaciteit van de voorziening voor toevoer van verbrandingslucht of de voorziening voor de afvoer van rookgas onvoldoende is om het toestel goed te kunnen laten functioneren. Ook de capaciteit van eventueel aangebrachte aansluitingen tussen deze voorzieningen en het verbrandingstoestel moet voldoende zijn. Onderdeel e (...) Een ondeugdelijke aansluiting zou onder meer kunnen leiden tot **lekage van rookgas** of brandgevaar. (...) Uit artikel 2.64 volgt dat een rookgasafvoer brandveilig moet zijn. Een bestaande rookgasafvoer die niet aan deze criteria voldoet moet direct worden hersteld en mag voorafgaande aan het herstel niet worden gebruikt.*

#### **6.1.2 NEN-EN 50291-1:2010 / A1:2012 en**

De *EN 50291-1: 2010 / A1:2012 en: Elektrisch materieel voor de detectie van koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen – Deel 1: Beproevingsmethoden en prestatie-eisen*, is een Europese norm. In Nederland is het uitgegeven als een Nederlandse Norm (NEN) en in bijvoorbeeld Groot-Brittannië als een British Standard (BS). Dit betekent dat de melders die voorheen zijn getest onder de British Standard nu moeten voldoen aan de EN. Het is mogelijk dat de British Standard een nationale bijlage aan de EN heeft toegevoegd, waarmee daarin aangewezen delen van de EN niet van toepassing worden verklaard of aanvullende eisen worden gesteld. Dit is niet onderzocht.

Omdat de Europese norm in Nederland niet wordt aangestuurd vanuit wetgeving, zoals het Bouwbesluit, heeft de norm geen wettelijke status.

Deze norm is gericht op de constructie, het testen en de prestatie van CO-detectie apparatuur. Zo geeft het voorschriften over bijvoorbeeld de inhoud van de gebruiksaanwijzing, de technische prestatie-eisen en de wijze waarop eenmelder getest moet worden, maar gaat het niet in op de plaatsing (ruimte, hoogte, afstand) van de melder (Nederlands Elektrotechnisch Comité, 2010).

### 6.1.3 NEN-EN 50292:2013 en

De 'EN 50292 2013 en: Elektrisch materieel voor de detectie van koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen, caravans en vaartuigen – Leidraad voor de keuze, het aanbrengen, het gebruik en het onderhoud' is een Europese norm die in Nederland is uitgegeven als een NEN. De norm moet worden toegepast in combinatie met de NEN-EN 50292-1 (en NEN-EN 50292-2 voor caravans). Het heeft, net als de NEN-EN 50291-1, geen wettelijke status en is gericht op (continue) detectie middels een (vaste) installatie in ieder type accommodatie met een woonfunctie. De norm geeft voorschriften over (met name) de plaatsing (ruimte, hoogte, afstand) van de melder en de over adviezen die aan installateurs en gebruikers gegeven moet worden (Nederlands Elektrotechnisch Comité, 2013).

### 6.1.4 NFPA 720

De 'NFPA 720: Standard for the Installation of Carbon Monoxide (CO) Detection and Warning Equipment' is een Amerikaanse norm waarnaar vanuit sommige gebruiksaanwijzingen voor CO-melders wordt verwezen. De norm heeft geen wettelijke status, zowel niet in de Verenigde Staten als niet in Europa. De NFPA standaard geeft voorschriften rondom selectie, installatie, toepassing, werking en onderhoud van koolmonoxidemelders. Zo geeft het voorschriften weer over hoe en wanneer de melders in alarm moeten gaan, het vereiste prestatieniveau en de betrouwbaarheid van de CO-melders.

In de NFPA 720 wordt verwezen naar de UL 2034, waarbij is aangegeven dat "(it) shall be considered part of the requirements of this document" (NFPA, 2014).

### 6.1.5 UL 2034

De UL 2034 is een Amerikaanse standaard. Ook deze standaard kent geen wettelijke status, zowel niet in de Verenigde Staten als in Europa. De standaard gaat in op onder meer constructie eigenschappen van de melders, prestatie eisen, gevoeligheid, werking en onderhoud van koolmonoxidemelders.

## 6.2 Eisen aan gebruiksaanwijzing

In de NEN 50291 norm staat in paragraaf 4.7.4 voorgeschreven dat apparatuur voorzien moet zijn van een gebruiksaanwijzing. Deze gebruiksaanwijzing moet complete, heldere en accurate instructies geven over de installatie, veilig en juist gebruik, en werking-/testprocedures voor het apparaat. Omtrent installatie van de meldapparatuur staat in de norm dat in de gebruiksaanwijzing moet zijn opgenomen:

- > ..Advies over plaatsing en montage van de apparatuur en dat deze geïnstalleerd moet worden door een competent persoon<sup>13</sup>.

In de 50291 norm wordt verder niet gespecificeerd welke informatie er over plaatsing en montage feitelijk in de gebruiksaanwijzing moet komen te staan; daarvoor wordt verwezen naar de NEN 50292. Ook in de 50292 norm blijft het gaan om een advies. Naast een door de fabrikant opgesteld advies over plaatsing en montage schrijft NEN 50291 voor dat in de gebruiksaanwijzing moet zijn opgenomen:

- > Wanneer (i.e. bij welke concentratie(s)) het apparaat in alarm gaat;
- > Te ondernemen acties wanneer het apparaat alarm geeft;
- > Uitleg over de manieren (zowel visueel als auditief) waarop het alarm waarschuwt;

<sup>13</sup> In de NEN 50291 wordt bij dit punt verwezen naar de NEN 50292 voor meer informatie over o.a. plaatsing en montage



- > Aangeven hoe het apparaat (eventueel) gereset en getest kan worden;
- > De verwachte levensduur van het apparaat;
- > De temperatuur- en luchtvochtigheidsomstandigheden waarbinnen het apparaat functioneert;
- > Een beschrijving van de effecten van koolmonoxide op het lichaam, waarbij wordt aangegeven dat een melder mogelijk niet helpt tegen chronische blootstelling aan koolmonoxide, en het apparaat onvoldoende bescherming biedt voor bepaalde doelgroepen met verhoogd risico op koolmonoxidevergiftiging (zie EN 50292:2001, Annex A);
- > Waarschuwing dat de melder niet gebruikt kan worden als vervanging voor juiste installatie, gebruik en onderhoud van brandstof verbrandende apparaten en daarbij inbegrepen een juiste ventilatie en juiste afvoer van rookgassen.
- > Een opsomming van veelgebruikte materialen, dampen of gassen (bijvoorbeeld in schoonmaak- en poetsmiddelen, verf, kookwerkzaamheden) die de werking en/of betrouwbaarheid van de melder op de korte of lange termijn kunnen aantasten.

Ook moet de gebruiksaanwijzing volgens de NEN norm informatie geven over:

- > Voor apparatuur dat aangesloten wordt op netvoeding moet het juiste voltage, stroomfrequentie, juiste zekering (indien van toepassing) en manier van aansluiten op het stroomnet worden weergegeven.
- > Voor apparatuur dat gebruik maakt van batterijen moet informatie worden verstrekt over het type en grootte van te gebruiken batterijen, de normale levensduur van de batterijen, hoe de batterijen verwisseld moeten worden en informatie over het gevolg van lage batterijspanning.
- > Waarschuwing voor een elektrische schok of schade aan werking wanneer aan het apparaat 'geknoeid' wordt.

## 6.3 Ruimten waarin CO-detectie wordt voorgeschreven

NEN-EN 50291-1 stelt geen voorwaarden aan ruimten waarin CO-detectie aanwezig moet zijn. Wel stelt de norm dat in de gebruiksaanwijzing door de fabrikant of leverancier aanwijzingen moeten worden opgenomen over de plaatsing en montage (zie paragraaf 6.2).

Vanuit de NEN-EN 50292 wordt geadviseerd om in de volgende ruimten een CO-melder op te hangen:

- > in elke ruimte waarin een verbrandingstoestel is opgesteld
- > in afgelegen ruimten waarin aanwezigen langdurig verblijven en waar zij mogelijk het alarm van een melder in een ander deel van het gebouw niet kunnen horen
- > in elke slaapkamer.

Aanvullend worden in de NEN-EN 50292 enkele opmerkingen gemaakt over de beste positie van CO-melders in bijzondere situaties:

- > Wanneer er in meerdere ruimten een verbrandingstoestel is opgesteld en het aantal CO-melders beperkt is, CO-melders het best worden geplaatst in een ruimte waarin een afvoerloze of open verbrandingstoestel is opgesteld of in een ruimte waarin aanwezigen het meest verblijven.
- > Wanneer een verbrandingstoestel is aangesloten op een verlengd en / of verborgen rookgasafvoerkanaal, is het advies om in elke ruimte waardoor het rookgasafvoerkanaal voert een CO-melder te plaatsen.



- > Wanneer er sprake is van een gecombineerde woon-/slaapkamer dan is het advies de CO-melder zo ver mogelijk van het fornuis te plaatsen en zo dicht mogelijk bij het slaapgedeelte.
- > Wanneer de CO-melder wordt geplaatst in een ruimte waar men normaal gesproken niet komt (zoals een CV-ruimte) dan is het advies de CO-melder zo te plaatsen dat het alarm beter gehoord kan worden, of is het advies de melder nabij het verbrandingstoestel te koppelen aan een verderop geplaatste CO-melder/alarm.

De NFPA 720 stelt primair dat CO-melders geïnstalleerd moeten worden volgens de aanwijzingen van de producent zoals is vastgelegd in de gebruiksaanwijzing. Aanvullend wordt geadviseerd een CO-melder te plaatsen in de volgende ruimten:

- > In de directe nabijheid van slaapkamers in elk afgesloten slaapgedeelte in een wooneenheid
- > Op elke woonverdieping van een wooneenheid, inclusief kelders, met uitzondering van zolders<sup>14</sup> en kruipruimten.
- > Andere ruimten waarvoor in wetten, voorschriften en normen CO-detectie is vereist<sup>15</sup>.

In de toelichting op de voorschriften in de NFPA norm wordt gesteld dat CO-melders in ruimten waarin verbrandingstoestellen zijn opgesteld of andere CO-bronnen aanwezig zijn een vroegtijdige alarmering kan geven. In de voorschriften zelf wordt het advies om CO-melders in dergelijke ruimten te plaatsen echter niet genoemd. Ook wordt in de toelichting genoemd dat nabij slaapkamers mogelijk meer melders nodig zijn vanwege een beperkte hoorbaarheid door omgevingsgeluid en vanwege een beperkt wekvermogen van het CO-alarm. Het wordt aanbevolen om de CO-melders onderling te koppelen.

## 6.4 Voorgeschreven locatie van CO-detectie

### 6.4.1 Algemeen

De NEN-EN 50291-1 stelt geen voorwaarden aan locaties waar CO-detectie aanwezig moet zijn. Wel stelt de norm dat in de gebruiksaanwijzing aanwijzingen moeten zijn opgenomen over de plaatsing en montage.

DE NEN 50292 adviseert om de CO-melder zo te plaatsen dat de indicatielampjes zichtbaar zijn. Verder wordt gesteld dat het niet mogelijk is om specifieke adviezen te geven over de exacte locatie dat passend is voor elk type ruimte en gebruik. Wel worden in deze norm meer specifieke aandachtspunten benoemd die betrekking hebben op de optimale locatie van CO-melders. Deze informatie zal in het verloop van paragraaf 6.4 nader worden besproken. Ook wordt in deze norm gesteld dat CO een dichtheid heeft die vergelijkbaar is met die van omgevingslucht en normaliter wordt uitgestoten als deel van een warm gasmengsel. Daardoor heeft CO de neiging om eerst te stijgen totdat het gasmengsel afkoelt.

De NFPA 720 stelt primair dat CO-melders geïnstalleerd moeten worden volgens de aanwijzingen van de producent zoals is vastgelegd in de gebruiksaanwijzing. Verder wordt gesteld dat in de gebruiksaanwijzing aanwijzingen moeten worden opgenomen over de minimale en aanbevolen afstanden tot verbrandingstoestellen.

<sup>14</sup> Het is niet duidelijk of hiermee ook ingerichte zolders worden bedoeld, zoals zolderslaapkamers.

<sup>15</sup> In Nederland wordt CO-detectie vooralsnog nergens voorgeschreven.

#### 6.4.2 Afstand tot CO-bron

De NEN-EN 50292 adviseert de CO-melder te plaatsen op een horizontale afstand van 1 tot 3 meter tot de dichtstbijzijnde potentiële bron. Wanneer de ruimte is opgedeeld, moet de CO-melder worden opgehangen in het deel waar de potentiële bron zich bevindt. Wanneer er sprake is van een gecombineerde woon-/slaapkamer dan is het advies de CO-melder zo ver mogelijk van het fornuis te plaatsen en zo dicht mogelijk bij het slaapgedeelte.

De NFPA 720 stelt geen voorwaarden aan de afstand van CO-detectie tot de CO-bron, maar stelt wel dat advies hierover in de gebruiksaanwijzing moet worden opgenomen.

#### 6.4.3 Afstand tot omliggende muren en plafonds voor CO-detectie

De NEN-EN 50292 adviseert de CO-melder in een ruimte met een verbrandingstoestel als volgt te plaatsen:

- > Indien de melder op de wand wordt geplaatst:
  - > Dichtbij het plafond, maar ten minste 150 mm vanaf het plafond
  - > Op een hoogte groter dan de hoogte van iedere deur of raam (in de betreffende ruimte)
- > Indien de melder aan het plafond wordt geplaatst:
  - > Ten minste 300 mm vanaf iedere wand
- > Indien de melder aan een schuin plafond wordt geplaatst:
  - > Aan de hoge kant van de ruimte.

De NFPA 720 stelt geen voorwaarden aan de afstand van CO-detectie tot aan obstakels (zoals ruimten met dode lucht) die CO-detectie kunnen belemmeren. Wel staat er in de NFPA 720 genoemd dat wanneer CO-detectie aan de wand wordt bevestigd dit op minimaal 150 mm van het plafond moet zijn.

#### 6.4.4 Hoogte boven vloer

De NEN-EN 50292 adviseert in een ruimte met een verbrandingstoestel de CO-melder aan of vlak onder het plafond te plaatsen. Dit advies sluit aan op de veronderstelling (in de norm) dat CO een dichtheid heeft die vergelijkbaar is met die van omgevingslucht en normaliter wordt uitgestoten als deel van een warm gasmengsel, waardoor CO de neiging heeft om eerst te stijgen totdat het gasmengsel afkoelt.

In een ruimte zonder verbrandingstoestel, zoals in slaapkamers en in ruimten ver gelegen van een verbrandingstoestel (zoals hal of overloop), is het advies om de CO-melder op ademhalingshoogte te plaatsen.

De NFPA 720 stelt dat de effectiviteit van de CO-melder niet afhangt van de plaatsingshoogte. De veronderstelling is namelijk dat de dichtheid van CO vergelijkbaar is met die van lucht bij kamertemperatuur en dat CO over het algemeen goed mengt met lucht. Dit komt echter niet overeen met het voorschrift in hun norm voor melders die aan de wand geplaatst worden, aangezien daar een hoogte van minimaal 2,29 meter (90 inch) wordt genoemd.

#### 6.4.5 Positie (horizontaal of verticaal)

NEN-EN 50291-1 stelt geen voorwaarden aan de positie (horizontaal of verticaal) voor de locatie van CO-detectie. Zo is bij de *'speed of gas test'* genoemd dat de test moet worden uitgevoerd met de melder in de normale gemonteerde positie.

Wel is in een afbeelding voor de test van het geluidsignaal de melder verticaal geplaatst weergegeven. Daarbij is aangegeven dat de melder volgens de voorschriften van de fabrikant moet zijn geplaatst. Ook is een beschrijving opgenomen van een valtest voor

melders die niet zijn bedoeld voor vaste installatie. De test moet worden uitgevoerd met een melder die van 1 meter hoogte en vanuit verticale positie op een betonnen vloer valt.

De NEN-EN 50292 stelt dat de CO-melder zowel horizontaal (aan het plafond), diagonaal (aan het schuine plafond) als verticaal (op de wand) kan worden geplaatst.

#### 6.4.6 Locatie gecombineerde CO-/rookmelder

In de NEN-EN 50291 en NEN-EN 50292 wordt niets genoemd over combinatiemelders. De NFPA noemt dat *“Appliances that are an integral part of a [carbon monoxide] detector, [carbon monoxide] alarm, or other initiating device shall be located in accordance with the requirements for that device.”* Dit houdt in dat een gecombineerde CO-/rookmelder geplaatst moet worden volgens de voorschriften van de rookmelder, dus aan het plafond.

### 6.5 Afgeraden ruimtes en locaties voor CO-detectie

In de NEN50292 worden enkele ruimtes en locaties aangegeven waar CO-melders niet geïnstalleerd moeten worden omdat dit een goede werking verhindert, het apparaat kan beschadigen of omdat dit te vaak een onterecht alarm op levert. De volgende ruimtes en locaties worden daarbij genoemd:

- > In een afgesloten ruimte (bijvoorbeeld in een kast of achter een gordijn);  
*Toelichting: door de melder in een afgesloten ruimte te plaatsen komt deze onvoldoende in contact met omgevingslucht uit een ruimte waardoor de meting niet representatief kan zijn. Zo kan er in de ruimte wel een gevaarlijke concentratie CO hangen, maar bereikt dit de melder niet en klinkt er geen alarm.*
- > Waar het geblokkeerd kan worden (door bijvoorbeeld meubels);  
*Toelichting: Ook in dit geval kunnen obstakels voorkomen dat lucht met CO de melder bereikt (bijvoorbeeld doordat het obstakel een plek met ‘dode’, stilstaande lucht creëert)*
- > Niet boven een gootsteen;  
*Toelichting: Door stoomvorming kan de werking van het apparaat aangetast worden*
- > Naast een deur of raam;  
*Toelichting: Een deur of raam kan de stroming beïnvloeden waardoor niet representatief gemeten kan worden*
- > Naast een afzuigkap, ventilatiekanaal of andere vergelijkbare ventilatieopeningen;  
*Toelichting: Ook hierdoor kunnen stromingen worden beïnvloedt of worden door de aan- en afvoer van (frisse) lucht onjuiste waarden gemeten*
- > In een ruimte waar de temperatuur onder -10 °C of boven 40 °C komt, tenzij het apparaat hiervoor geschikt is;  
*Toelichting: De temperatuur kan de werking van het apparaat aantasten*
- > Daar waar stof en vuil de sensor kunnen blokkeren;
- > In een vochtige locatie;  
*Toelichting: Vocht kan de werking van de apparatuur aantasten*

- > In de nabijheid van kookapparatuur  
*Toelichting: Hierdoor kan vaak een onterecht alarm worden veroorzaakt en kan de werking van de apparatuur worden aangetast*

Ook in de NFPA 720 wordt iets gezegd over ongeschikte locaties voor CO-melders. Daarbij wordt gefocust op het voorkomen van onterechte meldingen. Zo moeten de melders niet op een plaats worden gemonteerd waar deze door schokken of trillingen onbedoeld in werking worden gesteld. Ook moet de melder niet op een plaats komen waar deze in contact kan komen met dampen van petroleum, alcohol of aerosol (deeltjes in de lucht) omdat deze het apparaat onterecht in alarm kunnen laten gaan.

# 7 Plaatsing CO-melders vanuit gebruiksaanwijzingen

## 7.1 Overzicht van onderzochte melders

Voor verschillende koolmonoxidemelders is de gebruiksaanwijzing geanalyseerd op adviezen en aandachtspunten. Daarbij zijn melders geselecteerd die via verschillende (online) winkels verkocht worden. Vervolgens is de bijhorende officiële gebruiksaanwijzing gedownload welke is geanalyseerd. In onderstaande tabel is te zien welke melders geselecteerd zijn<sup>16</sup>. Voor sommige melders bleek dat deze een identieke gebruiksaanwijzing hadden. Deze zijn dan ook samen genomen in de verdere analyse.

**Tabel 7-1: Overzicht van geselecteerde melders en bijhorende gebruiksaanwijzingen**

ID	Merk, type
1	Alecto, COA-24
2, 3	Alecto, COA-26 & COA-28
4	Bavaria, BACM5
5	BRK - First Alert, CO410
6	Conrad-Cordes, CC-4000 (GS811)
7	Ei Electronics, serie Ei207/Ei208
8	ELRO, RM335
9, 10	First Alert, CO-9B-FA-BNL & CO-FA-9D-BNL
11	FireAngel, CO-9XT-NL
12, 13, 14	Honeywell, 13164 X-series (XC70; XC100; XC100D)
15, 16	Kidde, 10LLCO & 10LLDCO
17, 18	Kidde, KN-COPP-B-LS-UK (900-0230) & KN-COB-B-LS-UK (900-0233)

In tabel 7-2 zijn de belangrijkste bevindingen uit de analyse weergegeven. Daarbij is aangekruist welke aanbevolen ruimtes in een gebruiksaanwijzing worden genoemd. Ook is in de tabel opgenomen of de gebruiksaanwijzing iets zegt over de locatie van de melder zoals genoemde afstanden en hoogtes. In bijlage 5 is een volledig overzicht van gevonden informatie te vinden. Daarin staat onder meer of informatie is vermeld over omgevingsomstandigheden, keurmerken, bronnen van CO, kwetsbare bevolkingsgroepen en handelingsadvies bij het in alarm gaan van de melder.

<sup>16</sup> In bijlage 1 is te zien waar de verschillende melders onder andere te koop zijn ten tijde van het onderzoek en waar een gebruiksaanwijzing is gedownload.

Tabel 7-2: Belangrijkste bevindingen analyse gebruiksaanwijzingen CO-melders

x = minimaal; (x) = indirect genoemd; \*  
= aanvullend; (\*) = bij voorkeur

		1	2, 3	4	5	6	7	8	9, 10	11	12, 13, 14	15, 16	17, 18	
Aanbevolen ruimte	Slaapkamer				*		x		*	*	*			
	Slaapkamer OF (gang) vlakbij slaapkamer	x	x	x		x		x					x	
	Iedere slaapverdieping minstens 1 melder				x									
	Iedere verdieping minstens 1 melder	x	x	x	*	x		x				x	x	
	Ruimte met verbrandingstoestel / mogelijke CO-bron						x		x	x	x	(x)		
	Ruimte nabij verbrandingstoestel / mogelijke CO-bron		x	*	*				*			(x)		
	NIET in verwarmingsruimte / ketelruimte	x	x		x	x								x
	NIET in verwarmingsruimte < 4 m3		x											
	Ruimtes zoals genoemd in EN 50292						x		*	*	*			
Op gehoorafstand van slaapkamers				x								x		
In slaapkamers en leefruimtes													x	
Locatie; algemeen	Muur	x	?		x	x	x	x	x	x	x	x		
	Plafond	x							x	x	x			
	Nooit plat op tafel of soortgelijk oppervlak	x	x											
	Mag los op vlakke ondergrond worden geplaatst						x							
	Mobiel, wand- of plafondmontage										x	x		
	Op plaats waar op eenvoudige wijze de maandelijkse test kan worden uitgevoerd.		x											
Zodanig dat de lichtindicatoren op de melder zichtbaar zijn.						x								

Tabel 7-2: Belangrijkste bevindingen analyse gebruiksaanwijzingen CO-melders (vervolg)

x = minimaal; (x) = indirect  
 genoemd; \* = aanvullend;  
 (\*) = bij voorkeur

	1	2, 3	4	5	6	7	8	9, 10	11	12, 13, 14	15, 16	17, 18
Tot verbrandingstoestel (... mm/cm/m)	≥ 2m	≥ 2m	≥ 1.8m	≥ 6m	≥ 3m	1-3m	≥ 1.85m	1-3m	1-3m	1-3m	2-4m	≥ 2m
Tot hellend vlak (schuin plafond) (... mm/cm/m)	≥ 90cm	≥ 90cm										
Tot hoek / dode luchtruimte / aansluiting muur aan plafond (... mm/cm/m), horizontaal	≥ 60cm	≥ 60cm						> 30cm	> 30cm	> 30cm	> 30cm	
Tot hoek / dode luchtruimte / aansluiting muur aan plafond (... mm/cm/m), verticaal				> 10cm		≥ 15cm		> 15cm	> 15cm	> 15cm	> 30cm	
Tot kooktoestel, fornuis (... mm/cm/m)				≥ 1.5m								
Tot bronnen met een hoog vochtgehalte (... mm/cm/m)				≥ 3m								
≥ 0.5m van gasontladingslamp (TL-halogenen)	x	x										
In kleine ruimte (< 4 m3) met verbrandingsapparaat melder buiten ruimte plaatsen		x										
> 30 cm van eventuele voorwerpen op het plafond, zoals lampen.								x	x			
≥ 6 m van (...) apparaten zoals een waterkoker				x								
≥ 2 m rondom verwarmings- of kooktoestellen. 5 meter wordt aanbevolen												x
≥ 3 m van toestellen op bereik van 2,4 GHz							x					
Binnen gehooraafstand van slaapkamers					x						x	
Bij slaapkamergang langer dan 12 m aan elk eind van de gang een melder				x								
Bij opgedeelde ruimte aan kant van potentiële bron						x						

**Tabel 7-2: Belangrijkste bevindingen analyse gebruiksaanwijzingen CO-melders (vervolg)**

x = minimaal; (x) = indirect  
 genoemd; \* = aanvullend;  
 (\*) = bij voorkeur

		1	2, 3	4	5	6	7	8	9, 10	11	12, 13, 14	15, 16	17, 18
<b>Locatie; hoogte</b>	In opstelruimte: dichtbij plafond en hoger dan hoogste rand van deuren en ramen										x		
	Boven vloer in ruimtes zonder open verbrandingstoestel		1.5m										
	Boven vloer, geen specifieke ruimte genoemd	1.5m (*)		≥ 1.5m		1.8m	≤ 1.6m	≥ 1.5m				1.5m	1.5m
	Op gezichtshoogte (tijdens slapen) / dicht op ademgebied						x		x		x		
	Op ooghoogte...											x	x
	... i.v.m. aflezen van display of controleren van LED-lampjes.					x							x
	Dichtbij plafond en hoger dan alle ramen en deuren								x		x		
	Bij mobiele toepassing ≤ 1m i.v.m. valschade											x	x



## 7.2 Verwijzing naar normen

In bijna alle gebruiksaanwijzingen wordt verwezen naar een normering. In één gebruiksaanwijzing ontbreekt de verwijzing naar een norm of richtlijn. In de betreffende gebruiksaanwijzing is alleen een CE logo te vinden. Van de overige melders mag verwacht worden dat deze voldoen aan de voorschriften zoals gesteld in de opgenomen richtlijn. Eén melder verwijst in zijn gebruiksaanwijzing naar de Underwriters Laboratories Inc. Standaard, UL2034. De overige CO-melders (16 van de 18) verwijzen naar de EN 50291 norm. Tegelijkertijd staat er slechts bij 3 van deze 16 melders een daadwerkelijk keurmerknummer genoemd. Bij de overige ontbreekt dit.

Dat niet alle CO-melders verwijzen naar een norm of richtlijn is niet bijzonder. De relevante normen NEN 50291, NFPA 720 of UL 2034 hebben in Nederland namelijk geen wettelijke status.

## 7.3 Ruimten waarin CO-detectie wordt voorgeschreven

In de gebruiksaanwijzingen worden veel verschillende ruimtes genoemd waar de CO-melder zou moeten hangen. Daarbij is er onderscheid tussen ruimten waar minimaal een melder wel (of niet) moet komen te hangen, en ruimten die als aanvullend, aanbevolen of indirect genoemd zijn. Dit onderscheid is in tabel 7-2 terug te vinden.

Slaapkamers zijn een veelgenoemde ruimte in de gebruiksaanwijzingen. Zo staat bij 9 melders genoemd dat deze in de slaapkamer of vlakbij de slaapkamer gemonteerd moet worden (n=9; 50%), en 7 andere gebruiksaanwijzingen bevelen dit aan (n=7; 39%). Daarnaast wordt vaak aangegeven of aanbevolen dat op iedere verdieping minstens één CO-melder moet hangen (n=11; 61%). In 7 onderzochte gebruiksaanwijzingen staat genoemd dat de melder in een ruimte moet hangen met een verbrandingstoestel of mogelijke CO-bron (n=7; 39%). Bij twee gebruiksaanwijzingen wordt dit indirect aangegeven. In twee andere gebruiksaanwijzingen wordt aangegeven dat de melder minimaal *nabij* een verbrandingstoestel of CO-bron moet komen te hangen (n=2; 11%). Drie andere gebruiksaanwijzingen geven dit als aanvullende ruimte (n=3; 17%). Daarentegen staat in 7 onderzochte gebruiksaanwijzingen dat een CO-melder juist niet in een verwarmingsruimte of ketelruimte moet komen te hangen (n=7; 39%), waar dit toch potentiële CO-bronnen zijn. Verder wordt er door sommige gebruiksaanwijzingen verwezen naar ruimtes zoals genoemd in NEN-EN 50291 (n=7; 39%) en staat er in 3 gebruiksaanwijzingen dat melders op gehoorafstand van slaapkamers geplaatst moeten worden. Het overzicht zoals te zien is in tabel 7-2 laat zien dat in meerdere gebruiksaanwijzingen meerdere ruimtes worden benoemd waar een CO-melder zou moeten hangen. In die gevallen is het dus eigenlijk noodzakelijk om meerdere CO-melders te plaatsen om te kunnen voldoen aan het advies uit de gebruiksaanwijzing.

Het advies over installatie van de melders wordt in zowel de NEN als in de NFPA norm overgelaten aan de fabrikant. De voorschriften vereisen wel dat informatie over plaatsing en montage in gebruiksaanwijzingen zijn opgenomen, maar leggen geen specifieke locaties voor. In alle gebruiksaanwijzingen is inderdaad informatie over plaatsing en montage terug te vinden, al zijn deze niet eenduidig en soms zelfs tegensprekend. De NEN-EN 50291 norm adviseert om in iedere verbrandingsruimte een melder op te hangen. In zeven

gebruiksaanwijzingen is dit advies direct terug te vinden. Zeven andere gebruiksaanwijzingen spreken dit advies tegen en vermelden dat melders niet in een verwarmings- of ketelruimte moet komen te hangen. In veel gebruiksaanwijzingen staat het advies om melders in of direct nabij slaapkamers te monteren en deze locaties worden ook zowel in de NEN als NFPA norm als aanbevolen locatie genoemd. Het advies in de NFPA 720 dat op elke verdieping een CO-melder geplaatst moet worden is ook terug te vinden in de meeste gebruiksaanwijzingen.

## 7.4 Voorgeschreven locatie van CO-detectie

### 7.4.1 Afstand tot CO-bron

In alle gebruiksaanwijzingen wordt een afstand genoemd tussen plaats van montage en de potentiële CO-bron. Hierbij wordt soms een minimale tussenliggende afstand aangegeven, terwijl in andere gevallen een afstandsinterval wordt beschreven. In zeven gebruiksaanwijzingen (n=7; 39%) staat genoemd dat de melder tussen 1 en 3 meter van een verbrandingstoestel moet worden geplaatst en bij twee melders (n=2; 11%) wordt aangegeven dat deze afstand tussen 2 en 4 meter moet liggen. Bij vijf melders (n=5; 28%) wordt aangegeven dat de melder op minimaal 2 meter van de CO-bron moet komen en bij één melder op meer dan 3 meter (n=1; 5%). Bij twee andere melders wordt deze afstand gezet op minimaal 1,80 meter (n=1; 5%) respectievelijk 1,85 meter (n=1; 5%). De grootste afstand die genoemd wordt is minimaal 6 meter tussen melder en CO-bron (n=1; 5%).

De afstand is voor 7 melders gelijk zoals deze in de NEN norm wordt geadviseerd, namelijk 1 tot 3 meter. Dit betekent dat verschillende melders die aangeven te voldoen aan de NEN-norm een andere afstand adviseren. Hoewel geen van de gebruiksaanwijzingen aangeeft dat melders binnen 1 meter geplaatst te worden, lopen de minimale en maximale afstanden toch behoorlijk uiteen.

### 7.4.2 Afstand tot omliggende muren en plafonds voor CO-detectie

Er worden verschillende afstanden genoemd die in acht moeten worden genomen bij het monteren van CO-melders om te voorkomen dat deze achter een obstakel of in ruimte met dode lucht terecht komen. Zo wordt er bij 11 melders (n=11; 61%) een afstand tot muren genoemd wanneer de melder aan het plafond wordt bevestigd. Hierbij wordt 3 maal aangegeven dat de horizontale afstand tussen melder en muren minimaal 60 centimeter moet zijn, en wordt bij 8 melders een tussenliggende afstand vermeld die groter moet zijn dan 30 centimeter. In 7 gebruiksaanwijzingen wordt hiervoor geen afstand genoemd. Bij 10 melders (n=10; 55%) wordt een minimale verticale afstand vermeld tussen melder en plafond wanneer de melder aan een muur wordt bevestigd. De genoemde afstanden zijn meer dan 30 centimeter (n=2; 11%), 15 centimeter (n=7; 39%) en 10 centimeter (n=1; 5%). Bij 3 gebruiksaanwijzingen wordt aangegeven dat de melders op minimaal 90 centimeter van een hellend vlak moeten worden geplaatst (n=3; 17%).

In de NEN-EN 50292 norm wordt het advies gegeven om melders op ten minste 300mm van omliggende muren te plaatsen. Dit advies is bij de meerderheid, namelijk 11 van de 18, melders terug te vinden. Toch ontbreekt dit concrete afstandsadvies bij 7 gebruiksaanwijzingen. Informatie over afstand tot plafonds is bij een krappe meerderheid terug te vinden. Eén daarvan geeft hierbij een advies van minder dan de 150mm zoals die in de NEN-EN wordt geadviseerd. Bij 8 gebruiksaanwijzingen wordt geen specifieke afstand genoemd.

### 7.4.3 Hoogte boven vloer

In de gebruikersaanwijzingen worden verschillende hoogten genoemd waarop de melders gemonteerd moeten worden. Sommige gebruiksaanwijzingen noemen specifieke getallen terwijl andere omschrijvingen geven. Zo staat in zeven gebruiksaanwijzingen dat de melder op 1,50 meter boven de vloer moet komen te hangen (n=7; 39%). Daarbij geven twee gebruiksaanwijzingen aan dat dit geldt voor ruimtes zonder open verbrandingstoestel. Bij twee gebruiksaanwijzingen staat dat de melder op 1,50 meter *of* hoger geplaatst moet worden (n=2; 11%). In een andere gebruiksaanwijzing staat dat de melder op gezichtshoogte / dicht bij het ademgebied geplaatst moet worden en geeft aan dat de melder daarom op 1,60 meter *of* lager geplaatst moet worden (n=1; 5%). Een andere gebruiksaanwijzing geeft aan dat de melder op ooghoogte geplaatst moet worden in verband met het aflezen van het display *of* controleren van de lampjes. Hier wordt dan ook aangegeven dat de melder op 1,80 meter boven de vloer moet komen (n=1; 5%). Bij vijf andere melders wordt aangegeven dat deze op gezichtshoogte / dicht bij het ademgebied moeten hangen, maar is een hoogte niet specifiek gemaakt (n=5; 28%). Deze vijf gebruiksaanwijzingen geven wel aan dat de melders dichtbij het plafond en hoger dan alle ramen en deuren geplaatst moeten worden. Bij twee melders wordt in de gebruiksaanwijzing geen aanwijzing gegeven over de hoogte waarop deze melders gemonteerd moeten worden (n=2; 11%).

In de NEN-EN 50291 en 50292 worden geen specifieke afstanden genoemd tussen vloer en hoogte van de CO-melder. Daarin lijken de gebruiksaanwijzingen dus verder te gaan dan de norm. Wel wordt in de norm aangegeven dat melders in bronruimte op of bij het plafond moeten komen en in ruimtes verder van de bronruimte af ademhoogte is aanbevolen. In de meeste gebruiksaanwijzingen is dit advies en onderscheid niet terug te vinden. Zo wordt vaak alleen maar een afstand van 1,50 meter genoemd terwijl dit eigenlijk alleen van toepassing zou moeten zijn op ruimten waar melders op ademhoogte moeten komen te hangen. Soms worden er meerdere adviezen gegeven dat melders dicht bij het plafond maar ook op ademhoogte moeten komen te hangen en één keer wordt aangegeven dat de melder niet hoger dan 1,60 meter boven de vloer moet komen te hangen waarmee een locatie op het plafond wordt uitgesloten.

### 7.4.4 Positie (horizontaal of verticaal)

In sommige gebruiksaanwijzingen wordt aangegeven of de melder aan het plafond (horizontaal) of aan een muur/wand (verticaal) geïnstalleerd moet worden. In totaal valt er in 6 gebruiksaanwijzingen te lezen of op te maken dat melders aan een wand en dus verticaal gemonteerd moeten worden (n=6; 33%). Twee van deze melders kunnen ook als mobiele toepassing (losstaand) geplaatst worden. Bij zeven melders wordt aangegeven dat de melders zowel aan de muur (verticaal) als ook aan het plafond en dus horizontaal gemonteerd kunnen worden (n=7; 39%). In twee gebruiksaanwijzingen wordt niet aangegeven of de melder op de muur of plafond geïnstalleerd kan worden, maar wordt wel geschreven dat de melder nooit plat op tafel of soortgelijk oppervlak mag worden geplaatst (n=2; 11%). Bij drie andere gebruiksaanwijzingen is niet duidelijk of de melders horizontaal, verticaal of mogelijk op beide manieren geplaatst kunnen worden (n=3; 17%).

Vanuit de NEN-EN normen is niet aangegeven of melders horizontaal of verticaal geplaatst moeten worden. Dit wordt overgelaten aan het advies van de producent. Toch blijkt dat niet in alle gebruiksaanwijzingen duidelijk wordt of melders horizontaal (zoals aan plafond) of verticaal (zoals op wand) geplaatst moeten worden of dat dit allebei kan.

## 7.5 Afgeraden locaties voor CO-detectie

Naast afstanden tot muren en plafonds worden er in de gebruiksaanwijzing nog enkele andere afstanden genoemd. Zo wordt in twee gebruiksaanwijzingen aangegeven dat de melders op minimaal 30 centimeter van voorwerpen aan het plafond moeten komen, zoals lampen. Ook geven 3 gebruiksaanwijzingen aan dat melders op een bepaalde afstand van kooktoestellen moeten komen. In één geval wordt hiervoor een afstand van minimaal 1,50 meter genoemd en in de andere twee gevallen een minimale afstand van 2 meter (met een aanbeveling voor minimaal 5 meter). In één gebruiksaanwijzing staat genoemd dat de melder niet binnen 6 meter mag hangen van apparaten als een waterkoker. Daarnaast geven twee gebruiksaanwijzingen aan dat de melder niet in de buurt moet hangen van gasontladingslampen zoals TL-halogenen. Verder wordt in 3 gebruiksaanwijzingen aangegeven dat melders op gehoorafstand van slaapkamers moeten komen hangen. Hoe groot deze afstand vervolgens mag zijn is niet nader gespecificeerd.

In de gebruiksaanwijzingen zijn (delen van) de adviezen uit de NEN-EN normen over af te raden locaties terug te vinden. Daarbij wordt niet duidelijk of het gaat om algemene adviezen die daaruit gekopieerd zijn of dat deze specifiek voor de betreffende CO-melder gelden.

# 8 Vergelijking literatuur, normen en gebruiksaanwijzingen

Vanuit de literatuur is bekend welke ruimten en locaties geadviseerd worden om CO te kunnen detecteren. In de NEN-EN 50291 en NFPA 720 staan helaas geen duidelijke voorschriften over de ruimte of locatie, behalve dat advies hierover in gebruiksaanwijzingen moet zijn opgenomen. In de NEN-EN 50292 norm komen wel duidelijke adviezen naar voren met betrekking tot aanbevolen ruimten en locaties. In alle bestudeerde gebruiksaanwijzingen is inderdaad informatie gevonden over de installatie van CO-melders. Toch zitten er onderling grote verschillen in onder meer geadviseerde ruimtes, installatiehoogten en afstand tot aan CO-bronnen. In dit hoofdstuk zal kort een vergelijking worden gemaakt tussen informatie uit de literatuur, normen en gebruiksaanwijzingen met betrekking tot ruimte en locatie voor het plaatsen van een CO-melder. Ook is er belangrijke informatie gevonden over de relatie melders-toxiciteit. Maar omdat dit formeel geen onderdeel van het onderzoek uitmaakt is de informatie hierover opgenomen in bijlage 2 en 3.

## 8.1 Ruimten voor CO-melders

In de literatuur komt naar voren dat de belangrijkste locatie om een CO-melder op te hangen een ruimte met een verbrandingstoestel is, een zogenaamde bronruimte. Dit advies komt ook naar voren in de NEN-EN 50292. In de NEN-EN 50291 en NFPA 720 norm is geen expliciet advies weergegeven omtrent de primaire ruimte voor een CO-melder. In slechts 7 onderzochte gebruiksaanwijzingen is het advies uit de literatuur en NEN-EN 50292 terug te vinden en wordt vermeld dat CO-melders in dezelfde ruimte moeten komen te hangen als een potentiële CO-bron. Daarentegen wordt in 7 andere gebruiksaanwijzingen dit advies tegengesproken en wordt vermeld dat de betreffende CO-melder niet in een verwarmings- of ketelruimte mag komen te hangen. De achterliggende reden wordt daarbij niet duidelijk.

Veel gebruiksaanwijzingen geven aan dat melders in of bij slaapkamers moeten hangen. In de literatuur is niet expliciet naar voren gekomen dat slaapkamers een primaire locatie voor CO-melders zouden moeten zijn. Wel komt daar naar voren dat CO-melders aanbevolen zijn voor ruimten waarin men langere tijd verblijft. Een slaapkamer is in dat geval een logische vertaling van een dergelijke ruimte.

Het advies in de NFPA 720 dat op elke verdieping een CO-melder geplaatst moet worden is ook terug te vinden in veel gebruiksaanwijzingen. In de literatuur is in dit kader gevonden dat het plaatsen van melders op lager gelegen verdiepingen dan bronruimtes onvoldoende bescherming biedt. Deze informatie is echter niet expliciet teruggevonden in de normen of gebruiksaanwijzingen.

Uit het literatuuronderzoek en interview komt ook naar voren dat lekkages in rookafvoerkanalen de oorzaak kunnen zijn van het vrijkomen van CO, en dit misschien nog

wel vaker het geval is dan een defect aan apparatuur. Toch komt dit noch in de regelgeving, noch in de gebruiksaanwijzingen vaak en expliciet naar voren.

## 8.2 Locatie voor CO-melders

Vanuit de literatuur komt sterk naar voren dat melders in de bronruimte zo hoog mogelijk geplaatst moeten worden. Binnen meerdere onderzoeken is naar voren gekomen dat melders in de bronruimte aan het plafond bevestigd moeten worden om het snelst te kunnen alarmeren bij het vrijkomen van CO uit het verbrandingsapparaat. De installatie adviezen zoals in de NEN-EN 50292 zijn opgenomen komen hier redelijk goed mee overeen. Toch wordt hier nog de mogelijkheid open gehouden om ook in een bronruimte CO-melders op een wand of muur te plaatsen al wordt daar wel de conditie aan gesteld dat de melder op minimaal 150 mm van het plafond geplaatst moet worden, een afstand zoals ook in de literatuur terug komt. Bij veel gebruiksaanwijzingen blijft het bij de opmerking dat de melder in de buurt van het plafond moet komen te hangen. Ook zijn er in de gebruiksaanwijzingen afstanden tot de vloer gevonden die niet overeenkomen met het advies om melders (in bronruimten) aan of dichtbij het plafond te bevestigen. Zo staat in zeven gebruiksaanwijzingen dat de melder op 1,50 meter boven de vloer moet komen te hangen waarbij slechts twee gebruiksaanwijzingen aangeven dat dit geldt voor ruimtes zonder open verbrandingstoestel. Ook is er een advies gevonden om de melder op 1,60 meter *of lager* te plaatsen. Opnieuw is hierbij niet vermeld of het om een bronruimte of andere ruimte gaat.

In de literatuur zijn meer locatievoorschriften gevonden zoals deze ook terug zijn te vinden in de NEN-EN 50292. Zo komt de afstand van 1 tot 3 meter tot aan de CO-bron terug in verschillende onderzoeken én in de betreffende norm. Bij bestudering van gebruiksaanwijzingen zijn hele andere getallen tegen gekomen zoals een afstand tussen 2 en 4 meter of zelfs minimaal 6 meter van de CO-bron. Hoe men tot deze afstanden is gekomen is niet bekend.

Wanneer het gaat om ruimten anders dan de bronruimte, wordt vanuit de literatuur vaak aanbevolen om melders minimaal op ademhoogte te plaatsen. Dit komt overeen met de geadviseerde hoogte voor zulke ruimten zoals in de NEN-EN 50292 norm wordt geadviseerd. Het komt ook meer in de buurt van gebruikershandleidingen waarin vaak een hoogte wordt geadviseerd van 1,50 meter, al wordt hier dan vaak niet vermeld dat het niet om bronruimten moet gaan.

Vaak ontbreken duidelijke locatievoorschriften in gebruiksaanwijzingen of worden adviezen gevonden welke niet vanuit de literatuur of verschillende normen verklaard kunnen worden.

# 9 Conclusies

In de voorgaande hoofdstukken is ingegaan op beschikbare informatie over de juiste plaatsing van CO-melders. Daarbij is gezocht naar kennis in de (wetenschappelijke) literatuur, is regelgeving bestudeerd en zijn gebruiksaanwijzingen van verschillende CO-melders onderzocht. De informatie uit deze verschillende bronnen zijn in het voorgaande hoofdstuk met elkaar vergeleken. In dit hoofdstuk wordt op basis van de gevonden informatie een antwoord gegeven op de hoofd- en deelvragen.

## 9.1 Beantwoording hoofd- en deelvragen

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag zijn een aantal deelvragen geformuleerd. Allereerst zullen deze deelvragen behandeld worden, waarna de hoofdvraag van dit onderzoek wordt beantwoord.

### 9.1.1 Deelvraag 1

De eerste deelvraag had tot doel om relevante regelgeving en normen in kaart te brengen en luidde als volgt:

*Wat is er in regelgeving of normen opgenomen over de beste locatie van CO-melders in de woonomgeving, en waarop zijn deze gebaseerd?*

In formele regelgeving is niets specifiek opgenomen over de beste locatie voor CO-melders in een woonomgeving. Zo staan er in het bouwbesluit wel eisen met betrekking tot opstelplaats en veilig gebruik van verbrandingsapparaten en rookafvoerkanalen, maar worden er geen eisen gesteld voor de aanwezigheid of locatie van CO-melders. Er zijn wel normen gevonden die betrekking hebben op koolmonoxidemelders. Voor de Nederlandse markt zijn de NEN-EN 50291 en NEN-EN 50292<sup>17</sup> normen en voorschriften relevant. Daarnaast blijken de Amerikaanse NFPA 720 norm en het UL 2034 voorschrift relevant in relatie tot koolmonoxidemelders. Alle genoemde normen en voorschriften worden niet gestuurd vanuit de wetgeving en hebben daarom geen formele wettelijke status.

In de NEN-EN 50291 worden geen voorwaarden gesteld aan ruimten waar CO-melders geplaatst moeten worden. Wel staat er in opgenomen dat advies over plaatsing en montage in de gebruiksaanwijzing moet zijn opgenomen. Dat gebeurt ook in de NFPA 720. In de NEN-EN 50292 staan wel adviezen over plaatsing. Daarin staat als primaire locatie voor een CO-melder ruimtes met een verbrandingstoestel. De toelichting op de NFPA 720 geeft aan dat melders in deze ruimte vroegtijdig kunnen alarmeren maar stelt niet expliciet in haar voorschriften dat melders daarom primair in een verbrandingsruimte moeten worden geplaatst. De NEN-EN geeft verder het advies om CO-melders te plaatsen in slaapkamers en afgelegen ruimten waar personen langdurig verblijven. Ook in de NFPA 720 wordt geadviseerd om CO-melders te plaatsen in de nabijheid van slaapkamers. Aanvullend wordt daarin geadviseerd om op iedere verdieping (m.u.v. zolders en kruipruimten) een CO-melder te plaatsen. Dit advies komt niet terug in NEN-EN normen.

---

<sup>17</sup> Het verschil tussen beide normen wordt beschreven in paragraaf 6.1



Voor de locatie in een ruimte staan er in de NEN-EN 50291 en NFPA 720 geen duidelijke voorschriften vermeld. Hierin wordt vooral gesteld dat informatie hierover moet zijn opgenomen in de gebruiksaanwijzing van de CO-melder. In de NEN-EN 50292 worden wel enkele algemene aandachtspunten voor de optimale locatie van CO-melders gegeven. Zo staat er vermeld dat CO als onderdeel van een warm gasmengsel in het begin de neiging heeft tot opstijgen in een ruimte en melders daarom bij de bronruimte dichtbij of aan het plafond bevestigd moeten worden. Het advies is om bij montage op de wand dichtbij maar minimaal 150mm van het plafond te blijven en bij montage op het plafond minimaal 300mm van muren. In de NFPA is ook te vinden dat bij montage op de wand melders minimaal op 2,29 meter hoogte moeten komen, maar ook nu staat dat deze op 150mm van het plafond moeten blijven. In ruimtes die geen verbrandingstoestel hebben, staat in de NEN-EN 50292 het advies deze op ademhoogte te plaatsen.

In zowel de NEN-EN 50292 als in de NFPA 720 staat iets genoemd over af te raden locaties voor CO-melders. Daarin blijft de NFPA 720 meer algemeen en focust het vooral op het voorkomen van ongewenste meldingen. Dit komt ook terug in de NEN-EN 50292 waarin wel specifieke locaties worden afgeraden zoals een afgesloten ruimte, naast een gootsteen of in de buurt van kookapparatuur. Daarbij ligt de focus van de NEN-EN 50292 naast het voorkomen van ongewenste meldingen ook op de werking van het apparaat en mogelijke beschadiging.

Vanuit de normen zelf wordt niet duidelijk waar deze op zijn gebaseerd en of dit op wetenschappelijk onderzoek berust. Wel is bekend dat deze normen in het algemeen ontstaan op basis van consensus tussen verschillende partijen zoals fabrikanten, leveranciers, overheid en consumentorganisaties. Hierdoor ontstaat draagvlak voor een norm, maar kan de onderbouwing vanuit de wetenschap ontbreken of een minder groot belang krijgen.

### 9.1.2 Deelvraag 2

De tweede deelvraag gaat in op gebruiksaanwijzingen van CO-melders:

*Welke adviezen en aandachtspunten komen uit gebruiksaanwijzingen van CO-melders (bij de bron of niet, hoogte, ruimte, levensduur, advies na alarmering)?*

Vanuit de NEN-EN 50291 norm wordt voorgeschreven dat leveranciers in hun gebruiksaanwijzing advies moeten verschaffen over de plaatsing en montage van de CO-melder. De leverancier bepaalt dus in deze de plaats van installatie. In alle bestudeerde gebruiksaanwijzingen is een advies gevonden over waar de melder moet komen te hangen. Toch zitten er veel verschillen tussen de gebruiksaanwijzingen, is niet duidelijk waar deze op gebaseerd zijn en worden instructies vaak onvoldoende specifiek gemaakt. Ook worden er installatievoorschriften en –adviezen teruggevonden die niet overeenkomen met adviezen zoals terug te vinden in de literatuur of in normen.

Zo wordt in de meeste gebruiksaanwijzingen aangegeven dat de CO-melder in de slaapkamer of bij de slaapruijme moet worden geplaatst. Bij minder dan de helft van de onderzochte gebruiksaanwijzingen is het advies te lezen dat melders in een ruimte moeten hangen met een verbrandingstoestel of mogelijke CO-bron. Er zijn zelfs gebruiksaanwijzingen waarin het tegenstrijdige advies wordt gegeven en vermeld staat dat de melder juist niet in de ruimte moet hangen met een verbrandingsapparaat. Het vermoeden bestaat dat het voorkomen van ongewenste of valse meldingen hier aan ten grondslag ligt.

Als het gaat om de locatie van een melder is in alle gebruiksaanwijzingen wel een advies opgenomen over de afstand tussen de melder en een potentiële CO-bron. De genoemde



afstanden betreffen regelmatig alleen maar een minimale afstand en verschillen onderling sterk. Zo variëren deze van minimaal 1,80 meter tot minimaal 6 meter van de bron. Maximale afstanden worden regelmatig niet aangegeven. Het komt dan ook vaak voor dat de afstanden niet overeenkomen met kennis uit de literatuur of het voorschrift in de NEN-EN 50292. Het wordt niet duidelijk waar de verschillen tussen de gebruiksaanwijzingen vandaan komen. Ook zijn er behoorlijke verschillen terug te vinden in geadviseerde afstand tot omliggende muren en plafonds, als deze al in de gebruiksaanwijzing zijn opgenomen. Vaak wordt niet aangegeven of eenmelder aan het plafond moet worden gemonteerd of dat deze aan een wand moet worden geplaatst. Als er in de gebruiksaanwijzing al een installatiehoogte specifiek wordt gemaakt, wordt vaak aangegeven dat melders op 1,50 meter hoogte moeten komen te hangen. Soms wordt vermeld dat dit de minimale hoogte is, maar er is ook het advies gevonden dat melders op een hoogte beneden 1,60 meter moet komen te hangen. Het verschil tussen montagehoogte voor de bronruimte en overige ruimten komt in gebruiksaanwijzingen (bijna) niet naar voren. In de gebruiksaanwijzingen zijn ook een veelvoud aan af te raden locaties te vinden. Ook hierin verschillen de gebruiksaanwijzingen onderling en is het lastig om één lijn te ontdekken.

Kortom, er zitten behoorlijk veel verschillen tussen de gebruiksaanwijzingen als het gaat om opgenomen informatie over ruimte(n) en locaties waar de melder geïnstalleerd moet worden. Ook worden in meerdere gevallen niet de adviezen gevolgd zoals deze terug te vinden zijn in de literatuur en NEN-EN normen of worden zelfs tegenstrijdige adviezen gegeven. De vele onderlinge verschillen, vaagheden, onduidelijkheden en zelfs tegenstrijdigheden geven aan dat het overlaten van installatieadvies aan de leverancier niet succesvol is. Eén van de belangrijkste punten daarbij is dat veel gebruiksaanwijzingen het advies geven om melders te monteren in slaapkamers, terwijl het juist van groot belang is om CO-melders primair in bronruimten te plaatsen.

### 9.1.3 Deelvraag 3

De laatste deelvraag heeft betrekking op wat er vanuit onderzoek bekend is over de plaatsing van CO-melders:

*Wat is er bekend uit (inter)nationaal onderzoek over de invloedsfactoren voor de (beste) locatie van CO-melders in de woonomgeving*

Voor de ontwikkeling en verspreiding van CO in woningen zijn brandstof verbrandende apparaten van belang. Dit kunnen open verbrandingstoestellen zijn maar ook gesloten systemen en moderne cv-ketels bieden geen garantie op het niet vrijkomen van CO. Daarbij hoeft het niet alleen te gaan om een defect in de apparatuur. Ook lekkages in (rook-) afvoerkanalen spelen een belangrijke rol in het vrijkomen van CO in woningen. Buiten CO-bronnen in een woning kunnen deze ook in de directe omgeving buiten de woning aanwezig zijn, en op deze manier schadelijke concentraties naar binnen brengen.

Wanneer het gaat om de verspreiding van CO door een woning zijn de volgende belangrijkste punten tijdens het literatuuronderzoek naar voren gekomen:

- > CO-gas is ongeveer 3 procent lichter dan gasvormige lucht. Dit betekent dat CO zich eenvoudig en gelijkmatig mengt met omgevingslucht.
- > Over het algemeen is verspreiding van het gas door luchtstromingen in twee classificaties onder te verdelen, namelijk in mechanisch gedreven stroming en natuurlijk gedreven stroming.
- > Bij CO-verspreiding door mechanische stroming is in het ventilatiegebied vrijwel direct sprake van een goede opmenging van CO met omgevingslucht. Bij natuurlijk gedreven stroming verplaatst de (opgemengde) lucht zich vooral naar dezelfde en hoger gelegen

verdiepingen en maar in beperkte mate naar lager gelegen verdiepingen. Dit is vooral het geval wanneer er kieren en openingen (bijvoorbeeld een trapopgang of ventilatiekanalen) in de vloer aanwezig zijn.

- > In een ruimte met een CO-bron is bij een CO-lekkage in het algemeen sprake van een uitstoot van warme lucht met CO, waardoor sprake is van CO-verspreiding door natuurkundige principes en het als eerste zal opstijgen in de ruimte. De dynamica van deze CO-verspreiding is vergelijkbaar met de principes zoals beschreven in de modelleringsprincipes voor rookverspreiding in een ruimte.
- > Uit experimenten in woningen blijkt dat CO zich via gipswanden kan verspreiden.
- > Doorgaans is het CO-gas in een bronruimte binnen tien minuten volledig met de omgevingslucht opgemengd.
- > Bij open binnendeuren kan CO zich binnen één tot twee uur door het huis verspreiden. Natuurlijke CO-verspreiding (in warme lucht) kan dan ook goed kan worden tegengegaan door binnendeuren te sluiten.
- > Wanneer sprake is van geforceerde ventilatie, dan mengt de CO zich vrijwel direct met de omgevingslucht en verplaatst zich eenvoudig via de geforceerde ventilatiestroming.

Vanuit de literatuur blijkt dat CO-melders geplaatst moeten worden in ruimten met verbrandingsapparaten (bronruimten) en in ruimtes waar mensen het vaakst verblijven. Er zijn twee geschikte locaties om CO-melders op te hangen, afhankelijk van de ruimte die het betreft:

- > **Aan het plafond:** In ruimtes met een CO-bron en andere ruimtes waarin koolmonoxide zich nog in de hete verbrandingsgassen bevindt moet de melder aan het plafond komen te hangen. De melder moet binnen 1 tot 3 meter van het verbrandingsapparaat, minimaal op 30 centimeter van muren worden gemonteerd en bij voorkeur in het midden van de ruimte. Wanneer de melder in een ruimte met mogelijk hete verbrandingsgassen echter op een muur wordt bevestigd, moet deze op minimaal 15 centimeter tot maximaal 80 centimeter van het plafond komen en hoger worden gemonteerd dan in de ruimte aanwezige verbindingen met aangrenzende ruimten (zoals deur- en raamopeningen). De melder moet uit de buurt van luchtinlaten of luchtuitlaten worden gemonteerd.
- > **Aan de wand, op ademhoogte of hoger:** In ruimtes anders dan waar zich een brandstof verbrandend apparaat bevindt en waarin mensen verblijven, moet een melder aan de wand minimaal op ademhoogte worden geplaatst. In ruimtes op afstand van de bronruimte heeft de hoogte waarop de melder geplaatst wordt namelijk geen significante invloed op de werking hiervan en is het zinvol de melder op een hoogte te plaatsen die voor de mens het grootste gevaar oplevert.

Verder bleek dat CO-detectie niet effectief is wanneer de melders geplaatst worden op lager gelegen verdiepingen dan waar een mogelijke bron zich bevindt. Ook bij gesloten deuren tussen de melder en de mogelijke bron kunnen personen die zich dicht bij de bron bevinden dan de CO-melder, ernstig in gevaar worden gebracht aangezien de CO eerder bij de personen komt dan bij de CO-melder.

### 9.1.4 Hoofdvraag

Met het antwoord op deze drie deelvragen kan een antwoord op de hoofdvraag worden geformuleerd. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt:

*Wat is de beste locatie voor het ophangen van een CO-melder (en een gecombineerde rook/CO-melder) in de woonomgeving en in hoeverre komt dit overeen met adviezen van leveranciers en geldende richtlijnen?*

Uit het onderzoek komt naar voren dat een CO-melder primair in bronruimten gemonteerd dient te worden. Daarbij gaat het om ruimten waar mogelijke CO-bronnen, zoals brandstof verbrandende apparaten en afvoerkanalen van rookgassen, aanwezig zijn. In de bronruimte dienen CO-melders aan het plafond gemonteerd te worden op een afstand van 1 tot 3 meter van de bron. Daarbij moet de melder bij voorkeur centraal in de ruimte komen te hangen maar moet er minimaal een afstand van 30 centimeter tot aangrenzende muren worden aangehouden. Ook moet de melder niet naast luchtinlaten of luchtuitlaten worden geplaatst. Wanneer een melder in de bronruimte toch op de wand moet worden geplaatst, moet deze op minimaal 15 centimeter tot maximaal 80 cm van het plafond komen en hoger worden gemonteerd dan in de ruimte aanwezige verbindingen met aangrenzende ruimten (zoals deur- en raamopeningen). Daarnaast is het advies om CO-melders op te hangen in ruimten waar men langere tijd verblijft waaronder slaapkamers. In deze ruimten is het advies om de melders, mits er zich geen brandstof verbrandend apparaat in de ruimte bevindt, op ademhoogte of hoger te plaatsen.

Dit advies komt goed overeen met wat er vanuit de NEN-EN 50292 wordt voorgeschreven. Ook in deze norm wordt namelijk het advies gegeven om melders in bronruimten te monteren en staat vermeld dat CO-melders hier dichtbij of aan het plafond gemonteerd moeten worden. Ook komen genoemde afstanden in de NEN-EN 50292 overeen met wat in de literatuur naar voren is gekomen. In de praktijk blijkt er nauwelijks naar de NEN 50292 verwezen te worden. Fabrikanten en leveranciers van CO-melders hanteren vooral de voorschriften zoals opgesteld in de NEN-EN 50291. In deze norm worden geen expliciete voorwaarden gesteld aan ruimten waar CO-melders geplaatst moeten worden. Hierin wordt het advies voor plaatsing en montage over gelaten aan de leverancier van de melder. En juist daar komen veel onduidelijkheden naar voren. Zo zijn er onderling grote verschillen tussen de bestudeerde gebruiksaanwijzingen. Sommige gebruiksaanwijzingen geven wel een goed advies over plaatsing in bronruimten en hoogten, maar bij het merendeel komen hele andere adviezen naar voren die in sommige gevallen zelfs tegenstrijdig zijn aan wat er in de literatuur en bestudeerde voorschriften is opgenomen. Zo wordt er in een aantal gevallen zelfs vermeld dat melders niet in de bronruimte moeten worden geplaatst. De achterliggende reden daarvan wordt niet duidelijk. De vele onderlinge verschillen, onduidelijkheden en zelfs tegenstrijdigheden geven aan dat het overlaten van installatieadvies aan de leverancier niet succesvol is.

## 9.2 Plaatsingsadvies

Op basis van het onderzoek zijn drie beschermingsniveaus voor CO-melders te onderscheiden:

- > Niveau 1 biedt primaire bescherming en bestaat uit CO-melders in alle ruimtes waar zich een potentiële CO-bron bevindt, zogenaamde bronruimtes. Voorbeelden hiervan zijn ruimtes met een cv-installatie, geiser of kachel en ruimtes waar de afvoer van rookgassen doorheen voert (bijvoorbeeld het schoorsteenkanaal).
- > Niveau 2 biedt betere bescherming en bestaat uit CO-melders in alle ruimtes met een potentiële CO-bron en daarnaast CO-melders in of nabij slaapkamers.
- > Niveau 3 biedt de beste bescherming en bestaat uit CO-melders in alle ruimtes met een potentiële CO-bron, CO-melders in of nabij slaapkamers en CO-melders op iedere verdieping en in ruimtes waar men regelmatig of voor langere tijd verblijft. Te denken valt hierbij aan woon- en studeerkamers.

Met de informatie uit dit rapport is het volgende installatieadvies bepaald. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen CO-melders die in bronruimten komen te hangen en CO-melders die in slaapkamers of in overige ruimten worden geïnstalleerd.

**Tabel 9-1: Tabel met plaatsingsadvies CO-melders**

Ruimte	Beschermings-niveau	Locatie
<b>Bronruimtes</b>	<b>Primair</b> (belangrijkste plaats)	<p><b>Aan het plafond</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Op een horizontale afstand tussen 1 en 3 meter van de CO-bron.</li> <li>• Centraal in de ruimte.</li> <li>• Op minimaal 30 centimeter van omliggende muren.</li> <li>• Niet naast aanwezige luchtinlaten of luchtuitlaten of andere objecten aan het plafond.</li> </ul> <p><b>Aan de muur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In die gevallen waar installatie aan het plafond niet mogelijk is, kunnen CO-melders aan een muur worden bevestigd. Plaats deze melders tussen 15 en 80 centimeter van het plafond, maar wel hoger dan de bovenzijde van aanwezige deuren en ramen.</li> <li>• Op een horizontale afstand tussen 1 en 3 meter van de CO-bron.</li> <li>• Niet naast aanwezige luchtinlaten of luchtuitlaten.</li> <li>• Niet achter objecten zoals gordijnen en kasten.</li> </ul> <p><b>Bij een schuin plafond</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Op een horizontale afstand tussen 1 en 3 meter van de CO-bron.</li> <li>• Plaats de melder aan de hoge zijde van het schuine plafond.</li> </ul>
<b>Slaapkamers</b>	<b>Secundair</b>	<p><b>Op (minimaal) ademhoogte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In slaapkamers is ademhoogte de hoogte waarop men slaapt.</li> <li>• Niet naast aanwezige luchtinlaten of luchtuitlaten.</li> <li>• Niet achter objecten zoals gordijnen en kasten.</li> </ul>
<b>Overige ruimtes</b>	<b>Tertiair</b>	<p><b>Op (minimaal) ademhoogte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afhankelijk van activiteiten in de ruimte komt ademhoogte overeen met zit- of loophoogte.</li> <li>• Niet naast aanwezige luchtinlaten of luchtuitlaten.</li> <li>• Niet achter objecten zoals gordijnen en kasten.</li> </ul>

# 10 Validiteit onderzoek

In dit hoofdstuk worden kort de voor- en nadelen besproken van de gebruikte onderzoeksmethode.

Met het literatuuronderzoek kan een overzicht worden verkregen van bestaande onderzoeken en reeds opgedane inzichten. Het levert een beeld op van verschillende recente en relevante experimenten en analyses die reeds uitgevoerd zijn. Daardoor wordt een beter inzicht verkregen in het probleem en mogelijke kennis welke nog ontbreekt. Ook wordt op een relatief eenvoudige manier duidelijk waar al voldoende kennis over bestaat en welke inzichten over de plaatsing van CO-melders al zijn opgedaan zodat dubbel onderzoek kan worden voorkomen.

Het nadeel van een literatuuronderzoek is de afhankelijkheid van te vinden informatie en onderzoeken die publiekelijk toegankelijk zijn gemaakt. Wanneer onderzoeken bijvoorbeeld niet gepubliceerd zijn is het al een stuk lastiger om deze te vinden. Hoewel de onderzoekers overtuigd zijn dat er een goed en betrouwbaar beeld van bestaande literatuur is verworven, is het niet uitgesloten dat mogelijk relevante onderzoeken niet zijn gevonden. De verwachting dat dit tot andere inzichten zou leiden is echter klein omdat alle gevonden literatuur dezelfde conclusie geeft en in lijn is met de basisprincipes van de basis chemie en fysica. Daarnaast is een nadeel van literatuuronderzoek dat je voor het opdoen van informatie afhankelijk bent van de kwaliteit van deze onderzoeken. Het is soms lastig te beoordelen hoe betrouwbaar of valide een onderzoek is uitgevoerd en daarmee een waarde te hechten aan de uitkomsten van bepaalde onderzoeken. Ook zijn mogelijke meetfouten of foutieve interpretaties van eerdere onderzoeken niet volledig te voorkomen en is het risico dat deze worden overgenomen. Daarbij is het een nadeel dat er geen eigen experimenten zijn uitgevoerd en dus geen eigen data beschikbaar is om inzichten uit de literatuurstudie te kunnen verifiëren of nieuwe inzichten te ontdekken.



# Literatuurlijst

- Beyler, C., & Gottuk, D. (2007). DEVELOPMENT OF A TECHNICAL BASIS FOR CARBON MONOXIDE DETECTOR SITING. Baltimore, MD.
- Bullman, S. J., Hill, R. W., & Pool, G. (2001). Joint Industry Programme on Carbon Monoxide Issues: The Siting of Domestic CO Alarms; an Analysis of Full Scale Vitiation Tests. London.
- Chang, J., & Guo, Z. (1992). The Effects of Building Features on Air and Pollutant Movement. *Building Research Journal*, 1(1), 55–63.
- Dienst Consumentenveiligheid, (2011). Campagne CO-detectoren. Eindverslag. Brussel: Belgische Federale Overheid, FOD Economie.
- Engel, D. (2012). Optimization of Carbon Monoxide Detectors in a Residential Layout and Analysis of Dispersion Characteristics. Master thesis. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland.
- EPA. (2011). Carbon Monoxide (CO) Standards - Table of Historical CO NAAQS. Retrieved June 28, 2016, from [https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/co/s\\_co\\_history.html](https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/co/s_co_history.html)
- Gant, S., & Kelsey, A. (2006). Factors influencing the indoor transport of contaminants and modeling implications. Buxton, Derbyshire; UK: Health & Safety Laboratory.
- Hampson, N. B. (2016). Myth busting in carbon monoxide poisoning. *American Journal of Emergency Medicine*, 34(2), 295–297. doi:10.1016/j.ajem.2015.10.051
- Hampson, N. B., Courtney, T. G., & Holm, J. R. (2012). Should the placement of carbon monoxide (CO) detectors be influenced by CO's weight relative to air? *Journal of Emergency Medicine*, 42(4), 478–482. doi:10.1016/j.jemermed.2011.03.015
- Hampson, N. B., & Dunn, S. L. (2012). Symptoms of acute carbon monoxide poisoning do not correlate with the initial carboxyhemoglobin level. *Undersea Hyperb. Med.*, 2(39), 657–665.
- Hampson, N., Courtney, T., & Holm, J. (2013). Diffusion of Carbon Monoxide Through Gypsum Wallboard. *JAMA*, 7, 745–746.
- Hill, R. W., & Pool, G. (1997). An Experimental Study of the Build-up and Dispersal of Combustion Products Containing Carbon Monoxide in a House.
- Hnatov, M. V. (2011). Non-Fire Carbon Monoxide Deaths Associated with the Use of Consumer Products; Annual Estimates. Bethesda, MD.
- Kerkhoff, R. L. H., & Boels, E. L. (2008). GGD-richtlijn medische milieukunde: koolmonoxide in woon- en verblijfsruimten. Bilthoven.
- Lueb, S. L. M. (2010). Onafhankelijk onderzoek naar koolmonoxideongevallen loont. De toegevoegde waarde van onafhankelijk onderzoek naar de oorzaak van koolmonoxidevergiftigingen. Apeldoorn.
- NNI (2010a). NEN-EN 50291-1 (en), Elektrisch materieel voor de detectie van

koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen - Deel 1: Beproevingsmethoden en prestatie-eisen. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut, Nederlands Elektrotechnisch Comité.

NNI (2010b). NEN-EN 50291-1/A1 (en), Elektrisch materieel voor de detectie van koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen - Deel 1: Beproevingsmethoden en prestatie-eisen. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut, Nederlands Elektrotechnisch Comité.

Nederlands Elektrotechnisch Comité. NEN-EN 50292: Elektrisch materieel voor de detectie van koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen, caravans en vaartuigen - Leidraad voor de keuze, het aanbrengen, het gebruik en het onderhoud (2013).

Nelson, G. (1998). Carbon Monoxide and Fire Toxicity: A Review and Analysis of Recent Work. *Fire Technology*, 34(1), 39–58.

NFPA. NFPA 720: Standard for the Installation of Carbon Monoxide (CO) Detection and Warning Equipment, 2015 edition (2014).

NIOSH. (1996). CARBON MONOXIDE: METHOD 6604 ; Manual of Analytical Methods(NMAM), Fourth Edition. Retrieved from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/6604.pdf>

Norkool, D. M., & KirkPatrick, J. N. (1985). Treatment of acute carbon monoxide poisoning with hyperbaric oxygen: a review of 115 cases. *Ann Emerg Med.* in (WHO, 1999).

NVWA (2015). Koolmonoxidemelders (Prosafe – JA2012). Utrecht: Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, Ministerie van Economische Zaken.

Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2015). Koolmonoxide: Onderschat en onbegrepen gevaar. Den Haag.

OSHA. (2007). Occupational Safety and Health Guidelines for Carbon Monoxide. Retrieved from <http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/carbonmonoxide/recognition.html>

Persily, A. (1996). Carbon Monoxide Dispersion in Residential Buildings, Literature Review and Technical Analysis. NISTIR 5906, National Institute for Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

PROSAFE (2015). Final Technical Report, CO and Smoke Detectors, covering the period 1 January 2013 – 30 April 2015. Brussel: PROSAFE Joint Actions Best Practice, Joint Action 2012 GPSD.

Rijkkema, H. J. M. (2015). Registratie van gasinstallatieongevallen achter de meter. Jaaroverzicht 2014. Apeldoorn; KIWA Technology

Ross, D., Smith, M., Sullivan, D. (1999a). Evaluation of Carbon Monoxide Detectors in Domestic Premises; Experimental and Computational Investigation of the Movement of Carbon Monoxide within a Single Room. Building Research Establishment, Contract Research Report 237/1999 for Health and Safety Executive, UK.

Ross, D., Smith, M., Khan, A., Cripps, A. (1999b). Evaluation of Carbon Monoxide Detectors in Domestic Premises; Investigation of the Movement of Carbon Monoxide within a Home. Building Research Establishment, Contract Research Report 238/1999 for Health and Safety Executive, UK.



- Ross, D., Smith, M., Spearpoint, M., Smith, D., Colwell, R. (1999c). Evaluation of Carbon Monoxide Detectors in Domestic Premises; Literature Review. Building Research Establishment, Contract Research Report 246/1999 for Health and Safety Executive, UK.
- Sayers, R. R., Meriwether, F. W., & Yant, W. P. (1922). Physiological effects of exposure to low levels of carbon monoxide. Public Health Rep., 37(19), 1127 – 1142.
- United States Environmental Protection Agency. (2015). Acute exposure guideline levels for airborne chemicals. Retrieved from <http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/define.htm>
- VeiligheidNL. (2014). Koolmonoxidevergiftiging. Ongevallencijfers. Amsterdam.
- Vermesi, I., Restuccia, F., Walker-Ravena, C., & Rein, G. (2015). Carbon Monoxide Diffusion through Porous Walls: A Critical Review of Literature and Incidents. Quincy, Massachusetts, U.S.A.
- WHO. (1999). Environmental health criteria 13: Carbon monoxide (Vol. 3). doi:10.1016/0160-4120(80)90163-4
- WHO. (2000). Air Quality Guidelines for Europe, second edition.



# Bijlage 1 - Geselecteerde CO-melders

Productnaam	Verkoop o.a. via:	Bron:
Alecto, COA-24	Art & Craft Bol.com	<a href="https://www.artencraft.be/nl/alecto-coa-24-carbon-monoxide-detector-376303?gclid=CPaA8vHwI80CFUgq0wodhoIBMw">https://www.artencraft.be/nl/alecto-coa-24-carbon-monoxide-detector-376303?gclid=CPaA8vHwI80CFUgq0wodhoIBMw</a> <a href="https://www.bol.com/nl/p/carbon-monoxide-detector/9200000042774978/">https://www.bol.com/nl/p/carbon-monoxide-detector/9200000042774978/</a>
Alecto, COA-26	Blokker Bol.com Kijkshop	<a href="http://www.blokker.nl/nl/blkn/wonen-en-vrije-tijd/preventie-en-beveiliging/alecto-coa-26-koolmonoxidemelder">http://www.blokker.nl/nl/blkn/wonen-en-vrije-tijd/preventie-en-beveiliging/alecto-coa-26-koolmonoxidemelder</a> <a href="https://www.bol.com/nl/p/alecto-coa-26-koolmonoxidemelder/9200000056542877/">https://www.bol.com/nl/p/alecto-coa-26-koolmonoxidemelder/9200000056542877/</a> <a href="http://www.kijkshop.nl/product/154831/alecto-koolmonoxidemelder/">http://www.kijkshop.nl/product/154831/alecto-koolmonoxidemelder/</a>
Alecto, COA-28	Mediamarkt Brandpreventiewinkel.nl Coolblue	<a href="http://www.mediamarkt.nl/nl/product/_alecto-coa-28-koolmonoxidemelder-1397446.html">http://www.mediamarkt.nl/nl/product/_alecto-coa-28-koolmonoxidemelder-1397446.html</a> <a href="https://www.brandpreventiewinkel.nl/product/alecto-coa-24-koolmonoxidemelder/">https://www.brandpreventiewinkel.nl/product/alecto-coa-24-koolmonoxidemelder/</a> <a href="http://www.domoticaexpert.nl/product/690238/alecto-koolmonoxide-melder.html">http://www.domoticaexpert.nl/product/690238/alecto-koolmonoxide-melder.html</a>
Bavaria, BACM5	Bol.com Conrad Brandblussershop	<a href="https://www.bol.com/nl/p/bavaria-bacm5-koolmonoxidemelder/9200000010645516/">https://www.bol.com/nl/p/bavaria-bacm5-koolmonoxidemelder/9200000010645516/</a> <a href="https://www.conrad.nl/nl/bavaria-brandschutz-bacm5-gasmelder-9-vdc-detectie-van-koolmonoxide-754504.html">https://www.conrad.nl/nl/bavaria-brandschutz-bacm5-gasmelder-9-vdc-detectie-van-koolmonoxide-754504.html</a> <a href="https://www.brandblussershop.eu/bavaria-bacm5-koolmonoxidemelder">https://www.brandblussershop.eu/bavaria-bacm5-koolmonoxidemelder</a>
First Alert, CO410	Hornbach Bol.com	<a href="http://www.hornbach.nl/shop/FIRST-ALERT-Koolmonoxidemelder-9-Volt-met-digitale-display/7608498/artikel.html">http://www.hornbach.nl/shop/FIRST-ALERT-Koolmonoxidemelder-9-Volt-met-digitale-display/7608498/artikel.html</a> <a href="https://www.bol.com/nl/p/first-alert-koolmonoxidemelder-incl-2-x-aa-batterij/9200000010590547/">https://www.bol.com/nl/p/first-alert-koolmonoxidemelder-incl-2-x-aa-batterij/9200000010590547/</a>
Conrad-Cordes, CC-4000 (GS811)	Conrad	<a href="https://www.conrad.nl/nl/cordes-cc-4000-koolmonoxidemelder-45-v-401273.html">https://www.conrad.nl/nl/cordes-cc-4000-koolmonoxidemelder-45-v-401273.html</a>

Productnaam	Verkoop o.a. via:	Bron:
Ei Electronics, serie Ei207/Ei208	Allesveilig.nl Koolmonoxidemelder.nl	<a href="http://www.allesveilig.nl/ei-207-koolmonoxidemelder">http://www.allesveilig.nl/ei-207-koolmonoxidemelder</a> <a href="https://www.koolmonoxidemelder.nl/Webwinkel-Product-22081775/EI-208W-koolmonoxidemelder.html">https://www.koolmonoxidemelder.nl/Webwinkel-Product-22081775/EI-208W-koolmonoxidemelder.html</a>
ELRO, RM335	Karwei Makro Nederland	<a href="https://www.karwei.nl/assortiment/elro-koolmonoxidemelder-rm335/p/B380749">https://www.karwei.nl/assortiment/elro-koolmonoxidemelder-rm335/p/B380749</a> <a href="https://www.makro.nl/shop/nl/office/product/56628001001/Elro-Koolmonoxide-melder-RM335">https://www.makro.nl/shop/nl/office/product/56628001001/Elro-Koolmonoxide-melder-RM335</a>
First Alert, CO-9B-FA-BNL	Gamma Karwei Wehkamp	<a href="https://www.gamma.nl/assortiment/first-alert-koolmonoxidemelder-co-9b-fa-bnlr/p/B525682">https://www.gamma.nl/assortiment/first-alert-koolmonoxidemelder-co-9b-fa-bnlr/p/B525682</a> <a href="https://www.karwei.nl/assortiment/alert-koolmonoxidemelder-co-9b-fa-bnlr/p/B525682">https://www.karwei.nl/assortiment/alert-koolmonoxidemelder-co-9b-fa-bnlr/p/B525682</a> <a href="http://www.wehkamp.nl/Winkelen/KenmerkAdviseurArtikel.aspx?CC=C30&amp;SC=8HE&amp;KAC=HM6&amp;artikelNummer=487774">http://www.wehkamp.nl/Winkelen/KenmerkAdviseurArtikel.aspx?CC=C30&amp;SC=8HE&amp;KAC=HM6&amp;artikelNummer=487774</a>
First Alert, CO-FA-9D-BNL	Multimate Brandwondenstichting.nl Bol.com	<a href="http://multimate.nl/product/first-alert-koolmonoxidemelder-co-9d-bnlr">http://multimate.nl/product/first-alert-koolmonoxidemelder-co-9d-bnlr</a> <a href="http://brandwondenstichting.nl/webwinkel/melden/co-melders/first-alert-koolmonoxidemelder-co-fa-9d-bnlr/">http://brandwondenstichting.nl/webwinkel/melden/co-melders/first-alert-koolmonoxidemelder-co-fa-9d-bnlr/</a> <a href="https://www.bol.com/nl/p/fire-angel-co-9d-koolmonoxidemelder-met-led-display/9200000056859163/">https://www.bol.com/nl/p/fire-angel-co-9d-koolmonoxidemelder-met-led-display/9200000056859163/</a>
FireAngel, CO-9XT-NL	Koolmonoxidemelder.nl Brandpreventiewinkel.nl	<a href="https://www.koolmonoxidemelder.nl/FireAngel-koolmonoxidemelder-CO-9X">https://www.koolmonoxidemelder.nl/FireAngel-koolmonoxidemelder-CO-9X</a> <a href="https://www.brandpreventiewinkel.nl/product/fire-angel-co-9x/">https://www.brandpreventiewinkel.nl/product/fire-angel-co-9x/</a>
Honeywell, 13164 X-series (XC70; XC100; XC100D)	Coolblue Bol.com	<a href="http://www.thermostaatstore.nl/product/707503/honeywell-koolmonoxidemelder-xc70.html">www.thermostaatstore.nl/product/707503/honeywell-koolmonoxidemelder-xc70.html</a> <a href="https://www.bol.com/nl/p/koolmonoxide-melder-xc-100d/9200000037278709/">https://www.bol.com/nl/p/koolmonoxide-melder-xc-100d/9200000037278709/</a>
Kidde, 10LLCO; 10LLDCO	Koolmonoxidemelder.nl Chubb Fire & Security	<a href="https://www.koolmonoxidemelder.nl/Webwinkel-Product-45425095/Ajax-Kidde-koolmonoxidemelder-lithium-10-jaar.html">https://www.koolmonoxidemelder.nl/Webwinkel-Product-45425095/Ajax-Kidde-koolmonoxidemelder-lithium-10-jaar.html</a> <a href="https://www.zorgeloosbeveiligen.nl/product/koolmonoxide_melder_lithium_levensduur_batterij_10_jr_met_display_10lldco">https://www.zorgeloosbeveiligen.nl/product/koolmonoxide_melder_lithium_levensduur_batterij_10_jr_met_display_10lldco</a>
Kidde, KN-COPP-B-LS-UK (900-0230); Kidde, KN-COB-B-LS-UK (900-0233)	bol.com Allesveilig.nl	<a href="https://www.bol.com/nl/p/ajax-kidde-koolmonoxide-melder/9200000025986150/">https://www.bol.com/nl/p/ajax-kidde-koolmonoxide-melder/9200000025986150/</a> <a href="http://www.allesveilig.nl/Ajax-koolmonoxidemelder-digitaal">http://www.allesveilig.nl/Ajax-koolmonoxidemelder-digitaal</a>

Productnaam	Prijs:	Op lijst VEBON	Check op:	Handleiding via:
Alecto, COA-24	€ 26,99 € 38,50	Nee	8-6-2016	<a href="https://www.gebruikershandleiding.com/Alecto-COA-24/preview-handleiding-617707.html">https://www.gebruikershandleiding.com/Alecto-COA-24/preview-handleiding-617707.html</a>
Alecto, COA-26	€ 19,99 € 29,99 € 19,00	Nee	8-6-2016	<a href="http://www.alecto.nl/media/blfa_files/COA-26-manual-NL-FR-V1.pdf">http://www.alecto.nl/media/blfa_files/COA-26-manual-NL-FR-V1.pdf</a>
Alecto, COA-28	€ 29,99 € 29,95 € 29,99	Nee	8-6-2016	<a href="http://www.alecto.nl/media/blfa_files/COA-28-manual-NL-FR-V1.1.pdf">http://www.alecto.nl/media/blfa_files/COA-28-manual-NL-FR-V1.1.pdf</a>
Bavaria, BACM5	€ 55,49 € 54,99 € 55,00	Nee	8-6-2016	<a href="https://www.gebruikershandleiding.com/Bavaria-CO-DETECTOR/preview-handleiding-581305.html">https://www.gebruikershandleiding.com/Bavaria-CO-DETECTOR/preview-handleiding-581305.html</a>
First Alert, CO410	€ 39,50 € 67,80	Nee	8-6-2016	<a href="http://firstalert.nl/wp-content/uploads/2011/10/co410uk.pdf">http://firstalert.nl/wp-content/uploads/2011/10/co410uk.pdf</a>
Conrad-Cordes, CC-4000 (GS811)	€ 44,99	Nee	8-6-2016	<a href="http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/400000-424999/401273-an-01-nl-CC_4000_KOHLNMONOXID_ALARM.pdf">http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/400000-424999/401273-an-01-nl-CC_4000_KOHLNMONOXID_ALARM.pdf</a>
Ei Electronics, serie Ei207/Ei208	€ 38,95 € 49,95	Ja	12-6-2016 12-6-2016	<a href="https://producten.hemmink.nl/sitecontent/media/pdf/ei/gebruiksaanwijzing/gebruiksaanwijzing-ei207-208-2015.pdf">https://producten.hemmink.nl/sitecontent/media/pdf/ei/gebruiksaanwijzing/gebruiksaanwijzing-ei207-208-2015.pdf</a>

Productnaam	Prijs:	Op lijst VEBON	Check op:	Handleiding via:
ELRO, RM335	€ 49,95 € 39,93	Nee	12-6-2016 12-6-2016	<a href="http://www.elro.eu/uploads/products/manual/RM335%20Manual.pdf">http://www.elro.eu/uploads/products/manual/RM335%20Manual.pdf</a>
First Alert, CO-9B-FA-BNL	€ 47,99 € 49,95 € 44,95	Ja	12-6-2016 12-6-2016 12-6-2016	<a href="http://firstalert.nl/wp-content/uploads/2016/02/GN2748R3-CO-9B-FA-BNL-Manual-DRAFT2.pdf">http://firstalert.nl/wp-content/uploads/2016/02/GN2748R3-CO-9B-FA-BNL-Manual-DRAFT2.pdf</a>
First Alert, CO-FA-9D-BNL	€ 59,99 € 49,95 € 42,95	Ja	12-6-2016 12-6-2016 12-6-2016	<a href="http://firstalert.nl/wp-content/uploads/2011/11/GN2749R2-CO-FA-9D-BNL-Manual-PRINT-READY.pdf">http://firstalert.nl/wp-content/uploads/2011/11/GN2749R2-CO-FA-9D-BNL-Manual-PRINT-READY.pdf</a>
FireAngel, CO-9XT-NL	€ 39,95 € 42,95	Ja	12-6-2016 12-6-2016	<a href="http://fireangel.eu/uploads/CMS/Documents/GN0995R1%20CO-9XT-NL%20DUTCH%20VERSIO.pdf">http://fireangel.eu/uploads/CMS/Documents/GN0995R1%20CO-9XT-NL%20DUTCH%20VERSIO.pdf</a>
Honeywell, 13164 X-series (XC70; XC100; XC100D)	€ 49,99 € 63,95	Nee	12-6-2016 12-6-2016	<a href="https://products.ecc.emea.honeywell.com/netherlands/pdf/xc-bediening-installatie-nl01r0114.pdf">https://products.ecc.emea.honeywell.com/netherlands/pdf/xc-bediening-installatie-nl01r0114.pdf</a>
Kidde, 10LLCO; 10LLDCO	€ 39,95 € 52,50	Ja	12-6-2016 12-6-2016	<a href="http://www.chubbs.nl/Downloads/Downloads/handleiding/Consumentenproducten/Rookmelder/Koolmonoxidemelder-10LLCO-10LLDCO-gebruikershandleiding-NL.pdf">http://www.chubbs.nl/Downloads/Downloads/handleiding/Consumentenproducten/Rookmelder/Koolmonoxidemelder-10LLCO-10LLDCO-gebruikershandleiding-NL.pdf</a>
Kidde, KN-COPP-B-LS-UK (900-0230); KN-COB-B-LS-UK (900-0233)	€ 45,95 € 33,95	Nee	12-6-2016 12-6-2016	<a href="http://www.allesveilig.nl/Files/3/5000/5397/Attachments/Product/1146PFb8796YHP8R165t57y7544JD220.pdf">http://www.allesveilig.nl/Files/3/5000/5397/Attachments/Product/1146PFb8796YHP8R165t57y7544JD220.pdf</a>

# Bijlage 2 – Gezondheidseffecten CO

## Fysieke en geestelijke gevolgen CO-vergiftiging

Bij inademing van koolmonoxide gaat dit gas in de longen de binding aan met hemoglobine in de rode bloedcellen. Hemoglobine zorgt voor het transport van zuurstof en kooldioxide door het bloed. Wanneer het in contact komt met koolmonoxide wordt er het zogenaamde carboxyhemoglobine (COHb) gevormd, wat scheikundig gezien een sterke verbinding is. De vorming van carboxyhemoglobine (COHb) verstoort de opname en transport van zuurstof in het bloed omdat hemoglobine niet meer in staat is om zuurstof aan zich te binden. Hoeveel carboxyhemoglobine (COHb) er in het bloed wordt gevormd is afhankelijk van de concentratie koolmonoxide, de blootstellingsduur aan het giftige gas, fysieke activiteit op moment van blootstelling en persoonlijke eigenschappen. In totaal bindt circa 80 tot 90 procent van de ingeademde koolmonoxide zich aan hemoglobine en wordt koolmonoxide 200 tot 250 keer sneller in het bloed opgenomen dan zuurstof (WHO, 2000). Omdat COHb een erg sterke verbinding is, duurt het relatief lang om de opgenomen CO uit het lichaam te verwijderen. Halfwaardetijden variëren ruwweg van 2 tot 6,5 uur. Hierdoor heeft koolmonoxide de eigenschap om zich in het lichaam op te stapelen waardoor ook blootstelling aan lage concentraties CO over een langere periode voor relatief hoge concentraties aan COHb in het lichaam kunnen zorgen ((WHO, 1999, p.6).

Blootstelling aan verhoogde concentraties koolmonoxide heeft op meerdere manieren een negatief effect op de gezondheid van mensen. Het meest gevoelig voor het gas zijn de hersenen (centrale zenuwstelsel), het hart- en vaatstelsel en de skeletspieren (WHO, 2000). Ook wordt door langdurige blootstelling aan CO de werking van weefselvocht verminderd. In combinatie met verminderde zuurstofopname kan dit leiden tot schade aan het hart en aan het centrale zenuwstelsel (WHO, 1999, p. 330). In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de veronderstelde effecten van CO op de gezondheid van mensen.

De eerste symptomen van CO vergiftiging worden vaak omschreven als hoofdpijn, duizeligheid, vermoeidheid, misselijkheid, verwardheid, desoriëntatie en visuele klachten. Bij iets hogere concentraties COHb in het bloed neemt de hartslag en ademfrequentie toe en krijgen patiënten last van ademnood (WHO, 1999, p. 18-19). Uit het rapport van de WHO (1999) blijkt dat hartfalen de grootste oorzaak is bij het overlijden ten gevolge van CO-vergiftiging. Acute CO-vergiftiging kan ook neurologische schade veroorzaken. Dit uit zich in eerder genoemde desoriëntatie en verwarring maar ook in ernstigere vormen als coma, stijfheid van ledematen, spasticiteit en afwijkende reflexen. Vermindering van het gezichtsvermogen is een ander gevolg van CO-vergiftiging. Dit kan zelfs leiden tot ernstige oogaandoeningen en blindheid.

Blootstelling aan CO brengt niet alleen fysieke schade toe, maar kan ook psychische schade veroorzaken. Dit komt door de schade die wordt toegebracht aan het centrale zenuwstelsel en daarmee de hersenen (WHO, 1999). Zo blijkt dat 15 tot 40 procent van de patiënten binnen 3 weken te maken krijgen met onder meer een verminderd beoordelingsvermogen, slechte concentratie en onverschilligheid in emotie. Ook kunnen slachtoffers op langere termijn alsnog last krijgen of houden van persoonlijkheidsstoornissen, vermindering in verstandelijk vermogen, vergeetachtigheid en beschadiging van verschillende

hersengebieden wat meerdere gevolgen kan hebben op het gebied van bewegen, spraak en functioneren (WHO, 1999).

Bepaalde bevolkingsgroepen zijn meer gevoelig voor koolmonoxide en ondervinden sneller ernstige gezondheidseffecten. Daarbij gaat het voornamelijk om ongeboren kinderen en zwangere vrouwen, personen met hart- en/of vaatziekten, kinderen en ouderen met verminderde weerstand (WHO, 1999, p.19, 337). Ook personen die al roken zijn extra gevoelig voor blootstelling aan koolmonoxide. Dit is het gevolg van het roken waardoor al concentraties tot 10 % COHb in het bloed kunnen zitten (WHO, 2000).

## Relevante CO-concentraties

In het rapport van WHO (1999) worden enkele relevante CO-concentraties als grenswaarde gegeven waaraan men blootgesteld mag worden. Deze waarden zijn gebaseerd op een maximale waarde van carboxyhemoglobine (COHb) in het bloed van 2,5 procent. De maximale waarde van 2,5 procent mag volgens de WHO niet worden overschreden om ook mensen met hart- en vaatziekten en ongeboren baby's voldoende te beschermen. Dit levert de volgende tijdsafhankelijke concentraties op:

- > 100 mg/m<sup>3</sup> (87 ppm)           gedurende 15 minuten
- > 60 mg/m<sup>3</sup> (52 ppm)           gedurende 30 minuten
- > 30 mg/m<sup>3</sup> (26 ppm)           gedurende 1 uur
- > 10 mg/m<sup>3</sup> (09 ppm)           gedurende 8 uur.

Beroepshalve wordt door de WHO de maximaal aanvaarde concentratie van COHb in het bloed gesteld op 5 procent. In het rapport van WHO (1999) staan echter geen bijhorende concentraties (WHO, 1999, p 346-349). De Amerikaanse organisatie OSHA (Occupational Safety and Health Administration) hanteert een grens van 50 ppm als tijdgewogen gemiddelde over 8 uur (OSHA, 2007). De United States Environmental Protection Agency (EPA, 2011) hanteert al sinds 1971 grenswaarden van 35 ppm voor maximaal één uur en 9 ppm voor een periode van maximaal 8 uur. Deze waarden gelden voor het algemene publiek en zijn geen beroepsgrenswaarden. De National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) hanteert een tijdgewogen gemiddelde van 35 ppm voor 8 uur en een plafondgrenswaarde van 200 ppm (NIOSH, 1996). De American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) hanteert een tijdgewogen gemiddelde van 25 ppm voor een 8-uur durende werkdag en een bijhorende werkweek van 40 uur. Wanneer de website van het RIVM wordt geraadpleegd, is te zien dat in Nederland een wettelijke grenswaarde van 29 mg/m<sup>3</sup> wordt gehanteerd als tijdgewogen gemiddelde voor 8 uur. Dit komt overeen met een concentratie CO van ongeveer 25 ppm. Hoewel er verschillen zitten in de waardes van de verschillende standaarden, laten ze allemaal zien dat naast het acute gevaar van CO ook chronische en herhaaldelijke blootstelling aan het gas van belang zijn.

Er zijn ook grenswaarden bekend waarbij het niet gaat om een chronische, maar acute blootstelling aan hogere concentraties koolmonoxide. Hierbij gaat het om hogere concentraties en daarbij kortere blootstellingsduur. De volgende AEGL-waarden zijn hiervoor bekend (United States Environmental Protection Agency, 2015) :

- Ontvluchten bij: (AEGL – level 2):           10 min (CO ≥ 420 ppm)
- Overlijden bij: (AEGL – level 3):           10 min (CO ≥ 1700 ppm)
- 30 min (CO ≥ 600 ppm)



## Mythes

In een recent verschenen artikel in *The American Journal of Emergency Medicine*, gaat Hampson (2016) in op enkele mythes die bestaan rondom koolmonoxide en koolmonoxidevergiftiging waaronder de vermeende relatie tussen de concentratie carboxyhemoglobine (COHb) in het bloed en bijhorende symptomen van acute koolmonoxidevergiftiging (Neil B. Hampson, 2016). In de door Hampson onderzochte literatuur komt vaak een vergelijkbare tabel voor die de relatie weergeeft tussen COHb-concentratie en symptomen van CO-vergiftiging (zie tabel). Dit duidt er op dat er een gemeenschappelijke bron zou moeten zijn, maar tegelijkertijd ontbreekt vaak een verwijzing. In zijn analyse weet Hampson (2016) de oorsprong van de tabel terug te brengen naar een onderzoek uit 1922. In dat onderzoek (Sayers, Meriwether, & Yant, 1922) hebben de onderzoekers zich blootgesteld aan CO-concentraties tussen 200 en 400 ppm. Vervolgens is de concentratie COHb in hun bloed gemeten en zijn bijhorende symptomen genoteerd. In totaal is dit 10 keer gedaan waarbij de COHb concentraties van de onderzoekers varieerde tussen 16 en 28 procent. Hoe de onderzoekers aan de symptomen komen bij COHb concentraties welke hoger liggen dan 30 procent, is niet duidelijk.

**Tabel II-1: De door Hampson (2016) ter discussie gestelde relatie tussen concentratie COHb en symptomen**

Concentratie COHb in bloed	Symptomen
0 – 10 %	Geen
10 – 20 %	Beklemmend gevoel in voorhoofd; mogelijk lichte hoofdpijn.
20 – 30 %	Hoofdpijn; kloppende slapen
30 – 40 %	Zware hoofdpijn, zwakheid, duizeligheid, vermindering van zicht, misselijkheid en overgeven, in elkaar zakken
40 – 50 %	Zelfde als voorgaande met grotere kans op in elkaar zakken en flauw vallen, verhoogde ademhaling en hartslag
50 – 60 %	Flauwvallen; verhoogde ademhaling en hartslag; coma met stuip trekkingen; Cheyne-stokesademhaling
60 – 70 %	Coma met stuip trekkingen, verminderde hartfunctie en ademhaling, mogelijk dood
70 – 80 %	Zwakke pols en lage ademhaling; ademhalingsfalen en dood

Ook uit literatuuronderzoek van de WHO (1999) blijkt dat de gevolgen van CO-vergiftiging per individu verschillen en er zelfs onder gelijke omstandigheden verschillend op koolmonoxide wordt gereageerd. Dat bleek onder meer uit onderzoek van Norkool & Kirkpatrick (1985) waarin concentratie van COHb werd gerelateerd aan het verliezen van bewustzijn (Norkool & KirkPatrick, 1985). De WHO (1999, p 329) concludeert onder meer op basis van dit onderzoek dat de concentratie COHb zo laag correleert met de klinische status van een patiënt dat dit weinig voorspellende waarde heeft over de symptomen en status van de patiënt. In een meer recent onderzoek van Hampson en Dunn (2012) naar de relatie tussen COHb-concentratie en symptomen bleek onder 1323 onderzochte slachtoffers geen duidelijke relatie tussen COHb en verschillende symptomen. Daarbij wordt wel opgemerkt

dat het hierbij gaat om waardes gemeten op de eerste hulp (N.B. Hampson & Dunn, 2012). Hampson (2016) geeft aan dat piekniveaus in concentratie COHb eventueel beter zouden kunnen correleren met genoemde symptomen, maar dat hier geen bewijs voor bestaat.

Hampson (2016) bespreekt nog twee mythes rondom koolmonoxidevergiftiging. Zo geeft hij aan dat om de concentratie COHb te meten het niet nodig is om bloed rechtstreeks uit een slagader te halen en de concentratie lang behouden blijft in het bloedmonster. Daarnaast is volgens hem niet bewezen dat het oplopen van een CO-vergiftiging het slachtoffer significant meer vatbaar maakt voor hartfalen op de lange termijn; een relatie die dus onterecht nog vaak voor 'waar' wordt aangenomen.

## Ongevallen met CO-vergiftiging in Nederland

Kiwa Gas Technology voert al decennia lang onderzoek uit naar de technische oorzaak van gasongevallen, waaronder koolmonoxidevergiftigingen en verstikkingen, en registreert het aantal gasongevallen<sup>18</sup> in Nederland ((Rijkema, 2015)&(Lueb, 2010)). In Nederland geldt, anders dan in de ons omringende landen, geen registratieplicht voor gasongevallen. Kiwa verzamelt informatie op basis van mediaberichten. Omdat niet alle ongevallen in de media worden genoemd, is de ongevallenregistratie niet volledig. In een interview met mw.ir. Rijkema geeft zij aan dat bijna alle dodelijke ongevallen zijn geregistreerd, evenals een groot deel van de ongevallen met ernstig letsel. In totaal registreert Kiwa ongeveer 40 tot 50 incidenten met koolmonoxidevergiftiging per jaar. Dit geeft slechts inzicht in het topje van de ijsberg. De gegevens worden jaarlijks gepubliceerd.

In 2014 zijn er door Kiwa Technology in totaal 52 gasinstallatieongevallen geregistreerd, met de volgende verdeling naar aard (Rijkema, 2015):

- 40 vergiftigingsongevallen
- 9 maal brand
- 3 maal explosie gevolgd door brand

Bij deze ongevallen zijn 5 doden gevallen en 122 gewonden, van wie 65 zwaar gewond. Verreweg de meeste slachtoffers, 5 dode en 120 gewonden, vielen door vergiftiging met koolmonoxide. De belangrijkste oorzaak van deze ongevallen is een defect van een toestel in combinatie met een defect in de rookgasafvoer en luchttoevoer.

Wanneer een toestel defect is kan de uitstoot van hoge concentraties CO lang aanhouden. Uit onderzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (2015) blijkt namelijk dat veel fabrikanten niet kiezen voor een *failsafe* installaties die zichzelf uitschakelen als ze onveilig zijn. Ook zijn de huidige installaties nog onvoldoende *failproof*, waarbij de mogelijkheid van verkeerd gebruik wordt beperkt. In een interview met mw.ir. Rijkema (Kiwa) komt bovendien naar voren dat vaak niet zozeer het verbrandingstoestel zelf het probleem vormt, maar juist de verspreiding van CO door de woning. Dit kan veroorzaakt worden door bijvoorbeeld een slechte kwaliteit van de aansluiting op het rookgasafvoerkanaal of een slechte lekdichtheid van kanalen. Met name in oudere woningen, waar een verouderd toestel wordt vervangen, kan sprake zijn van een niet passende aansluiting op de bestaande rookgasafvoer. Ook wordt doorgaans geen rekening gehouden met mogelijke lekkages van het afvoerkanaal door bijvoorbeeld corrosie. Vooral wanneer een verouderd of niet volledig lekdicht afvoerkanaal langs meerdere ruimten en / of verdiepingen voert, kan de verspreiding van CO door de woning of het woongebouw voor problemen zorgen. Deze type oorzaken worden veelal niet onderkend en daarmee ook niet geregistreerd. Ook VeiligheidNL (2014)

<sup>18</sup> Er is sprake van een koolmonoxide-ongeval als er sprake is van een dodelijk slachtoffer of een ziekenhuisopname.

constateert in hun onderzoek naar CO-vergiftiging bij ziekenhuispatiënten en bezoekers van eerstehulpdiensten dat de oorzaak niet altijd wordt geregistreerd. Als er een oorzaak wordt geregistreerd, wordt vooral genoemd: een defect aan (afvoer van) (gas)kachel, geiser, boiler of Cv-ketel. Ook brand en binnenshuis barbecueën worden genoemd (VeiligheidNL, 2014).

In 2010 constateert Kiwa dat het aantal koolmonoxide-meldingen toeneemt, terwijl de meeste gastoestellen worden vervangen door veiligere toestellen. Als mogelijke oorzaak voor het groeiend aantal meldingen wordt het toenemend aantal geplaatste koolmonoxidemelders genoemd (Lueb, 2010) Dit kan echter niet met cijfers worden onderbouwd, aangezien in de ongevallenregistratie geen informatie over de aanwezigheid en werking van koolmonoxidemelders is opgenomen. De Onderzoeksraad voor Veiligheid (2015) heeft dit wel meegenomen in een onderzoek naar CO-ongevallen in de periode 2012-2014. Het onderzoek omvat 115 ongevallen. In 44% van de gevallen detecteerde een CO-melder het ongeval en bij 8% van de ongevallen ging een CO-meter van een hulpverlener af. Bij 58% van de CO-ongevallen was een CO-melder aanwezig. Dit betekent dat bij 7% van de ongevallen in woningen met een CO-melder de aanwezige melder niet is afgegaan. Overigens is het aantal gevallen met een aanwezige CO-melder relatief hoog. In Nederland is slechts ongeveer 5% van alle woningen voorzien van een CO-melder. Een verklaring van de oververtegenwoordiging van woningen met CO-melders in de onderzochte database is dat vanwege de melder de CO-ongevallen vaker worden opgemerkt. Op basis hiervan schat de Onderzoeksraad in dat ongeveer twee derde van de ongevallen in woningen zonder CO-melder niet worden opgemerkt.

VeiligheidNL (2014) stelt op basis van verschillende bronnen, zoals de doodsoorzakenstatistiek 2008-2012 van CBS, de Landelijke Medische Registratie (LMR) 2009-2013 en het Letsel Informatie Systeem (LIS) 2009-2013 van VeiligheidNL, dat jaarlijks naar schatting een tiental personen overlijdt door koolmonoxidevergiftiging en dat het leidt tot bijna tweehonderd ziekenhuisopnamen en enkele honderden behandelingen op een Spoedeisende Hulpafdeling. Het constateren van koolmonoxidevergiftiging is echter zeer lastig, aangezien de meting uit bloed niet eenvoudig is en de symptomen sterk overeenkomen met andere aandoeningen, zoals griep (interview Rijkema). Wanneer de resultaten uit studies in Groot-Brittannië naar de Nederlandse situatie worden vertaald (OvV, 2015), blijkt dan ook dat ruim 1000 gevallen van CO-vergiftiging onder ziekenhuispatiënten en bezoekers van eerstehulpdiensten niet wordt herkend. Dat is ongeveer vijf keer de huidige geschatte aantallen. Bovendien zijn de door VeiligheidNL gebruikte bronnen niet specifiek gericht op CO-vergiftigingen. In de doodsoorzakenstatistiek valt CO-vergiftiging onder de doodsoorzaak 'onopzettelijke vergiftiging door gas voor huishoudelijk gebruik-koolmonoxide-stikstofdioxide-uitlaatgas van motorvoertuig-zwaveloxide'. De cijfers over doden door CO-vergiftiging zijn daarmee ruwe schattingen. Ook de cijfers uit de LMR en het LIS zijn twijfelachtig aangezien bijvoorbeeld bij het relatief hoge aantal (mogelijke) CO-vergiftiging bij jonge kinderen wordt opgemerkt dat bij een relatief groot deel van deze kinderen achteraf geen symptomen van CO-vergiftiging aanwezig was (of niet is geconstateerd). Het is daarom lastig om een representatief beeld te geven van de omvang van de problematiek van CO-vergiftiging in Nederland. Duidelijk is dat het aantal CO-vergiftigingen waarschijnlijk (veel) hoger is dan tot nu toe geschat.



# Bijlage 3 – Detectie in relatie tot gevoeligheid

## Gevoeligheid CO-melders vanuit literatuur

Koolmonoxidemelders zijn ontworpen om bepaalde concentraties koolmonoxide op te merken en vervolgens een alarm te laten klinken. Het zijn vrij simpele apparaten die beschikken over een sensor die reageert op koolmonoxide. Er zijn vier verschillende soorten sensoren beschikbaar en in gebruik: colorimetrische<sup>19</sup>, biomimetische<sup>20</sup>, halfgeleider-gebaseerde<sup>21</sup> en elektrochemische<sup>22</sup>. Elektrochemische sensoren zijn nu de dominante technologie in de Verenigde Staten en Europa (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

Uit onderzoek vanuit de 'Joint Action Prosafe 2012' (NWWA, 2015; PROSAFE, 2015) blijkt echter dat veel van de geteste CO-melders niet voldoende deugdelijk zijn. De NWWA heeft in het kader van dit onderzoek verschillende op de Nederlandse markt beschikbare CO-melders bemonsterd, om na te gaan of deze voldoen aan de voorschriften zoals gesteld in de NEN-EN 50291-1: 2010 en NEN-EN 50291-1: A1: 2012. Daaruit blijkt dat drie van de vier op gevoeligheid (par.5.3.4) geteste melders niet voldoen<sup>23</sup> onder de normale testcondities<sup>24</sup>. De vier melders zijn ook getest op de effecten van een hoge CO volume ratio<sup>25</sup> (par.5.3.6) en op de effecten van luchtvochtigheid<sup>26</sup> (par.5.3.8). In beide testen voldoen alle vier melders niet. De conclusie van de beproeving is dat de geteste melders als beveiliging tegen CO-vergiftiging onbetrouwbaar zijn.

Op Europees niveau zijn in het kader van de Joint Action 25 CO-melders uit 6 verschillende landen getest, waaronder een aantal uit Nederland. Uit deze testen blijkt dat tien melders (40%) niet voldoen onder de normale testcondities en vier melders te vroeg zijn afgegaan. Voor de gevoeligheid voor een hoge CO volume ratio voldoen 15 melders (60%) niet en gaan 3 melders te vroeg af. Voor de test op de effecten van luchtvochtigheid slagen 11 melders (44%) niet en gaan 7 melders te vroeg af. Vergeleken met de testen van de melders die op de Nederlandse markt beschikbaar zijn geven de testen op Europees niveau een betere resultaat. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de geteste CO-melders op de

<sup>19</sup> Colorimetrische sensoren werken op basis van een reagens dat reageert op koolmonoxide. Door verkleuring van het reagens wordt een alarm in werking gesteld.

<sup>20</sup> Biomimetische sensoren werken ook op basis van een reagens, maar reflecteert beter de menselijke gevoeligheid voor koolmonoxide en schijnt iets gevoeliger te zijn dan colorimetrische sensoren.

<sup>21</sup> Halfgeleidergebaseerde sensoren werken op basis van een scheikundige reactie waarbij in de sensor weerstand wordt verminderd en er een elektrische stroom gaat stromen waardoor het alarm wordt getriggerd. Deze melders vergen een relatief hoog energieverbruik en worden daarom bijna niet gebruikt.

<sup>22</sup> Bij elektrochemische sensoren zijn twee elektroden ondergedompeld in een chemische oplossing. Door contact met CO wordt er een reactie op gang gebracht waardoor er een stroom gaat lopen. Het alarm wordt vervolgens boven een bepaalde stroomsterkte getriggerd.

<sup>23</sup> Uit het rapport wordt niet duidelijk of de melders te laat of te vroeg afgaan. In een eerdere Belgische studie is dit onderscheid namelijk wel gemaakt.

<sup>24</sup> De experimenten zijn uitgevoerd waarbij de lucht en testgasen een constante temperatuur ( $\pm 2$  °C) hadden binnen het bereik van 15 °C tot 25 °C. Ook zijn de experimenten uitgevoerd bij constante luchtvochtigheid ( $\pm 10$  %) binnen het bereik van 30 % tot 70% relatieve luchtvochtigheid. Daarnaast zijn ze uitgevoerd onder normale omgevingsdruk ( $\pm 2$  kPa) binnen het bereik van 86 kPa tot 108 kPa gedurende de test.

<sup>25</sup> CO volume ratio van  $5000 \pm 100$  ppm.

<sup>26</sup> In de bemonstering zijn alleen de zwaarste eisen voor luchtvochtigheid onderzocht, te weten de testgasen bij een conditie van een hoge luchtvochtigheid ( $90 \pm 5$  % r.h. en  $40 \pm 2$  °C) en met een CO volume ratio van  $55 \pm 5$  ppm,  $110 \pm 10$  ppm en  $330 \pm 30$  ppm.

Nederlandse markt van mindere kwaliteit zijn dan de geteste CO-melders die in andere Europese landen beschikbaar zijn.

In 2006 en 2009 heeft de Belgische overheid soortgelijke testen uitgevoerd met op de Belgische markt aanwezige CO-melders (Dienst Consumentenveiligheid, 2011). In 2006 zijn zes en in 2009 zijn elf type CO-melders getest op conformiteit met de NBN-EN 50291:2001<sup>27</sup>. Eerst is nagegaan of de reactiesnelheid bij een hoge concentratie van 5000 ppm lager is dan 6 minuten (punt 5.3.6. van de norm). Eén van de zes in 2006 geteste melders (Chacon, type 34140) voldeed niet en is teruggedroepen van de Belgische markt. De elf in 2009 geteste melders voldeden allen aan de gevoeligheid voor hoge CO-concentraties. Vervolgens is de gevoeligheid bij testgassen 330 ppm, 110 ppm en 55 ppm CO-concentratie (punt 5.3.1. van de norm) getest. In 2006 reageert één CO-detector<sup>28</sup> te vroeg bij een concentratie van 110 ppm, dit heeft echter geen invloed op de veiligheid van het product. Het is de enige CO-detector die voldoende snel reageert op alle drie de testgassen. Alle andere CO-detectoren<sup>29</sup> reageren niet binnen de toegelaten tijd op het testgas 330 ppm. De producenten verklaarden echter dat zij voldeden aan de Amerikaanse norm UL 2034. De non-conformiteit met de Europese norm wordt verklaard door het feit dat de Europese norm strenger is dan de Amerikaanse:

**Tabel III-1: Testwaarden van verschillende normen om CO-melders te testen op hun gevoeligheid (Dienst Consumentenveiligheid, 2011).**

NBN EN 50291:2001		UL 2034	
ppm CO	min.	ppm CO	min.
55 ±10%	60-90	70 ±10%	60-240
110 ±10%	10-40	150 ±10%	10-50
330 ±10%	<6	400 ±10%	4-15

De falende melders zijn uit de handel gehaald en de producenten van CO-melders is aangegeven dat de melders voortaan moeten voldoen aan de NBN-EN 50291.

In de vervolgtesten in 2009 zijn (andere type) CO-melders getest. Alle geteste melders reageren snel genoeg bij een CO-concentratie van 5000 ppm.

Twee melders<sup>30</sup> voldoen zowel technisch als administratief volledig aan de norm. Eén melder<sup>31</sup> faalt enkel na de kortstondige blootstelling aan 5000 ppm en een rusttijd van 60 minuten, waarbij deze de detector een concentratie van 50 ppm niet snel genoeg meer detecteert. De fabrikant is gevraagd de kwaliteit op dit aspect te verbeteren. Vier melders<sup>32</sup> falen bij de CO-concentraties van 50 ppm en/of 100 ppm en/of 300 ppm naargelang de omstandigheden. Eén melder<sup>33</sup> gaf bij hoge temperatuur en vochtigheid steeds een foutmelding. De fabrikanten van deze vijf melders is verzocht de verkoop te stoppen. De overige drie melders<sup>34</sup> reageren niet tijdig bij concentraties van 50, 100 en 300 ppm naargelang de omstandigheden. Deze drie melders zijn uit de handel genomen.

<sup>27</sup> De voorwaarden voor de gevoeligheid van CO-melders is in de nu geldende norm (2010 en 2012) niet gewijzigd.

<sup>28</sup> Kidde KN-COB-B 9CO5-BX

<sup>29</sup> Chacon 34140; Elro RM 300; First Alert FCD 3N; First Alert SC01 N; Garvan CO-338

<sup>30</sup> Honeywell SWF450EN en Kidde Ajax 9CO5

<sup>31</sup> Chacon 34143

<sup>32</sup> Profile PSE 521; Skytronic 350.140; First Alert CO200CE; Dicon CO850B

<sup>33</sup> Garvan CO338E

<sup>34</sup> Visonic MCT 442; Wismart NB930B; Seitron Beagle Double

Opmerkelijk is dat veel fabrikanten testrapporten volgens de EN 50291:2001 konden voorleggen en de op de markt aanwezige melders toch niet bleken te voldoen. Het slechte resultaat is volgens de onderzoekers hoogstwaarschijnlijk te wijten aan het feit dat de (Oosterse) fabrikanten geen constante productiekwaliteit kunnen leveren.

## Gevoeligheid CO-melders vanuit regelgeving en normen

Hoewel de gevoeligheid van CO-melders geen onderdeel is van dit onderzoek, is de regelgeving toch kort doorgenomen op onderdelen van gevoeligheid en alarmering. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste eerste bevindingen weergegeven.

In de NEN-EN 50291-1 wordt in paragraaf 4.3.3 weergegeven wanneer een CO-melder in alarm moet gaan. Daarbij wordt onderscheidt gemaakt in de tijd dat er nog geen alarm mag klinken en de tijd waarbinnen wel een alarm moet klinken. Bij bepaalde concentraties mag de melder dus pas na verloop van tijd in alarm gaan om te voorkomen dat melders te vaak een alarm geven. Daartoe wordt de volgende tabel gepresenteerd:

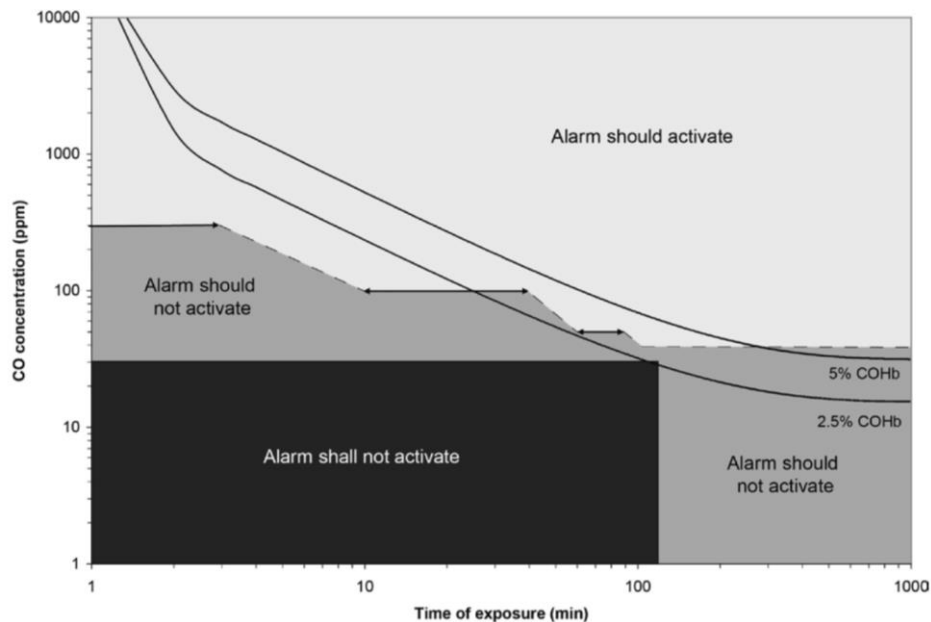
**Tabel III-2: Overzicht van alarmeringswaarden CO-melders volgens NEN 50291**

CO concentratie	Geen alarm tot..	Wel alarm voor..
30 ppm	120 min	-
50 ppm	60 min	90 min
100 ppm	10 min	40 min
300 ppm	-	3 min

Uit de tabel blijkt dat in de NEN 50291-1 het laagste alarm geldt voor een concentratie van 50 ppm. Bij 30 ppm is namelijk wel een ondergrens gesteld (geen alarm binnen 120 minuten) maar hoeft het alarm niet voor een bepaalde tijd te alarmeren. Beneden 30 ppm mag de melder niet in alarm gaan om het aantal valse meldingen, bijvoorbeeld ten gevolge van luchtverontreiniging in de omgevingslucht, terug te dringen. Bij 50 ppm moet het alarm binnen 60 tot 90 minuten alarmeren. Bij een concentratie van 100 ppm mag de melder niet binnen 10 minuten in alarm gaan, maar moet dit wel gebeuren binnen 40 minuten. Voor een concentratie van 300 ppm mag een melder direct in alarm gaan en moet dit in ieder geval binnen 3 minuten gebeuren. Voor het testen van de melders wordt uitgegaan van waarden van 55 ppm ( $\pm 5$ ), 210 ppm ( $\pm 10$ ) en 330 ( $\pm 30$ ). Voor de laatste waarde kan het testgas variëren van 300 tot 360 ppm. De hoogste waarde ligt daarmee (ver) boven de maximale alarmeringswaarde die in bovenstaande tabel is genoemd.

In een informatieve bijlage van de NEN 50292 (*Annex B*) wordt de filosofie achter het bepalen van deze alarmwaarden uitgelegd. Daarin wordt de relatie gelegd met het gehalte COHb in het bloed en de ingeademde concentratie aan CO. De gedachte is dat de alarmeringswaarden zodanig gekozen zijn, dat deze beneden de maximaal aanvaarde concentratie van COHb in alarm gaan. Uit de grafiek blijkt wel dat het mogelijk is dat een persoon al 2,5% COHb in zijn of haar bloed heeft voordat de melder in alarm hoeft te gaan. Hierbij moet worden opgemerkt dat de geschetste curves voor 2,5% en 5% slechts voorbeelden zijn van een mogelijke curve voor een persoon.





**Figuur III-1: Relatie tussen alarmeringswaarden en concentratie COHb overgenomen uit EN 50292**

De NFPA 720 verwijst voor gevoeligheid naar UL 2034. Omdat de gevoeligheid geen onderdeel vormt van het onderzoek, is de UL 2034 niet uitvoerig bestudeerd. In de volgende tabel zijn de alarmeringswaarden voor CO-melders volgens UL 2034 weergegeven.

**Tabel III-3: Overzicht van alarmeringswaarden CO-melders volgens UL 2034 (bron: Dienst Consumenteneveiligheid, 2011)**

CO concentratie	Geen alarm tot..	Wel alarm voor..
70 ppm	60 min	240 min
150 ppm	10 min	50 min
400 ppm	4 min	15 min

Uit de tabel blijkt dat volgens de UL 2034 standaard het laagste alarm geldt voor een concentratie van 70 ppm. De waarden zijn gebaseerd op een COHb gehalte in het bloed van maximaal 10%. De apparaten mogen volgens de standaard onder 30ppm ( $\pm 3$ ) gedurende minstens 30 dagen geen alarm geven. Ook onder 70 ppm mag de melder niet te snel in alarm gaan om ongewenste meldingen te voorkomen. Volgens de UL 2034 standaard worden apparaten alleen getest op 70 ppm ( $\pm 5$ ). Dit betekent dat voor de melders dus niet bekend is of deze ook bij concentraties van 64 ppm of lager werken.

### Alarmering

De NEN-EN 50292 stelt dat het geluidsniveau ten minste 85 dB (A) moet zijn op 1 meter afstand. De NFPA 720 noemt hetzelfde geluidsniveau van ten minste 85 dB (A), maar dan op 3 meter afstand.



## Gevoeligheid CO-melders vanuit gebruiksaanwijzingen

In alle gebruiksaanwijzingen zijn waarden genoemd waarop de melder in alarm zou moeten gaan. Vier melders hebben in hun beschrijving staan dat de melder niet binnen 120 minuten een alarm geeft wanneer de gemeten concentratie 30ppm bedraagt. Bij twee andere beschrijvingen staat in plaats van 30ppm, 33ppm. Of er bij deze concentratie (30ppm) na 120 minuten wel een alarm wordt gegeven, wordt niet duidelijk uit de gebruiksaanwijzingen. Bij een melder, die ook het UL keurmerk draagt, is aangegeven dat deze bij een concentratie van 30ppm 30 dagen lang niet in alarm zal gaan. Of hij daarna wel in alarm gaat wordt eveneens niet duidelijk.

De meeste gebruiksaanwijzingen geven weer dat de melders bij een concentratie van 50ppm na 60 minuten maar voor 90 minuten in alarm gaan (n=14; 78%). In twee beschrijvingen staat een concentratie van 55ppm met hetzelfde tijdsinterval (n=2; 11%) en bij een ander staat dat de melder bij een concentratie tussen 43 en 48ppm binnen 60 tot 90 minuten in alarm gaat (n=1; 5%). De hoogste ondergrens heeft de melder met het UL keurmerk; deze gaat binnen 60 tot 240 minuten in alarm bij een concentratie van 70ppm.

De volgende stap in de alarmeringsgrens die weergegeven wordt in de gebruiksaanwijzingen is bij een concentratie van 100ppm met een alarmeringstijd die tussen minimaal 10 en maximaal 40 minuten ligt. Ook nu hanteren 14 van de 18 melders deze grens (n=14; 78%). Twee melders gaan bij hetzelfde tijdsinterval niet uit van 100ppm maar hanteren 110ppm (n=2; 11%). Bij een andere melder wordt in de gebruiksaanwijzing aangegeven dat voor concentraties tussen 80 en 150ppm de melder na 10 tot 40 minuten in alarm zal gaan (n=1; 5%). Voor de melder met het UL keurmerk staat genoteerd dat deze bij een concentratie van 150 ppm binnen 10 tot 50 minuten in alarm zal gaan.

De meeste melders, namelijk 13 van de 18 melders een zelfde bovengrens voor de alarmering; deze gaan bij een concentratie van 300ppm binnen 3 minuten in alarm (n=13; 72%). Drie melders gaan ook binnen drie minuten in alarm, maar doen dit bij een concentratie vanaf 330ppm. Eén melder heeft een hoogste grens van 150ppm waarna deze binnen 2 minuten een alarm zal laten klinken (n=1; 5%). De melder met het UL keurmerk hanteert een bovengrens van 400ppm waarvoor binnen 4 tot 15 minuten het alarm wordt geactiveerd.

Verder valt in de gebruiksaanwijzingen op te maken dat enkele melders een vooralarm laten klinken en dat op melders met een digitaal display concentraties die lager zijn dan waarvoor het alarm in werking wordt gesteld, al wel op het display aangeven. Over de gevoeligheid en het meetbereik van de sensoren is over het algemeen geen of slechts beperkte informatie opgenomen.

De grenswaarden zoals in de NEN-EN 50291 staan worden door veel melders vermeld in hun gebruiksaanwijzing. Bij vijf melders worden in meer of mindere mate afwijkende waarden vermeld. Bij eentje is duidelijk waarom, omdat deze de waarden hanteert zoals gesteld zijn in de NFPA 720 / UL 2034 norm. Bij de anderen is niet duidelijk waarom deze afwijken en waarop dit gebaseerd is. Een enkele melder geeft een vooralarm of waarschuwing op het display bij concentraties lager dan de 50ppm (eerste alarmeringswaarde zoals gesteld in de NEN-EN 50291). Er zitten dus verschillen tussen gehanteerde grenswaarden en moment van alarmering, ook tussen melders die aan het NEN-EN keurmerk voldoen. Het kan zijn dat dit komt doordat deze in een eerdere NEN-EN versie anders gesteld waren, maar de oorzaak van de verschillen worden niet duidelijk.



# Bijlage 4 – Toepassingsgebied CO-melders

## Toepassingsgebied vanuit regelgeving en normen

In de verschillende normen staan voorschriften opgenomen over het toepassingsgebied waarbinnen CO-melders moeten kunnen werken. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar temperatuur, luchtvochtigheid, luchtdruk en luchtsnelheid.

### *Temperatuur*

De NEN-EN 50291-1 geeft aan dat constructie van de CO-melder moet voldoen aan de relevante delen uit paragraaf 11 in EN 60335-1:2002. Verder stelt het voorwaarden aan de temperatuur van de lucht en het testgas gedurende het testen van de CO-melder, namelijk een constante temperatuur tussen 15 tot 25 °C ± 2 °C. De NEN-EN 50292 stelt dat een CO-melder niet in een omgeving moet worden geplaatst waar de temperatuur onder -10 °C of boven 40 °C kan komen, tenzij de CO-melder is ontworpen om onder of boven deze temperaturen te functioneren.

De NFPA 720 geeft aan dat een CO-melder zodanig moet zijn ontworpen dat het geschikt is voor toepassing in een omgevingstemperatuur van 0 tot 30 °C.

### *Luchtvochtigheid*

De NEN-EN 50291-1 geeft aan dat constructie van de CO-melder moet voldoen aan paragraaf 15.1 en 15.3 in EN 60335-1:2002 wat betreft vochtwerendheid. Verder stelt het voorwaarden aan de vochtigheid van de lucht en het testgas gedurende het testen van de CO-melder, namelijk een constante relatieve vochtigheid tussen 30 tot 70 % ± 10 %.

De NFPA 720 geeft aan dat een CO-melder zodanig moet zijn ontworpen dat het geschikt is voor toepassing in een relatieve luchtvochtigheid van 85 % bij een omgevingstemperatuur van 30 °C.

### *Luchtdruk*

De NEN-EN 50291-1 geeft aan dat de omgevingsdruk van de lucht en het testgas gedurende het testen van de CO-melder moet liggen tussen 86 tot 108 kPa ± 2 kPa.

### *Luchtverplaatsingssnelheid*

De NEN-EN 50291-1 geeft aan dat de verplaatsingssnelheid van lucht of testgas in de testruimte gedurende het testen van de CO-melder tussen 0,1 en 0,5 m/s moet liggen.

## Toepassingsgebied vanuit gebruiksaanwijzingen

### *Temperatuur*

In de gebruiksaanwijzingen staat informatie over de omgevingstemperatuur waarbinnen de melder goed blijft functioneren. De genoemde waarden voor minimale temperatuur variëren tussen -10°C tot 5°C en genoemde waarden voor maximale temperatuur variëren tussen 37°C tot 45°C. De verschillen tussen de melders zijn relatief beperkt.

In de NEN-EN staat dat melders niet in gebieden geplaatst mogen worden waar de temperatuur lager is dan -10°C of hoger is dan 40°C. Hoewel geen van de gebruiksaanwijzingen aangeeft dat de melder op een locatie met lagere temperatuur kan komen te hangen, wordt de maximale temperatuur wel in 5 gevallen gesteld op 45°C en daarmee 5°C boven de maximale waarde die genoemd wordt in de NEN-EN norm. Of dit consequenties heeft voor de werking is niet bekend.

### *Luchtvochtigheid*

Tussen toegestane luchtvochtigheid in de omgevingslucht van de CO-melder zitten vooral in de ondergrens wat grotere verschillen. Zo hebben twee melders geen ondergrens en zitten de waarden voor de overige 16 melders tussen 10 en 30 % relatieve luchtvochtigheid in. Voor elf melders geldt een maximale relatieve luchtvochtigheid van 90%, waar voor de overige 7 melders een maximale waarde is genoemd van 95%.

In de NEN-EN norm wordt alleen iets gezegd over de testcondities. De melders geven aan dat ze binnen deze waarden werken. De NFPA 720 geeft aan dat melders moeten werken bij 85% luchtvochtigheid en ook daaraan voldoen de melders volgens hun gebruiksaanwijzing.

# Bijlage 5 – Gegevenstabel gebruiksaanwijzingen

In deze bijlage staan de observaties die gemaakt zijn over de bestudeerde gebruiksaanwijzingen. Zo is in de tabellen informatie onder andere te vinden binnen welk toepassingsgebied de melders blijven werken, aan welke normen ze zeggen te voldoen, de gevoeligheid van de melder (alarmeringsgrenswaarden) en het geluidsniveau bij een alarm.

ID	Merk, type
1	Alecto, COA-24
2, 3	Alecto, COA-26 & COA-28
4	Bavaria, BACM5
5	BRK - First Alert, CO410
6	Conrad-Cordes, CC-4000 (GS811)
7	Ei Electronics, serie Ei207/Ei208
8	ELRO, RM335
9, 10	First Alert, CO-9B-FA-BNL & CO-FA-9D-BNL
11	FireAngel, CO-9XT-NL
12, 13, 14	Honeywell, 13164 X-series (XC70; XC100; XC100D)
15, 16	Kidde, 10LLCO & 10LLDCO
17, 18	Kidde, KN-COPP-B-LS-UK (900-0230) & KN-COB-B-LS-UK (900-0233)

x = minimaal; (x) = indirect genoemd; \* = aanvullend; (\*) = bij voorkeur

	1	2, 3	4	5	6	7	8	9, 10	11	12, 13, 14	15, 16	17, 18	
<b>Omgeving</b>	Temperatuur	5-37°C	0-45°C	4-38°C	4-38°C	Minus 10-40°C	Minus 10-40°C	4-38°C	Minus 10-40°C	Minus 10-40°C	Minus 10-45°C	0-40°C	4.4-37.8°C
	(Relatieve) luchtvochtigheid...	20-90%	≤ 90%	15-90%	10-95%	30-90%	15-95%	15-90%	30-90%	30-90%	25-95%	<90%	10-95%
	...niet condenserend						x				x	x	x
<b>Keurmerk</b>	UL 2034:				x								
	EN 50291(-1)...		x	x				x:website			x		
	... voor gevoeligheid		x										
	EN 50291(-1):2001								x				x
EN 50291(-1):2010					x	x		x			x		
<b>Gevoeligheid</b>	PPM, geen alarm; binnen .... (tijd)	30 ppm; 120 min	33 ppm; 120 min		30 ppm; 30 dgn								30 ppm; 120 min
	PPM, alarm binnen 60 ~ 90 min.	50	55	50		50	43-48	50	50	50	50	50	50
	Ppm, alarm binnen 10 ~ 40 min.	100	110	100		100	80-150	100	100	100	100	100	100
	Ppm, alarm binnen 3 minuten	300	330	300		300		330	300	300	300	300	300
	Ppm, alarm binnen 60 ~ 240 min.				70								
	Ppm, alarm binnen 10 ~ 50 min.				150								
	Ppm, alarm binnen 4-15 minuten				400								
	≥ 43 ppm, alarm na ~75 min, vooralarm na ~19 min; ≥ 100 ppm, alarm na ~25 min, vooralarm na ~6 min; ≥ 300 ppm, alarm na ~90 sec, vooralarm na ~23 sec										x		
	> 150 ppm, alarm binnen 2 min						x						
Sensor heeft meetbereik van 0 tot 1000 ppm					x								
<b>Alarm</b>	> ... dB op ... meter	?	85dB; 1m	85dB; 1m	85dB; 3m	85dB; 1m	85dB; 3m	85dB; 1m	85dB; 1m	85dB; 1m	90dB; 1m	85dB; 1m	85dB; 3m
	knipperende rode LED	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

x = minimaal; (x) = indirect genoemd; \* = aanvullend;  
 (\*) = bij voorkeur

	1	2, 3	4	5	6	7	8	9, 10	11	12, 13, 14	15, 16	17, 18	
Overige opmerkingen	Opsomming van mogelijke bronnen van CO	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Effect van ppm's op lichaam en fysieke symptomen van CO-vergiftiging		x	x			x	x	x	x	x	x	
	Kenmerken en symptomen van CO-vergiftiging (zonder ppm's).	x			x	x			x	x			
	Niet geschikt voor kwetsbare mensen	x	x		x		x		x	x	(x)	x	
	Beperkingen irt detectie, hoorbaarheid en wekvermogen.				x		x						
	Controleer hoorbaarheid in slaapkamers.					x		x				x	
	Handelingsadvies bij afgaan van alarm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Levensduur (... jaar)	5	5	5	beperkt	7	10	5	7	7	7 (XC70) / 10		7
	Vervangen bij oplichten LED	x	x			x	x				x		x
	Installatiedatum op CO-melder te noteren.								x				
	Uiterste vervangingsdatum staat op melder.										x		
	Elke ..... (week/maand) testen	week	week		week	week	week	maand			maand		
	Testen met wierrookstokje.								x				
	Elke ..... (week/maand) overtollig stof verwijderen	maand	maand		maand	maand		maand			stofvrij houden		
	Reinigen met zachte <b>droge</b> doek of borstel							x					
	Reinigen met schone <b>natte</b> doek						x						
	Niet reinigen met specifieke middelen	x	x		x		x	x	x		x		
	Niet verven	x	x		x		x	x	x				
	Niet nabij melder met spuitbus spuiten	x	x		x		x	x	x		x		
	Opsomming van substanties (stoffen) die sensor kunnen beschadigen of vals alarm kunnen veroorzaken.					x		x					
Melder is geen vervanging voor goede installatie, ventilatie etc.			x			x	x	x	x				
Detecteert alleen nabij melder, CO kan elders aanwezig zijn.				x			x						





# Bijlage 6 – Overige opmerkingen gebruiksaanwijzingen CO-melders

In de bestudeerde gebruiksaanwijzingen is behoorlijk veel informatie opgenomen. Voor het hoofdrapport gaat het te ver om precies weer te geven wat er in elke gebruiksaanwijzing staat, maar enkele van belang zijnde onderwerpen (voor volledige tabel zie bijlage 5) willen we in deze bijlage toch kort behandelen.

Zo geven alle gebruiksaanwijzingen weer wat mogelijke bronnen van CO kunnen zijn, al gebeurt dit de ene keer uitgebreider en concreter dan een andere keer. Er wordt aangegeven dat het om brandstof verbrandende apparaten gaat en vaak worden concrete voorbeelden van apparaten en brandstoffen gegeven. Ook is (regelmatig) te lezen dat lekkages in schoorstenen en rookafvoerkanalen ervoor kunnen zorgen dat CO verspreid wordt in een woning. Veel teksten lijken behoorlijk op elkaar en sommige zijn bijna identiek. Ook is in alle gebruiksaanwijzingen te lezen welke effecten en symptomen CO op het lichaam heeft. Soms is dit duidelijk terug te vinden en een andere keer staat het wat meer verdekt in de tekst opgesteld. Er is wel een onderscheid te maken in het detailniveau. Zo worden in sommige gebruiksaanwijzingen CO-concentraties (in ppm's) gekoppeld aan symptomen op het lichaam, terwijl andere gebruiksaanwijzingen het meer op algemene symptomen houden. De waarschuwing van effecten van CO zijn conform de NEN-EN norm opgenomen in de bestudeerde gebruiksaanwijzingen. Het is echter niet zo dat deze ook allemaal aangeven dat melders mogelijk niet helpen tegen chronische blootstelling aan CO. Ook geven niet alle gebruiksaanwijzingen duidelijk weer dat er kwetsbare groepen bestaan die mogelijk onvoldoende beschermd worden door de melder, terwijl dit wel vanuit de NEN-EN norm gevraagd wordt. Daar waar dit wel gebeurt staan soms concrete doelgroepen genoemd zoals zwangere vrouwen, maar het blijft soms ook bij een algemene opmerking. In alle gebruiksaanwijzingen staat wel informatie opgenomen over hoe te handelen bij het in alarm gaan van de melder. Hoewel adviezen in details of te ondernemen stappen onderling verschillen, volgen ze allemaal de lijn van uitschakelen apparatuur, ventileren en/of verlaten van de woning. Ook wordt er aangegeven dat gecontroleerd moet worden waar de CO vandaan komt.

Alle gebruiksaanwijzingen geven aan dat de melders beschikken over een (knipperende) rode (LED-) lamp die waarschuwt voor te hoge CO-concentraties. Ook wordt in meeste gebruiksaanwijzingen duidelijk welk geluidsniveau de melder produceert. Bij één melder is deze informatie niet terug gevonden. Bij de overige melders wordt aangegeven dat deze minimaal op het geluidsniveau van de NEN-EN norm zitten. Deze norm stelt namelijk een geluidsniveau van 85dB op 1 meter afstand. In verschillende gebruiksaanwijzingen is een geluidsniveau gepresenteerd van 85dB maar dan op 3 meter afstand; een advies zoals in de NFPA 720 norm staat. In hoeverre dit voldoende is om bijvoorbeeld slapende personen te wekken is geen deel van dit onderzoek. Wel is bekend dat er beperkingen zijn in relatie tot detectie, hoorbaarheid en wekvermogen. In 2 gebruiksaanwijzingen is deze beperking terug te lezen en 4 gebruiksaanwijzingen geven aan dat de hoorbaarheid van de melder in de slaapkamer gecontroleerd moet worden. In de overige gebruiksaanwijzingen staat dit niet expliciet genoemd.